Лабораторна робота 1

СИСТЕМИ ЧИСЛЕННЯ. ПЕРЕВЕДЕННЯ ЧИСЕЛ ІЗ ОДНІЄЇ ПОЗИЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЧИСЛЕННЯ В ІНШУ. ВИКОНАННЯ АРИФМЕТИЧНИХ ДІЙ У ДВІЙКОВІЙ СИСТЕМІ ЧИСЛЕННЯ.

Частина 1. Системи числення. Переведення чисел із однієї позиційної системи числення в іншу

Постановка завдання

Завдання 1. Згідно з вказаним переведіть десяткове число $\mathbf{A_{10}}$ (табл. 1.1) у двійкову, вісімкову та шістнадцяткову системи числення.

Таблиця 1.1

№ варіанту	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
A_{10}	258,32	261,46	276,51	281,29	285,57
№ варіанту	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
A_{10}	289,12	291,73	298,62	326,15	337,64
№ варіанту	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
A_{10}	342,17	356,23	365,48	379,67	384,27
№ варіанту	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
A_{10}	395,49	424,51	435,46	445,71	453,32
№ варіанту	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**
A_{10}	461,84	477,76	483,72	497,94	521,62
№ варіанту	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
A_{10}	532,58	549,93	557,55	564,59	578,58
№ варіанту	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**
A_{10}	582,19	597,38	624,74	635,85	642,37
№ варіанту	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**
A_{10}	654,33	663,95	671,92	687,34	693,57

Завдання 2. Згідно з вказаним викладачем варіантом переведіть вісімкове число B_8 та шістнадцяткове число C_{16} (табл. 1.2) у двійкову систему числення.

Таблиця 1.2

№ варіанту	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
B_8	325,46	461,73	123,54	651,23	541,32
C_{16}	13A,C4	24F,5D	19D,67	E57,29	FA4,38
№ варіанту	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
B_8	351,67	425,31	154,27	614,72	573,14
C_{16}	31F,7B	C41.4F	1B4,7A	B21,73	63A,75
№ варіанту	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
B_8	374,52	451,24	117,24	625,41	561,37
C_{16}	C94,A3	C4F,17	7F4,83	AF5,76	9B1,C6
№ варіанту	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
B_8	362,17	416,37	162,52	636,75	513,44
C_{16}	47D,F1	AF2,C4	14F,A9	D2F,7C	5A2,8C

№ варіанту	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**
B_8	316,25	472,45	175,36	672,24	524,57
C_{16}	86A,B1	4F5,7A	3A4,8D	9BF,67	37E,9A
№ варіанту	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
B_8	337,26	435,26	163,75	643,17	532,71
C_{16}	1D8,4E	6AE,29	8D2,C5	7AD,3E	45D,F6
№ варіанту	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**
B_8	342,71	446,15	126,34	662,43	517,62
C_{16}	A85,1C	7F3,5B	43C,7F	95D,7E	FC8,29
№ варіанту	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**
B_8	321,54	476,53	171,55	637,56	531,76
C_{16}	C4D,89	D71,F6	7F8,6E	9A6,5D	D8D,2C

Завдання 3. Згідно з вказаним варіантом переведіть двійкове число D_2, вісімкове число E_8 та шістнадцяткове число F_{16} (табл. 1.3) в десяткову систему числення.

Таблиця 1.3

№ варіанту	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
D_2	1111,1	1111,11	1101,01	1101,10	1011,11
E_8	627,14	617,73	714,21	143,12	321,75
F_{16}	417,FE	A1C,BF	E72,B4	1FC,2D	3AE,FC
№ варіанту	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
D_2	1010,10	1100,11	1110,01	1001,10	1000,11
E_8	572,46	756,34	523,17	475,34	656,13
F_{16}	E41,C3	D21,8A	2F4,D1	CB4,1E	A37,0F
№ варіанту	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
D_2	1100,01	111,10	1101,01	1011,10	1011,11
E_8	352,46	625,74	145,36	317,42	351,72
F_{16}	1DC,B4	43B,CD	742,EC	F98,4B	FA9,7E
№ варіанту	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
D_2	1110,01	1100,11	1011,10	1110,11	1110,01
E_8	156,16	527,73	276,54	241,57	765,54
F_{16}	C42,F1	F51,37	8C2,3F	72C,B4	F21,CD
№ варіанту	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**
D_2	1100,10	1101,01	1010,11	1011,01	1100,01
E_8	275,46	347,65	734,52	237,45	267,23
F_{16}	3F2,4C	AF7,3B	2E7,4B	52D,C1	D7A,53

№ варіанту	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
D_2	1101,10	1101,11	1101,01	1010,10	1001,01
E_8	376,34	613,47	423,16	157,32	564,15
F_{16}	A71,BF	721,B4	F71,3D	2AF,1C	7B4,2A
№ варіанту	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**
D_2	1101,10	1000,11	1110,11	1001,10	1100,11
E_8	467,24	423,51	724,53	743,62	654,37
F_{16}	C34,2A	824,B1	912,FE	1B2,F8	A27,E4
№ варіанту	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**
D_2	1000,10	1011,11	1001,01	1011,10	1100,11
E_8	237,65	542,36	714,63	231,76	356,41
F_{16}	A14,2D	89D,2C	A47,1B	B18,7A	5E8,3D

Короткі теоретичні відомості

В позиційній системі числення з основою ***p*** любе число A_p може бути представлене у вигляді полінома від основи ***p***

$$A_p = a_{n-1}p^{n-1} + a_{n-2}p^{n-2} + \ldots + a_2p^2 + a_1p^1 + a_0p^0 + a_{-1}p^{-1} + \qquad + a_{-2}p^{-2} + \ldots + a_{-m}p^{-m}, \tag{1.1}$$

де a_i - цифри системи числення,

n, m – число цілих та дробових розрядів числа,

p – основа системи числення.

На практиці використовують скорочену форму запису числа A_p

$$A_p = a_{m-1} \cdot a_{m-2} ... a_2 \cdot a_1 \cdot a_0 \cdot a_{-1} ... a_{-n}. \tag{1.2}$$

Тому скороченій формі запису десяткового числа $A_{10} = 23{,}17$ відповідає його значення, яке обчислюється згідно (1.1)

$$23{,}17_{10} = 2 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 7 \cdot 10^{-2}.$$

У двійковій системі числення для представлення чисел використовують дві цифри 0 і 1. Тому згідно (1.1) значення двійкового числа $D_2 = 10101{,}101$ можна визначити так:

$$D_2 = 10101{,}101_2 = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3}. \tag{1.3}$$

Якщо тепер виконати обчислення у правій частині (1.3) згідно з правилами десяткової арифметики, то одержимо результат переведення числа D_2 у десяткову систему числення (десятковий еквівалент двійкового числа D_2)

$$D_{10} = 16 + 4 + 1 + 0{,}5 + 0{,}125 = 21{,}625_{10}.$$

В табл. 1наведені еквіваленти десяткових чисел у деяких системах числення.

Згідно *з* рівнянням (1.1) використовуючи табл.1.1 можна обчислити значення вісімкового числа $B_8 = 2437{,}14_8$ у десятковій системі числення:

$$B_8 = 2 \cdot 8^3 + 4 \cdot 8^2 + 3 \cdot 8^1 + 7 \cdot 8^0 + 1 \cdot 8^{-1} + 4 \cdot 8^{-2} = 1311{,}1875_{10}.$$

Шістнадцяткове число $C_{16} = B2E{,}4_{16}$ у десятковій системі числення буде дорівнювати

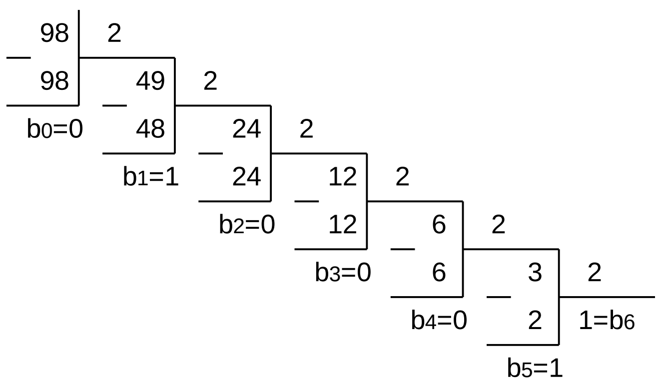
$$C_{16} = 11 \cdot 16^2 + 2 \cdot 16^1 + 14 \cdot 16^0 + 4 \cdot 16^{-1} = 2862{,}25_{16}.$$

Для переведення цілих чисел і цілих частин неправильних дробів із системи числення з основою ***p*** в нову систему числення з основою ***r*** необхідно послідовно ділити це число і проміжні частки на основу нової системи числення ***r***, записану у системі числення з основою ***p,*** виділяючи кожен раз остачу. Ділення необхідно проводити до тих пір, поки не буде одержана частка, менша основи нової системи числення ***r***. Остання частка і виділені остачі в порядку, оберненому їх одержанню, є зображенням заданого числа у новій системі числення з основою ***r***.

Таблиця 1.4 Еквіваленти десяткових чисел у деяких системах числення

Десяткові цифри	p=2	p=8	p=16	Десяткові цифри	p=2	p=8	p=16
0	0	0	0	8	1000	10	8
1	1	1	1	9	1001	11	9
2	10	2	2	10	1010	12	A
3	11	3	3	11	1011	13	B
4	100	4	4	12	1100	14	c
5	101	5	5	13	1101	15	D
6	110	6	6	14	1110	16	E
7	111	7	7	15	1 1	17	F

Наприклад, процедура переведення десяткового числа $A_{10} = 98_{10}$ $(p = 10)$ у двійкову систему числення $(r = 2)$ виконується наступним чином:



Тому $A_{10} = 98_{10} = b_6 b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 b_0 = 1100010_2.$

Для переведення правильних дробів із системи числення з основою ***p*** в систему числення з основою ***r*** використовують метод, оснований на множенні заданого правильного дробу на основу ***r*** нової системи числення. Правильний дріб в новій системі числення записується із цілих частин добутків, які виділяються при послідовному множенні, причому перша ціла частина буде старшою цифрою нового дробу.

Наприклад, переведення десяткового дробу $A_{10} = 0{,}625_{10}$ $(p = 10)$ у двійкову систему числення $(r = 2)$ виконується так:

	0,	$\ast$625 2
b_{-1}=	1,	$\ast$250 2
b_{-2}=	0,	$\ast$500 2
b_{-3}=	1,	$\ast$000 2
b_{-4}=	0,	$\ast$000 2

Тому $A_{10} = 0{,}625_{10} = 0{,}b_{-1}b_{-2}b_{-3}b_{-4} = 0{,}1010_2$.

Потрібно зазначити, що процедура переведення цілих чисел виконується за обмежене число операцій ділення, а процедура переведення правильних дробів формально може вимагати нескінченого числа операцій множення. У другому випадку реальна кількість таких операцій буде визначатися допустимою похибкою зображення правильного дробу у новій системі числення. Для переведення чисел, які мають у своєму складі цілі і дробові частки, із системи числення з основою ***p*** , у систему числення з основою ***r***, виконують окремо переведення цілої частини і дробової частини числа за означеними вище правилами, а результати записують разом через кому. Наприклад, десяткове число $A_{10} = 98{,}625_{10}$ у двійковій системі числення буде записано так:

$$A_{10} = 98{,}625_{10} = 1100010{,}1010_2.$$

При необхідності переведення вісімкових і шістнадцяткових чисел у двійкову систему і навпаки можна використовувати більш прості правила, оскільки основи вісімкової і шістнадцяткової систем є цілі степені числа два: $8 = 2^3$; $16 = 2^4$. Для переведення вісімкового (шістнадцяткового) числа у двійкову систему числення необхідно замінити кожну цифру цього числа відповідним три розрядним (чотири розрядним) двійковим числом і відкинути непотрібні нулі у старших розрядах, наприклад:

$(\;2\quad 0\quad 5\quad 6\;)_{(8)} = 10000101110_{(2)}$

010   000   101   110

$2\quad B\quad 3\quad E\;)_{(16)} = 10101100111110_{(2)}$

0010   1011   0011   1110

При переході від двійкової до вісімкової (або шістнадцяткової) системи числення необхідно розбити двійкове число, починаючи від коми вправо і вліво на групи по три (чотири) розряди, доповнюючи при необхідності нулями крайні ліву та праву групи. Після цього кожну групу з трьох (чотирьох) розрядів необхідно замінити, відповідно, вісімковою (шістнадцятковою) цифрами.

Наприклад:

(1	101	110	111	$100)_{(2)}$		$=1567.4_{(8)}$
001	101	110	111	100		
1	5	6	7	4		
(11	0111	1011	1111	1010	$11)_{(2)}$	$=37BF.AC_{(16)}$
0011	0111	1011	1111	1010	1100	
3	7	B	F	A	C	

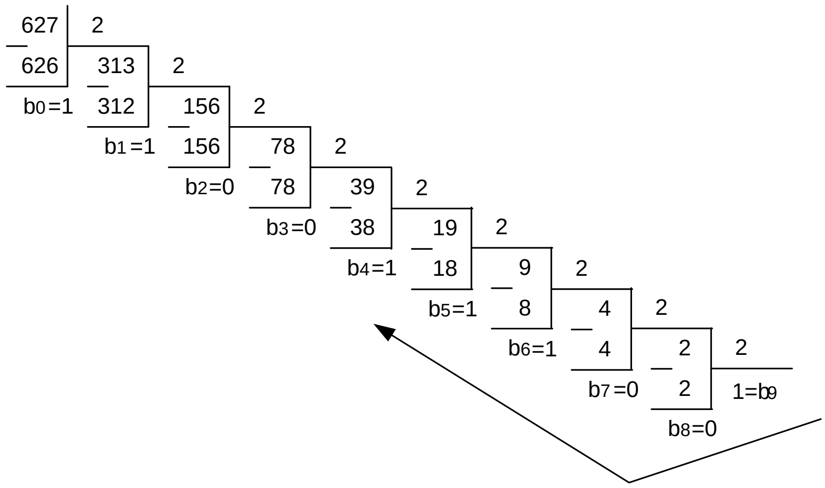
Приклад виконання

Завдання 1. Згідно з вказаним викладачем варіантом переведіть десяткове число $\mathbf{A_{10}}$ (табл. 1.1) у двійкову, вісімкову та шістнадцяткову системи числення.

$\mathbf{A_{10}}$=627,26

Виконуємо переведення десяткового числа A в двійкову систему числення.

Переводимо цілу частину. Переводимо дробову частину.



	0,	26 * 2
b_{-1}=	0	52 * 2
b_{-2}=	1	04 * 2
b_{-3}=	0,	08 * 2
b_{-4}=	0	16 * 2
b_{-5}=	0	32 * 2
b_{-6}=	0	64

$\mathbf{A}=627{,}26_{10}=1001110011{,}010000_2$

Виконуємо переведення десяткового числа A в вісімкову систему числення.

Переводимо цілу частину. Переводимо дробову частину.

	0,	26 * 8
b_{-1} =	2	08 * 8
b_{-2} =	0	64 * 8
b_{-3} =	5	12 * 8
b_{-4} =	0	96 * 8
b_{-5} =	7	68 * 8
b_{-6} =	5	44

627 | 8
−624 | 78 | 8
b_0 =3 | −72 | 9 | 8
b_1 =6 | −8 | 1=b_3
b_1 =1

A=$627{,}26_{10}$=$1163{,}205075_8$

Виконуємо переведення десяткового числа A в шістнадцяткову систему числення.

Переводимо цілу частину.

Переводимо дробову частину.

	0,	26 * 16
b_{-1} =	4	16 * 16
b_{-2} =	2	56 * 16
b_{-3} =	8	96 * 16
b_{-4} =	15	36 * 16
b_{-5} =	5	76 * 16
b_{-6} =	12	16

627 | 16
−624 | 39 | 16
b_0 =3 | −32 | 2=b_2
b_1 =7

A=$627{,}26_{10}$=$273{,}428F5C_{16}$

Завдання 2. Згідно з вказаним викладачем варіантом переведіть вісімкове число B_8 та шістнадцяткове число C_{16} (табл. 2) у двійкову систему числення.

$$B_8 = 126{,}34 = 001\ 010\ 110,\ 011\ 100_2$$

$$C_{16} = 43C{,}7F = 0100\ 0011\ 1100,\ 0111\ 1111_{16}$$

Завдання 3. Згідно з вказаним викладачем варіантом переведіть двійкове число D_2, вісімкове число E_8 та шістнадцяткове число F_{16} (табл. 2) в десяткову систему числення.

$D = [1010{,}01]_2 = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} = 10{,}25_{10}$

$E = [724{,}53]_8 = 7 \cdot 8^2 + 2 \cdot 8^1 + 4 \cdot 8^0 + 5 \cdot 8^{-1} + 3 \cdot 8^{-2} = 468{,}671875_{10}$

$F = [912,FE]_{16} = 9 \cdot 16^2 + 1 \cdot 16^1 + 2 \cdot 16^0 + 15 \cdot 16^{-1} + 14 \cdot 16^{-2} = 23229921875_{10}$

Частина 2. Виконання арифметичних дій у двійковій системі числення

Постановка завдання

Число $\mathbf{A_{10}}$ задане в десятковій системі числення, число $\mathbf{B_8}$ задане в вісімковій системі числення (табл. 2.1). Згідно з вказаним викладачем варіантом переведіть ці числа у двійкову систему числення і виконайте додавання в прямому, оберненому, доповняльному і модифікованих кодах згідно варіанту.

Таблиця 2.1

№ варіанту	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
A_{10}	130	132	135	137	140
B_8	-237	-230	-242	-244	-247
№ варіанту	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
A_{10}	143	145	147	150	153
B_8	-251	-253	-254	-255	-260
№ варіанту	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
A_{10}	155	157	160	163	165
B_8	-263	-265	-267	-270	-274
№ варіанту	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
A_{10}	167	170	173	175	177
B_8	-276	-300	-303	-305	-307
№ варіанту	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**
A_{10}	180	183	185	187	190
B_8	-311	-313	-315	-317	-320
№ варіанту	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
A_{10}	193	195	197	200	203
B_8	-325	-327	-330	-331	-333
№ варіанту	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**
A_{10}	205	207	211	213	215
B_8	-335	-341	-348	-350	-353
№ варіанту	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**
A_{10}	217	220	223	225	227

В8	-356	-361	-364	-373	-375

. Короткі теоретичні відомості

Способи кодування двійкових чисел в ЕОМ. Правила виконання арифметичних операцій в кодах

Прямий код двійкового числа A, для запису якого використовується n-розрядна сітка, визначається так

$$A_p = a_{n-1}p^{n-1} + a_{n-2}p^{n-2} + \ldots + a_2 p^2 + a_1 p^1 + a_0 p^0 + a_{-1}p^{-1} + \quad + a_{-2}p^{-2} + \ldots + a_{-m}p^{-m},$$

$$[A]_{пр} = \begin{cases} A, \text{ якщо } A \geq 0 \\ M + |A|, \text{ якщо } A < 0 \end{cases} \qquad (2.1)$$

де М - величина, яка дорівнює вазі старшого розряду сітки (для дробів $M = 1$, для цілих чисел $M = 2^{n-1}$).

Ознакою додатнього (від'ємного) числа є число 0 (1) в старшому розряді, який називається знаковим.

Операція додавання у прямому коді чисел, які мають однаковий знак, виконується так. Числа додаються згідно законам двійкової арифметики, а сумі присвоюється код знаку доданків.

При додаванні у прямому коді чисел з різними знаками необхідно визначити більший за модулем доданок, відняти від нього менший за модулем доданок і присвоїти різниці код знака більшого за модулем доданка.

Обернений код двійкового числа A, для запису якого використовується n - розрядна сітка, визначається так

$$A_p = a_{n-1}p^{n-1} + a_{n-2}p^{n-2} + \ldots + a_2 p^2 + a_1 p^1 + a_0 p^0 + a_{-1}p^{-1} + \quad + a_{-2}p^{-2} + \ldots + a_{-m}p^{-m},$$

$$[A]_{об} = \begin{cases} A, \text{ якщо } A \geq 0 \\ N - |A|, \text{ якщо } A < 0 \end{cases} \qquad (2.2)$$

де N - величина найбільшого числа без знаку, яке може бути записане у n-розрядній сітці (для дробів $N = 2 - 2^{-(n-1)}$, для цілих чисел $N = 2^n - 1$).

Практично це означає, що для знаходження оберненого коду від'ємного числа необхідно виконати інверсію n-розрядного коду модуля цього числа. У знаковому розряді оберненого коду додатніх чисел буде стояти 0, а від'ємних чисел – 1.

Операція додавання у оберненому коді двійкових чисел виконується за допомогою арифметичного додавання обернених кодів цих чисел, включаючи знакові розряди. При виникненні перенесення у розряді знака суми одиниця перенесення додається до молодшого разряду суми.

Доповняльний код двійкового числа A, для запису якого використовується n-розрядна сітка, визначається так

$$A_p = a_{n-1}p^{n-1} + a_{n-2}p^{n-2} + \ldots + a_2 p^2 + a_1 p^1 + a_0 p^0 + a_{-1}p^{-1} + \quad + a_{-2}p^{-2} + \ldots + a_{-m}p^{-m},$$

$$[A]_{\text{доп}} = \begin{cases} A, \text{ якщо } A \geq 0 \\ K - |A|, \text{ якщо } A < 0 \end{cases} \qquad (6)$$

де *K* - величина, яка дорівнює вазі розряду, що слідує за старшим у даній розрядній сітці (для дробів $K = 2$, для цілих чисел $K = 2^n$).

Доповняльний код додатніх чисел дорівнює прямому і оберненому кодам цих чисел.

Доповняльний код від'ємного числа може бути одержаний із оберненого коду цього числа додаванням 1 до молодшого розряду оберненого коду або інвертуванням усіх значущих знаків від'ємного числа починаючи з старшого розряду до останньої одиниці (не включаючи цієї одиниці).

Операція додавання двійкових чисел у доповняльному коді виконується за допомогою арифметичного додавання доповняльних кодів цих чисел, включаючи знакові розряди. При виникненні перенесення у знаковому розряді суми одиниця перенесення не враховується.

Розглянемо приклад. Нехай $A = +10101011$, $B = -10111$. Враховуючи попередні зауваження і вирівнюючи розрядні сітки чисел *A* і *B* одержимо

$$[A]_{пр} = [A]_{об} = [A]_{доп} = 010101011$$
$$[B]_{пр} = 100010111$$
$$[B]_{об} = 111101000$$
$$[B]_{доп} = 111101001$$

$$|A| > |B| \text{ і } |A| - |B| = 10101011$$

$$\begin{array}{r} -00010111 \\ \hline 10010100 \end{array}$$

Тому $[A]_{пр} + [B]_{пр} = 010010100.$

Для оберненого і доповняльного кодів, діючи за означеними правилами, одержимо:

$$[A]_{об} + [B]_{об} = 010101011.$$

$$\begin{array}{rr} & 010101011 \\ + & 111101000 \\ \hline & 1010010011 \\ & 1 \\ \hline & 010010100 \end{array}$$

$$[A]_{доп} + [B]_{доп} = 010101011.$$

$$
\begin{array}{r}
010101011 \\
+\ 111101001 \\
\hline
\leftarrow 1\ 010010100
\end{array}
$$

Як і повинно бути, прямий, обернений і доповняльний коди суми співпадають, тому що знак суми додатній.

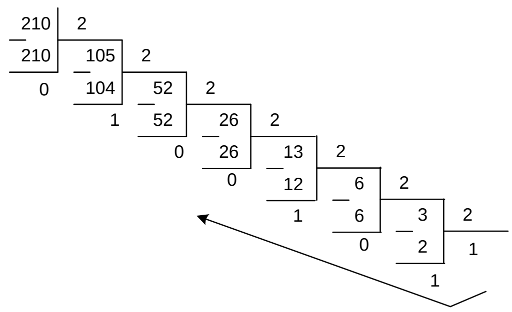
При алгебраїчному додаванні двійкових чисел можливе переповнення розрядної сітки суми (для запису суми потрібно більше розрядів, ніж їх використовується для запису найбільшого доданка). Для виявлення переповнення використовують модифікований код, у запису знаку якого використовується два знакових розряди (в обох знакових розрядах додатніх чисел записуються нулі, а в обох знакових розрядах від'ємних чисел - одиниці). Виконання операцій у модифікованих оберненому і доповняльному кодах виконується за означеними вище правилами. Ознакою переповнення при додаванні є комбінації 01 або 10 у знакових розрядах суми.

Приклад виконання

Число $\mathbf{A_{10}}$ задане в десятковій системі числення, число $\mathbf{B_8}$ задане в вісімковій системі числення (табл. К5). Згідно з вказаним викладачем варіантом переведіть ці числа у двійкову систему числення і виконайте такі арифметичні дії в двійковому коді над вказаними числами:

$\mathbf{A_{10}}$ = 210 , $\mathbf{B_8}$ = -346

Переводимо числа А і В в двійкову систему числення.



B = -011100110

а). Додавання в прямому, оберненому, доповняльному і модифікованих кодах.

A =[11010010]$_2$ **B = [-11100110]$_2$**

При додаванні у прямому коді чисел з різними знаками необхідно визначити більший за модулем доданок, відняти від нього менший за модулем доданок і присвоїти різниці код знака більшого за модулем доданка.

Додавання у прямому коді:

$[B_{пр}]=\ 11100110$
$[A_{пр}]=-\underline{11010010}$
$\Sigma =\ -\ 00010100$

Для знаходження оберненого коду від'ємного числа необхідно виконати інверсію *n*-розрядного коду модуля цього числа. У знаковому розряді оберненого коду додатних чисел буде стояти 0, а від'ємних чисел – 1.

Операція додавання у оберненому коді двійкових чисел виконується за допомогою арифметичного додавання обернених кодів цих чисел, включаючи знакові розряди. При виникненні перенесення у розряді знака суми одиниця перенесення додається до молодшого розряду суми.

Доповняльний код додатних чисел дорівнює прямому і оберненому кодам цих чисел.

Доповняльний код від'ємного числа може бути одержаний із оберненого коду цього числа додаванням 1 до молодшого розряду оберненого коду або інвертуванням усіх значущих знаків від'ємного числа починаючи з старшого розряду до останньої одиниці (не включаючи цієї одиниці).

Операція додавання двійкових чисел у доповняльному коді виконується за допомогою арифметичного додавання доповняльних кодів цих чисел, включаючи знакові розряди. При виникненні перенесення у знаковому розряді суми одиниця перенесення не враховується

Додавання у оберненому коді:

$$
\begin{aligned}
[A_{об}] &= \ 0.11010010 \\
[B_{об}] &= +\ \underline{1.00011001} \\
\Sigma &= \ 1.11101011
\end{aligned}
$$

Додавання у доповняльному коді:

$$
\begin{aligned}
[A_{доп}] &= \ 0.11010010 \\
[B_{доп}] &= +\ \underline{1.00011010} \\
\Sigma &= \ 1.\ 11101100
\end{aligned}
$$

При алгебраїчному додаванні двійкових чисел можливе переповнення розрядної сітки суми (для запису суми потрібно більше розрядів, ніж їх використовується для запису найбільшого доданка). Для виявлення переповнення використовують модифікований код, у запису знаку якого використовується два знакових розряди (в обидва знакових розрядах додатних чисел записуються нулі, а в обидва знакових розрядах від'ємних чисел - одиниці). Виконання операцій у модифікованих оберненому і доповняльному кодах виконується за означеними вище правилами. Ознакою переповнення при додаванні є комбінації 01 або 10 у знакових розрядах суми:

Додавання у модифікованих оберненому і доповняльному кодах:

Обернений код:

$$
\begin{aligned}
[A_{об\ мод}] &= \ 00.\ 11010010 \\
[B_{об\ мод}] &= \underline{+\ 11.\ 00011001} \\
\Sigma &= \ 11.\ 11101011
\end{aligned}
$$

Доповняльний код

$$
\begin{aligned}
[A_{доп\ мод}] &= \ 00.\ 11010010 \\
[B_{доп\ мод}] &= \underline{+\ 11.\ 00011010} \\
\Sigma &= \ 11.\ 11101100
\end{aligned}
$$