

Лабораторна робота № 1

1. Паспорт лабораторної роботи

Параметр	Зміст
Тема	Бітове подання даних, позиційні системи числення та 8-бітові знакові коди.
Мета	Навчитися визначати кількість бітових комбінацій, перетворювати цілі числа між двійковою, вісімковою, десятковою та шістнадцятковою системами, а також кодувати й декодувати знакові цілі числа.
Теоретична база	Лекції 1 і 2: цифрове подання, біти, позиційні системи числення, беззнакові числа та знакові коди.
Форма роботи	Індивідуальний варіант; усі перетворення виконуються з проміжними кроками та перевіркою.
Результат	Звіт із чотирма виконаними завданнями, висновком і готовністю відповісти на запитання для захисту.

Очікувані результати

- розрізняти інформацію, дані, сигнал і логічний стан;
- пояснювати зв'язок між кількістю бітів, кількістю кодів і беззнаковим діапазоном;
- застосовувати позиційний принцип $N = \sum d_i \cdot b^i$;
- перетворювати цілі числа між основами 2, 8, 10 і 16;
- будувати 8-бітові прямий, обернений і додатковий коди від'ємного числа;
- декодувати 8-бітове слово як беззнакове число та як число в додатковому коді.

Що потрібно

- цей методичний матеріал і номер свого варіанта;
- аркуш або електронний документ для звіту;
- калькулятор — лише для фінальної перевірки, а не замість запису алгоритму.

Обов'язкова умова. У звіті недостатньо подати лише кінцеві числа. Потрібно показати ділення з остачами, розклад за вагами позицій, групування бітів і послідовність утворення знакових кодів.

2. Короткі теоретичні відомості

2.1. Від сигналу до бітових даних

Інформація — це зміст, який зменшує невизначеність. Дані — формалізоване подання інформації, придатне для зберігання та обробки. Сигнал — фізична величина, зміна якої переносить дані. У цифровій системі діапазони фізичного сигналу інтерпретуються як логічні стани: LOW (низький логічний рівень) зазвичай відповідає 0, а HIGH (високий логічний рівень) — 1.

Біт (bit, від binary digit — двійкова цифра) може мати значення 0 або 1. Байт (byte) містить 8 бітів. Якщо є n незалежних бітів, то кількість різних комбінацій дорівнює 2^n , а беззнаковий діапазон становить від 0 до $2^n - 1$.

Приклад. 6 бітів дають $2^6 = 64$ комбінації. Ними можна закодувати беззнакові цілі значення від 0 до 63. Не плутайте: 64 — кількість кодів, а 63 — найбільше значення.

2.2. Позиційні системи числення

У позиційній системі значення цифри залежить від її позиції. Для системи з основою b допустимими є цифри від 0 до $b-1$. Значення цілого числа визначається формулою $N = \sum d_i \cdot b^i$, де d_i — цифра в позиції i , а b — основа системи.

Система	Основа	Допустимі цифри	Приклад позначення
Двійкова (binary)	2	0, 1	101101_2 або $0b101101$
Вісімкова (octal)	8	0...7	55_8 або $0o55$
Десяткова (decimal)	10	0...9	45_{10}
Шістнадцяткова (hexadecimal)	16	0...9, A...F	$2D_{16}$ або $0x2D$

У шістнадцятковій системі A=10, B=11, C=12, D=13, E=14, F=15. Індекс біля числа або префікс 0b, 0o, 0x потрібні, щоб основа запису була однозначною.

2.3. Алгоритми перетворення

Десяткове ціле число → система з основою b . Послідовно діліть число на b , записуючи остачі. Коли частка стане нульовою, прочитайте остачі у зворотному порядку — від останньої до першої.

Число з основою b → десяткова система. Помножте кожну цифру на відповідну вагу b^i і додайте результати. Нумерація позицій цілого числа починається справа з нуля.

Двійкова $\leftrightarrow$ вісімкова. Групуєте біти по 3 справа наліво. Двійкова $\leftrightarrow$ шістнадцяткова. Групуєте біти по 4 справа наліво. Неповну старшу групу доповнюєте нулями зліва; значення числа при цьому не змінюється.

Двійкові біти	Вісімкова цифра	Двійкові біти	Шістнадцяткова цифра
000...111	0...7	0000...1001	0...9
—	—	1010	A
—	—	1011	B
—	—	1100	C
—	—	1101	D
—	—	1110	E
—	—	1111	F

Перевірка коректності. Кожна цифра повинна бути меншою за основу. Тому 102_2 , 89_8 та $1G_{16}$ — некоректні записи.

2.4. Беззнакові та знакові цілі числа

Одна й та сама послідовність бітів може мати різне числове значення залежно від домовленого формату. Для 8-бітового беззнакового числа (unsigned integer — беззнакове ціле) діапазон становить 0...255. Для 8-бітового числа в додатковому коді (two's complement — додатковий код) діапазон становить $-128...127$.

MSB (Most Significant Bit — старший значущий біт) є крайнім лівим бітом. У знакових форматах він пов'язаний зі знаком: 0 означає невід'ємне число, 1 — від'ємне. LSB (Least Significant Bit — молодший значущий біт) є крайнім правим бітом і має вагу $2^0=1$.

Формат	Як утворити код -K	8-бітовий діапазон	Особливість
Прямий код (sign-magnitude)	MSB=1; решта 7 бітів — модуль K	$-127...127$	існують +0 і -0
Обернений код (ones' complement)	інвертувати всі біти 8-бітового +K	$-127...127$	існують +0 і -0
Додатковий код (two's complement)	інвертувати всі біти +K та додати 1	$-128...127$	один нуль

Щоб декодувати 8-бітове слово C у додатковому коді: якщо $MSB=0$, обчисліть його як звичайне двійкове число; якщо $MSB=1$, інвертуйте біти, додайте 1 до отриманого модуля та поставте знак «-». Альтернативна перевірка для $MSB=1$: спочатку знайдіть беззнакове значення U , потім обчисліть $U-256$.

3. Повністю розв'язаний приклад

Нижче показано форму запису всіх кроків. Значення прикладу не збігаються з комплектом варіантів.

Приклад 1. Бітова місткість

Для $n=6$ кількість кодів дорівнює $2^6=64$. Беззнаковий діапазон: $0...2^6-1=0...63$.

Приклад 2. Перетворення 45_{10}

Ділення	Частка	Остача
$45 \div 2$	22	1
$22 \div 2$	11	0
$11 \div 2$	5	1
$5 \div 2$	2	1
$2 \div 2$	1	0
$1 \div 2$	0	1

Остачі читаємо знизу вгору: $45_{10}=101101_2$. Далі групуємо біти: $101|101_2=55_8$; $0010|1101_2=2D_{16}$. Перевірка: $2 \cdot 16 + 13 = 45$ та $5 \cdot 8 + 5 = 45$.

Приклад 3. Перетворення 111011_2

До десяткової системи: $1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 32 + 16 + 8 + 2 + 1 = 59_{10}$.

До вісімкової системи: $111|011_2=73_8$. До шістнадцяткової системи доповнюємо старшу групу нулями: $0011|1011_2=3B_{16}$. Перевірка: $7 \cdot 8 + 3 = 59$; $3 \cdot 16 + 11 = 59$.

Приклад 4. Кодування -13 у 8 бітах

Крок	Результат	Пояснення
1	$+13 = 00001101_2$	доповнюємо запис зліва нулями до 8 бітів
2	10001101_2	прямий код: знак 1 і 7-бітовий модуль
3	11110010_2	обернений код: інвертуємо всі біти +13

Крок	Результат	Пояснення
4	11110011_2	додатковий код: до оберненого коду додаємо 1
5	$243-256=-13$	перевірка додаткового коду

Приклад 5. Декодування 11110110_2

MSB=1, отже число від'ємне. Інверсія: 00001001_2 . Додаємо 1: $00001010_2=10_{10}$. Отже, 11110110_2 у 8-бітовому додатковому коді представляє -10 . Перевірка: $11110110_2=246_{10}$ як беззнакове; $246-256=-10$.

Зверніть увагу. Початкове додатне число завжди спочатку записуйте рівно у 8 бітах. Інверсія короткого запису, наприклад 1101 замість 00001101, дає неправильний код.

4. Завдання до лабораторної роботи

Виберіть рядок зі своїм номером варіанта в розділі 5. У всіх відповідях вказуйте основу числа нижнім індексом або однозначним префіксом.

Завдання 1. Бітова місткість

- Для заданого n обчисліть кількість різних бітових комбінацій 2^n .
- Запишіть найменше та найбільше беззнакові значення для n бітів.
- Наведіть два різні n -бітові коди та поясніть, чому вони належать знайденому діапазону.

Завдання 2. Десяткове число N_{10}

- Перетворіть N_{10} у двійкову систему послідовним діленням на 2. Запишіть усі частки й остачі.
- Із двійкового запису отримайте вісімковий код групуванням по 3 біти.
- Із двійкового запису отримайте шістнадцятковий код групуванням по 4 біти.
- Перевірте хоча б один результат зворотним розкладом за степенями основи.

Завдання 3. Двійковий код B_2

- Перетворіть B_2 у десяткову систему через суму ваг одиничних позицій.
- Перетворіть B_2 у вісімкову систему групуванням по 3 біти справа наліво.
- Перетворіть B_2 у шістнадцяткову систему групуванням по 4 біти справа наліво.
- Перевірте, що десяткові значення отриманих вісімкового та шістнадцяткового записів однакові.

Завдання 4. 8-бітові знакові коди

- Запишіть додатне число $+K$ у 8-бітовому двійковому вигляді.

2. Побудуйте для $-K$ 8-бітові прямий, обернений і додатковий коди. Кожний перехід супроводьте коротким поясненням.
3. Декодуйте задане 8-бітове слово C_2 як число в додатковому коді.
4. Запишіть беззнакове значення того самого слова C_2 та поясніть, чому воно відрізняється від знакового.
5. Перевірте результат декодування: для від'ємного значення використайте $U-256$, де U — беззнакове значення C_2 .

Обсяг роботи. Виконуються всі чотири завдання. Дані n , N_{10} , B_2 , K і C_2 беруться з одного рядка варіанта.

5. Варіанти завдань

Таблиці є продовженням одна одної. Спочатку знайдіть свій варіант у таблиці 5.1, потім використайте рядок із тим самим номером у таблиці 5.2.

Таблиця 5.1. Дані для завдань 1–3

Варіант	n , бітів	N_{10}	B_2
1	4	26	00110110
2	5	35	01001101
3	6	42	01100111
4	7	53	10010110
5	8	61	10101100
6	9	74	11000101
7	10	87	11101001
8	5	93	00111101
9	6	106	01010111
10	7	117	01111010
11	8	129	10001111
12	9	142	10110010

Варіант	n, бітів	N_{10}	B_2
13	10	155	11010100
14	4	168	11100011
15	6	181	01001011
16	8	203	10110111
17	10	218	11001110

Таблиця 5.2. Дані для завдання 4

Варіант	Модуль K для числа -K	Код C_2 для декодування
1	5	11111010
2	7	00101101
3	9	11110110
4	11	01010011
5	12	11101110
6	14	00111101
7	17	11101010
8	19	01011111
9	21	11100110
10	23	01001000
11	25	11100010
12	27	01101000
13	29	11011101
14	31	00111001
15	34	11010111

Варіант	Модуль K для числа -K	Код C_2 для декодування
16	37	01110100
17	42	11001110

Приклад читання варіанта 7. $n=10$; $N_{10}=87$; $B_2=11101001$; потрібно побудувати три 8-бітові коди числа -17 та декодувати $C_2=11101010$ як 8-бітовий додатковий код.

6. Вимоги до звіту

Звіт можна оформити від руки або в електронному вигляді. Він має містити:

1. назву лабораторної роботи, прізвище, групу, дату та номер варіанта;
2. мету роботи одним-двома реченнями;
3. завдання 1: формулу 2^n , кількість кодів і беззнаковий діапазон;
4. завдання 2: таблицю ділення N_{10} на 2, двійковий, вісімковий і шістнадцятковий результати та перевірку;
5. завдання 3: розклад B_2 за вагами, групування по 3 і 4 біти та перевірку;
6. завдання 4: 8-бітовий запис +K, три коди -K, декодування C_2 двома способами;
7. короткий висновок: які перетворення виконано та як перевірено правильність результатів.

Шаблон висновку

Висновок. Під час лабораторної роботи я визначив(ла) кількість кодів для ___ бітів, перетворив(ла) числа між системами з основами 2, 8, 10 і 16, побудував(ла) прямий, обернений та додатковий коди числа ___, а також декодував(ла) 8-бітове слово ___. Результати перевірено за допомогою ___.

7. Запитання для захисту лабораторної роботи

1. Що називають інформацією, даними та сигналом? Як ці поняття пов'язані?
2. Чим аналогове подання відрізняється від цифрового?
3. Що означають LOW (низький логічний рівень) і HIGH (високий логічний рівень)?
4. Що таке біт і байт? Скільки бітів містить один байт?
5. Чому n бітів утворюють саме 2^n різних комбінацій?
6. Яким є беззнаковий діапазон для n бітів?
7. Що означає позиційний принцип запису числа?
8. Які цифри допустимі в системі з основою b ?
9. Як перетворити десяткове ціле число у двійкову систему?
10. Чому остачі після послідовного ділення читають у зворотному порядку?
11. Як перетворити двійкове число в десяткове?
12. Чому для переходу з двійкової у вісімкову систему біти групують по 3?
13. Чому для переходу з двійкової у шістнадцяткову систему біти групують по 4?
14. Які десяткові значення мають шістнадцяткові цифри A, B, C, D, E та F?
15. Що таке MSB (Most Significant Bit — старший значущий біт) і LSB (Least Significant Bit — молодший значущий біт)?
16. Які діапазони мають 8-бітове беззнакове число та 8-бітове число в додатковому коді?
17. Як утворити прямий код від'ємного числа?
18. Як утворити обернений код від'ємного числа?
19. Як утворити додатковий код від'ємного числа?
20. Чому в прямому та оберненому кодах існують два нулі, а в додатковому — один?
21. Як визначити знак 8-бітового числа в додатковому коді?
22. Як декодувати від'ємне 8-бітове число в додатковому коді двома способами?
23. Чому однакова послідовність бітів може мати різні значення у знаковому та беззнаковому форматах?
24. Назвіть два способи перевірки правильності перетворення між системами числення.

8. Короткий словник

Термін / скорочення	Повна назва та зміст
bit	binary digit — двійкова цифра; значення 0 або 1
byte	байт; група з 8 бітів

Термін / скорочення	Повна назва та зміст
binary	двійкова система числення, основа 2
octal	вісімкова система числення, основа 8
decimal	десятькова система числення, основа 10
hexadecimal	шістнадцяткова система числення, основа 16
MSB	Most Significant Bit — старший значущий біт
LSB	Least Significant Bit — молодший значущий біт
unsigned	беззнакове подання цілого числа
signed	знакове подання цілого числа
sign-magnitude	прямий код
ones' complement	обернений код
two's complement	додатковий код