

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»  
Кафедра підйомно-транспортного та робототехнічного  
обладнання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ  
РОБОТИ

з дисциплін "Електронні, мікропроцесорні та  
обчислювальні пристрої ГВС",  
"Електронні, мікропроцесорні та  
обчислювальні пристрої ЛС",  
"Електронні, мікропроцесорні та  
обчислювальні пристрої ПТМ"

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти  
Спеціальність – 131 ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА  
Освітня програма – *Інженерія логістичних систем,  
Мехатроніка та промислові роботи*  
Спеціальність – 133 Галузеве машинобудування  
Освітня програма – *Підйомно-транспортні, дорожні,  
меліоративні машини і обладнання*

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»  
Кафедра підйомно-транспортного та робототехнічного  
обладнання

Михайлов Євген Павлович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ  
РОБОТИ

з дисциплін "Електронні, мікропроцесорні та обчислювальні  
пристрої ГВС",  
"Електронні, мікропроцесорні та обчислювальні  
пристрої ЛС",  
"Електронні, мікропроцесорні та обчислювальні  
пристрої ПТМ"

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти  
Спеціальність – 131 ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА  
Освітня програма – *Інженерія логістичних систем,  
Мехатроніка та промислові роботи*  
Спеціальність – 133 Галузеве машинобудування  
Освітня програма – *Підйомно-транспортні, дорожні,  
меліоративні машини і обладнання*

Затверджено  
на засіданні кафедри  
підйомно-транспортного і  
робототехнічного обладнання  
Протокол № 1 від 26.08.2021 р.

ОДЕСА 2021

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни "Електронні, мікропроцесорні та обчислювальні пристрої ГВС", "Електронні, мікропроцесорні та обчислювальні пристрої ЛС" та "Електронні, мікропроцесорні та обчислювальні пристрої ПТМ " для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальності: 131 - Прикладна механіка, освітні програми: – Мехатроніка та промислові роботи, Інженерія логістичних систем, спеціальності: 133 - Галузеве машинобудування, освітні програми: – Підйомно-транспортні, дорожні, меліоративні машини і обладнання./ Укл.: Михайлов Є. П. – Одеса: ОНПУ, 2021. - 23с.

Укладач: Михайлов Є. П.

## Зміст

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП.....   | 4  |
| 1 ЗМІСТ І СКЛАД РГР.....   | 5  |
| 2 ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ .....   | 6  |
| Задача 1. Вивчення принципів обчислювання параметрів електронних схем .....                          | 6  |
| Задача 2. Вивчення принципів застосування аналогових та дискретних інтегральних мікросхем.....       | 9  |
| Задача 3. Вивчення принципів застосування АЦП та ЦАП.....  | 11 |
| Задача 4. Вивчення принципів складання програм керування та обробки даних для мікроконтролерів ..... | 13 |
| Задача 5. Вивчення принципів складання програм у вигляді функціональної схеми .....                  | 17 |
| Задача 6. Вивчення принципів складання програм циклового та позиційного керування.....               | 21 |
| Література.....  | 23 |

## ВСТУП

Розрахунково-графічна робота (РГР) є індивідуальним завданням, яке має на меті не лише поглиблення, узагальнення і закріплення знань здобувачів з навчальної дисципліни, а й застосування їх при вирішенні конкретного завдання і вироблення вміння самостійно працювати з навчальною літературою, використовуючи сучасні інформаційні засоби.

Обсяг годин індивідуальної роботи здобувачів для виконання розрахунково-графічної роботи –15 год СРС (0,5 кредиту) за семестр.

Кожне завдання складається з індивідуальних задач середнього рівня складності. Розрахункові роботи виконуються у відповідності до наданих рекомендацій.

**Мета:** опанування здобувачами використання сучасних електронних, мікропроцесорних та обчислювальних пристроїв у системах програмованого керування гнучких виробничих систем, логістичних систем та підйомно-транспортного обладнання.

**Задачі виконання РГР:** розв'язання конкретних задач використання електронних, мікропроцесорних та обчислювальних пристроїв у системах програмованого керування гнучких виробничих систем, логістичних систем та підйомно-транспортного обладнання, що сприяє розвитку самостійності здобувача, вихованню навичок самостійного здобуття знань, виробляє уміння застосовувати здобуті знання на практиці.

### Етапи виконання:

- видача завдань (1-2 тиждень);
- самостійна робота здобувачів (3-10 тиждень);
- захист РГР (11 тиждень).

**Тема РГР:** «Використання електронних, мікропроцесорних та обчислювальних пристроїв у системах програмованого керування гнучких виробничих систем, логістичних систем та підйомно-транспортного обладнання».

Індивідуальні завдання наведені далі.

### План виконання РГР:

- розв'язання задач з розділу «Основи електронної техніки» –5 год.;
- розв'язання задач з розділу «Структура та компоненти мікропроцесорних керуючих пристроїв» –4 год.;
- розв'язання задач з розділу «Програмовані логічні контролери. компоненти та програмне забезпечення» –6 год.

Графік виконання індивідуальних завдань.

| Номери змістових модулів | Найменування змістових модулів  | Термін виконання (тиждень) | Кількість балів | Кількість кредитів |
|--------------------------|---|----------------------------|-----------------|--------------------|
| Семестровий модуль       |   |                            |                 |                    |
| 1                        | Основи електронної техніки  | 4                          | 8               | 0,10               |
| 2                        | Структура та компоненти мікропроцесорних керуючих пристроїв           | 7                          | 8               | 0,10               |
| 3                        | Програмовані логічні контролери. компоненти та програмне забезпечення | 10                         | 8               | 0,10               |
| 4                        | Комплексні системи керування  | -                          | -               | -                  |
|                          | Захист розрахунково-графічної роботи                                  | 11                         | 16              | 0,2                |
| Σ                        |   |                            | 40              | 0,5                |

Оцінювання розрахунково-графічної роботи здійснюється за 40-бальною системою.

## 1 ЗМІСТ І СКЛАД РГР

Тема розрахунково-графічної роботи (РГР) направлена на використання електронних, мікропроцесорних та обчислювальних пристроїв у складі гнучких виробничих систем, логістичних систем та підйомно-транспортного обладнання.

Зміст РГР в основному полягає у використанні електронних, мікропроцесорних та обчислювальних пристроїв у системах програмованого керування гнучких виробничих систем, логістичних систем та підйомно-транспортного обладнання.

У ході виконання РГР треба вирішити задачі, що пов'язані з використанням електронних та комп'ютерних засобів для керування підйомно-транспортним та робототехнічним обладнанням.

Крім того розглядаються питання програмування комп'ютерних систем керування.

На рис. 1 наведена узагальнена структурна схема комп'ютерної системи керування, яка складається з виконавчої системи, до яких входять приводи та системи переміщення, інформаційної системи, яка включає датчики внутрішньої та зовнішньої інформації, системи комп'ютерного керування, що реалізує здійснення усіх функцій керування.

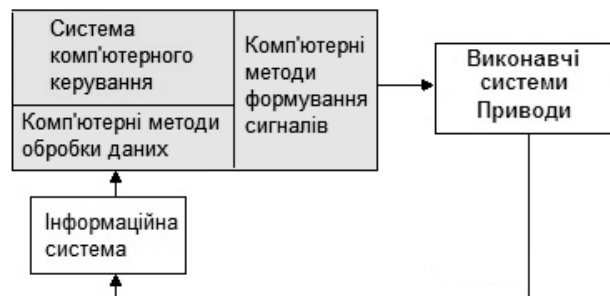


Рис. 1. Узагальнена структурна схема комп'ютерної системи керування

РГР складається з шести задач, що мають таку тематику.

### Тематика задач

**Задача 1.** Вивчення принципів обчислювання параметрів електронних схем

**Задача 2.** Вивчення принципів застосування аналогових та дискретних інтегральних мікросхем

**Задача 3.** Вивчення принципів застосування АЦП та ЦАП

**Задача 4.** Вивчення принципів складання програм керування та обробки даних для мікроконтролерів

**Задача 5.** Вивчення принципів складання програм у вигляді функціональної схеми

**Задача 6.** Вивчення принципів складання програм циклового та позиційного керування

## 2 ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

### Задача 1. Вивчення принципів обчислювання параметрів електронних схем

#### Теоретична частина

Схема подільника напруги та залежність вихідної напруги від параметрів подільника наведені на рис. 1

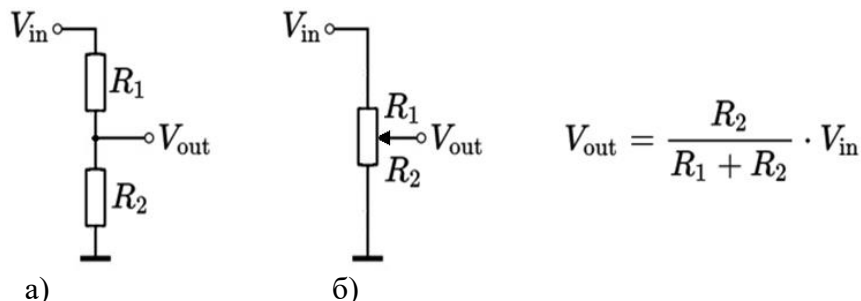


Рис. 1. Схема подільника напруги та залежність вихідної напруги від параметрів подільника

Для вимірювання деформації використовуються тензодатчики.

Принцип дії тензодатчика заснований на залежності активного опору провідника від його механічної деформації.

Тензодатчики найчастіше використовуються у вигляді збалансованого моста Уїтстона (рис. 2, а), що живиться від джерела постійного струму (діагональ моста А-В). Конструкція тензодатчика спірального типу наведена на рис. 2, б.

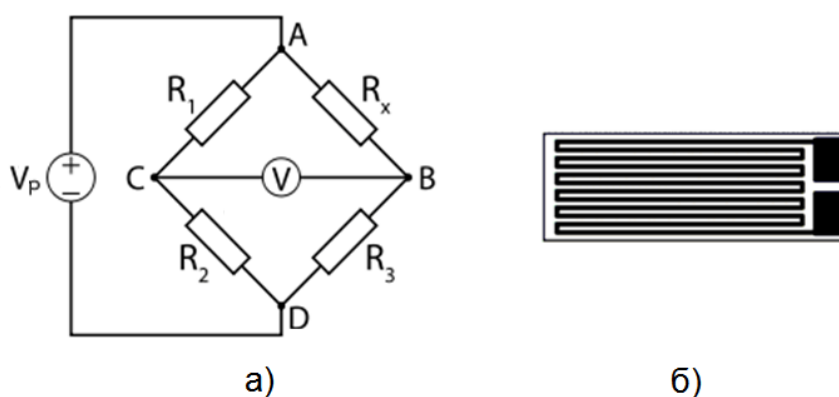


Рис. 2. Міст Уїтстона

Чутливість тензорезистора характеризується безрозмірним параметром - коефіцієнтом тензочутливості  $K_f$ , який визначається як

$$\Delta R / R_0 = K_f \cdot \varepsilon,$$

де  $\Delta R$  - абсолютна зміна опору, викликане деформацією, Ом;  
 $R_0$  - початковий опір недеформованого тензорезистора, Ом;  
 $\varepsilon$  - відносна деформація.

Відносна деформація визначається як:

$$\varepsilon = \Delta L / L_0,$$

де  $\Delta L$  - абсолютна зміна довжини, м;  
 $L_0$  - довжина недеформованого тензорезистора, м.

Звідси маємо:

$$\Delta R / R_0 = K_f \Delta L / L_0,$$

Для тонкої металевої плівки (константан)  $K_f = 2$ .

При виконанні співвідношення  $R_1 / R_2 = R_x / R_3$ , де  $R_x$  – терморезистор, напруга діагоналі моста дорівнює нулю.

При деформації на розтягнення опір  $R_x$  збільшується на  $\Delta R$ , що викликає зниження потенціалу точки з'єднання резисторів  $R_x$  і  $R_3$  (точки В) і зміну напруги діагоналі В-С моста –  $\Delta V$ , яка визначається формулою:

$$\Delta V = V_p \cdot K_f \cdot \varepsilon / 4$$

де  $V_p$  – напруга живлення моста, В.

Датчик характеризується номінальним показником  $D_S$ , який визначає зміну вихідної напруги при номінальному навантаженні, який дорівнює:

$$D_S = \Delta V / V_p.$$

Якщо світлодіод використовується як індикатор, то схему його підключення можна представити у вигляді рис. 3.

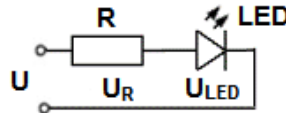


Рис. 3. Схема підключення світлодіода

Опір резистора  $R$  визначається падінням напруги на світлодіоді  $U_{LED}$ , допустимим струмом світлодіода  $I_{LED}$  та напругою живлення  $U$

$$R = (U - U_{LED}) / I_{LED}.$$

### Приклади розв'язання задач з теми заняття

Якщо треба отримати  $V_{out} / V_{in} = 0,2$ , а  $R1 + R2 = 10 \text{ кОм}$ , то виходячи з того, що

$$R2 = (R1 + R2) V_{out} / V_{in}$$

отримаємо  $R1 = 8 \text{ кОм}$  та  $R2 = 2 \text{ кОм}$ .

Якщо використовувати напругу живлення  $U = 5 \text{ В}$ , то для стандартного світлодіода ( $U_{LED} = 2 \text{ В}$ ,  $I_{LED} = 20 \text{ мА}$ ) отримаємо  $R = 150 \text{ Ом}$ .

### Контрольні питання

1. Для чого використовують подільники напруги?
2. Як здійснюється регулювання напруги за допомогою подільника?
3. Яка схема використовується для підключення тензодатчика?
4. Як визначити номінальний показник тензодатчика, що використовує міст Уїтстона?
5. Як треба включати світлодіоди, щоб вони світилися?
6. Чому треба обмежувати струм світлодіода?

### Завдання до задачі

#### Завдання 1

Знайти параметри подільника напруги  $R1$  та  $R2$  для заданих значень коефіцієнта передачі  $V_{out} / V_{in}$  та загального опору  $R1 + R2$ .

| $V_{out} / V_{in}$ | $R1 + R2, \text{кОм}$ | $R1, \text{кОм}$ | $R2, \text{кОм}$ |
|--------------------|-----------------------|------------------|------------------|
| 0,1                | 1                     |                  |                  |
| 0,5                | 50                    |                  |                  |
| 0,25               | 270                   |                  |                  |
| 0,01               | 100                   |                  |                  |

#### Завдання 2

Знайти  $V_{out}$ , для заданих значень  $V_{in}$ ,  $R1$  та  $R2$ .

| $V_{in}, \text{В}$ | $R1, \text{кОм}$ | $R2, \text{кОм}$ | $V_{out}, \text{В}$ |
|--------------------|------------------|------------------|---------------------|
| 24                 | 6,8              | 2,2              |                     |
| 12                 | 750              | 5,1              |                     |
| 5                  | 4,7              | 0,27             |                     |

|    |     |     |  |
|----|-----|-----|--|
| 10 | 1,2 | 0,1 |  |
|----|-----|-----|--|

### Завдання 3

Знайти значення номінального показника тензодатчика  $D_S$  для таких значень відносної деформації  $\varepsilon$ .

|                         |   |     |   |     |   |     |   |     |   |
|-------------------------|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| Варіант                 | 1 | 2   | 3 | 4   | 5 | 6   | 7 | 8   | 9 |
| $\varepsilon * 10^{-3}$ | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| $D_S$                   |   |     |   |     |   |     |   |     |   |

### Завдання 4

Знайти значення обмежувального опору стандартного світлодіода для напруги живлення  $U$ , якщо  $U_{LED} = 2$  В,  $I_{LED} = 20$  мА.

| $U, В$ | $R, Ом$ |
|--------|---------|
| 12     |         |
| 24     |         |
| 10     |         |
| 220    |         |



## Задача 2. Вивчення принципів застосування аналогових та дискретних інтегральних мікросхем

### Теоретична частина

На рис. 1 наведені інвертуючий (а), неінвертуючий (б) та диференціальний (в) операційні підсилювачі з відповідними коефіцієнтами підсилювання ( $K_i$ ,  $K_n$  та  $K_d$ ).

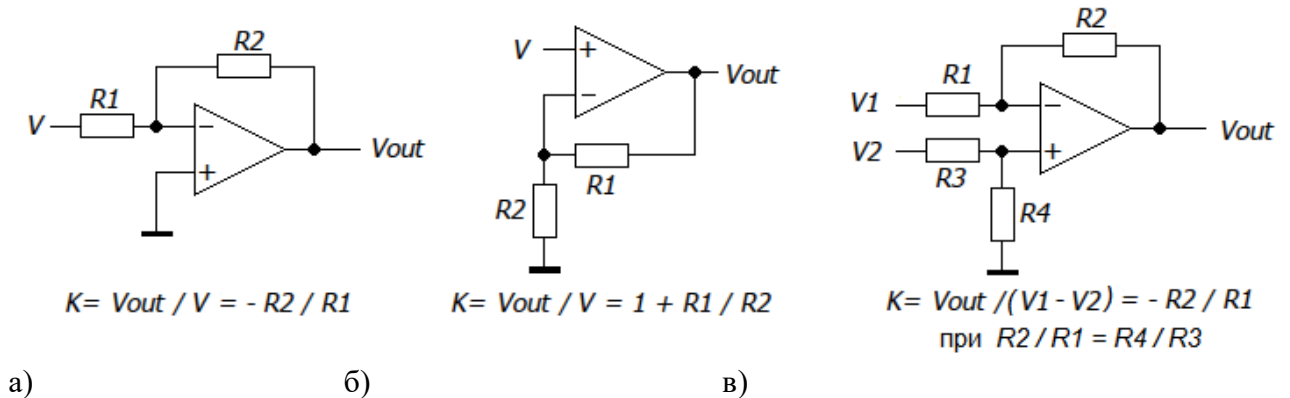


Рис. 1. Операційні підсилювачі: інвертуючий (а), неінвертуючий (б), диференціальний (в)

Логічні елементи - це елементарні комбінаційні пристрої з одним виходом, що реалізують, як правило, одну логічну функцію за законами алгебри Буля.

На рис. 2 наведені основні логічні елементи:

- логічне І (а), на виході якого маємо 1, якщо на усіх входах 1,
- логічне АБО (б), на виході якого маємо 1, якщо хоч на одному вході 1,
- інверсія входу (в), коли вхідний сигнал змінюється на протилежний,
- інверсія виходу (г), коли вихідний сигнал змінюється на протилежний,
- RS-тригер (д), вихід якого встановлюється в 1, якщо на вхід S поступає 1, та скидається в 0, якщо на вхід R поступає 1.

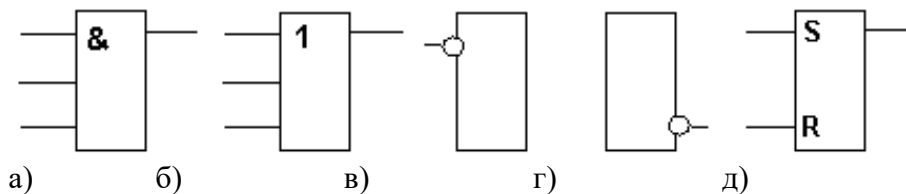


Рис.2. Основні логічні елементи

### Приклади розв'язання задач з теми заняття

Для інвертуючого операційного підсилювача у якого  $R1 = 100 \text{ кОм}$ ,  $R2 = 10 \text{ кОм}$ , виходячи з того, що

$$K = V_{out} / (V1 - V2) = -R2 / R1,$$

отримаємо  $K = -10$ .

На рис. 3 наведені приклади використання логічних мікросхем для блокування від одночасного натискання кнопок "SB1" та "SB2" (а), а також включення за допомогою кнопки "SB1" та виключення за допомогою кнопки "SB2" (б).

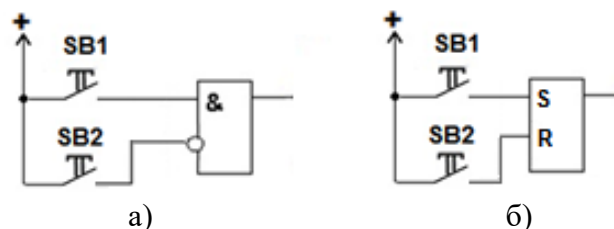


Рис. 3. Приклади використання логічних мікросхем  
Контрольні питання.

1. Як визначити коефіцієнт підсилювання інвертуючого, неінвертуючого та диференціального операційних підсилювачів?
2. Які функції виконує схема логічного І?
3. Які функції виконує схема логічного АБО?
4. Які функції виконує схема інверсії?
5. Які функції виконує схема RS-тригера?

### Завдання до задачі

#### Завдання 1

Знайти коефіцієнт підсилювання інвертуючого операційного підсилювача, якщо відомі  $R1$  та  $R2$ .

| $K$ | $R1, кОм$ | $R2, кОм$ |
|-----|-----------|-----------|
|     | 150       | 1         |
|     | 10        | 5         |
|     | 275       | 25        |
|     | 100       | 0,1       |

#### Завдання 2

Знайти коефіцієнт підсилювання неінвертуючого операційного підсилювача, якщо відомі  $R1$  та  $R2$ .

| $K$ | $R1, кОм$ | $R2, кОм$ |
|-----|-----------|-----------|
|     | 150       | 1         |
|     | 10        | 5         |
|     | 275       | 25        |
|     | 100       | 0,1       |

#### Завдання 3

Знайти коефіцієнт підсилювання диференціального операційного підсилювача, якщо відомі  $R1$  та  $R2$ .

| $K$ | $R1, кОм$ | $R2, кОм$ |
|-----|-----------|-----------|
|     | 150       | 1         |
|     | 10        | 5         |
|     | 275       | 25        |
|     | 100       | 0,1       |

#### Завдання 4

Скласти схему керування, яка включає двигун кнопкою "Пуск" та виключає кнопкою "Стоп", з використанням RS-тригера.

Передбачити блокування від одночасного натискання кнопок "Пуск" та "Стоп" (пріоритет кнопки "Стоп").

### Задача 3. Вивчення принципів застосування АЦП та ЦАП

#### Теоретична частина

До найважливіших параметрів та характеристик АЦП і ЦАП належать розрядність (кількість двійкових розрядів), діапазон ( $U_{\min} \dots U_{\max}$ ) та рівні вхідних (вихідних) сигналів, точність перетворення, час перетворення та встановлення результату.

Точність перетворення  $\Delta U$  визначається як відношення діапазону вимірювання ( $U_{\max} - U_{\min}$ ) до максимальної кількості рівнів перетвореного сигналу ( $q = 2^N$ , де  $N$  – кількість двійкових розрядів), при цьому діапазон отриманих значень складає від  $0$  до  $2^N - 1$ .

$$\Delta U = (U_{\max} - U_{\min}) / q.$$

Якщо для визначення аналогового сигналу використовується двох полярний діапазон, наприклад,  $\pm 10 \text{ В}$ , що має як позитивні, так і негативні значення, то для визначення негативних значень чисел використовується доповняльний код, який можна отримати так: інвертувати модуль числа у двійковому вигляді («перше доповнення») і додати одиницю («друге доповнення»). Математично доповняльний код  $x_{\text{дон}}$  від двійкового числа  $x$  дорівнює:

$$x_{\text{дон}} = 2^{N-1} - x$$

Для більш простого запису двійкових чисел використовується шістнадцяткова система числення, що має діапазон чисел від  $0$  до  $2^4 - 1$  (табл. 1).

Таблиця 4.1

| Числа     |           |                |
|-----------|-----------|----------------|
| Десяткові | Двійкові  | Шістнадцяткові |
| 0         | 0000 0000 | 0              |
| 1         | 0000 0001 | 1              |
| 2         | 0000 0010 | 2              |
| 3         | 0000 0011 | 3              |
| 4         | 0000 0100 | 4              |
| 5         | 0000 0101 | 5              |
| 6         | 0000 0110 | 6              |
| 7         | 0000 0111 | 7              |
| 8         | 0000 1000 | 8              |
| 9         | 0000 1001 | 9              |
| 10        | 0000 1010 | A              |
| 11        | 0000 1011 | B              |
| 12        | 0000 1100 | C              |
| 13        | 0000 1101 | D              |
| 14        | 0000 1110 | E              |
| 15        | 0000 1111 | F              |
| 16        | 0001 0000 | 10             |

#### Приклади розв'язання задач з теми заняття

Для АЦП з розрядністю  $N=10$  та діапазоном вимірювання  $\pm 5 \text{ В}$  маємо таку точність перетворення напруги у цифровий код

$$\Delta U = (U_{\max} - U_{\min}) / q = 10 \text{ В} / 1024 = 0,0097656 \text{ В}.$$

Яке перетворення масштабу  $K_m$  треба зробити, щоб отримати значення для діапазону  $\pm 5 \text{ В}$  та точності вимірювання  $0,01 \text{ В}$  для АЦП з розрядністю  $N=10$ .

$$K_m = \Delta U / \Delta U_{\text{вим}}, = 0,97656$$

#### Контрольні питання

1. У яких системі числення отримаємо значення з АЦП?
2. Який діапазон чисел має АЦП з розрядністю  $N=10$ ?
3. Як знайти коефіцієнт перетворення масштабу?
4. Як визначаються негативні числа у двійковій системі числення?
5. Для чого використовується шістнадцяткова система числення?

### Завдання до задачі

#### Завдання 1

Знайти точність перетворювання напруги у цифровий код для АЦП з вказаними розрядністю та діапазоном вимірювання.

| $\Delta U$ | $(U_{\max} - U_{\min}), В$ | $N$ |
|------------|----------------------------|-----|
|            | 10                         | 10  |
|            | $\pm 5$                    | 12  |
|            | 1                          | 16  |

#### Завдання 2

Діапазон цифрових значень  $n$  модулів аналогових входів промислових контролерів S7-300 складає від  $- 27648$  до  $+ 27648$ . Яке перетворення масштабу  $K_m$  треба зробити, щоб отримати значення для вказаних значень діапазону  $(U_{\max} - U_{\min})$  та точності вимірювання  $\Delta U_{\text{вим}}$ .

| $K_m$ | $(U_{\max} - U_{\min}), В$ | $\Delta U_{\text{вим}}, мВ$ |
|-------|----------------------------|-----------------------------|
|       | 10                         | 1                           |
|       | $\pm 5$                    | 1                           |
|       | 1                          | 1                           |

#### Завдання 3

Визначити час інтегрування для АЦП подвійного інтегрування, який може подавляти перешкоди з частотою 50 та 60 Гц.

#### Завдання 4

Представити у шістнадцятковій формі такі двійкові числа:

**10101010, 010101010, 10001111, 10110110, 00111100, 00001110.**

#### Завдання 5

Представити у двійковій формі такі числа

**250, - 250, 1024, - 1024, 27746, - 27746.**

#### Завдання 6

Визначити діапазон представлення даних у двійковій та десятковій формі, які отримує 12-розрядний АЦП для біполярних вхідних сигналів (представлення даних як цілі числа зі знаком).

## Задача 4. Вивчення принципів складання програм керування та обробки даних для мікроконтролерів

### Теоретична частина

Розглянемо приклади програмування для контролерів Arduino, що використовують мову C.

Контролери Arduino часто використовують для керування різними робототехнічними пристроями, тому мають вмонтовані функції керування рухом та обробки даних.

Так для керування швидкістю обертання двигунів постійного струму використовується управління виходом ШІМ за допомогою функції `analogWrite()`. Ця функція має два аргументи: номер виходу, на який виводиться сигнал ШІМ, і число в діапазоні від 0 до 255, яке задає пропорційну тривалість імпульсу ШІМ.

Наприклад, функція

```
analogWrite(7,127);
```

встановлює швидкість обертання на рівні 0,5 від напруги живлення двигуна постійного струму, що підключений до виходу 7.

Контролери Arduino мають багато додаткових модулів і пристрів, призначених для здійснення переміщення, наприклад, для сервоприводів та крокових двигунів.

Для спрощення програмування для таких пристроїв створені бібліотеки з відповідними функціями.

Так для керування сервоприводом використовується бібліотека `Servo`, яка має наступні функції.

#### **Функція підключення сервопривода до вказаного виходу контролера:**

```
servo.attach(pin)
```

де *servo* – змінна типа `Servo`,

pin – номер виходу, який здійснює керування приводом.

#### **Функція повернення приводу на вказаний кут:**

```
servo.write(angle)
```

де *servo* – змінна типа `Servo`,

angle – кут повороту від 0 до 180, відповідає куту повороту в градусах.

Контролери Arduino також мають функції для обробки даних. Розглянемо деякі з них.

Контролери Arduino мають аналогові входи.

**Функція зчитування значення сигналу з аналогового входу `analogRead()`**, яка видає значення від 0 до 1023.

Функція має такий синтаксис:

```
value = analogRead(pin);
```

де value – змінна, куди записується результат опитування;

pin – номер аналогового входу.

У програмах керування часто використовується зміна масштабу.

Таку функцію треба використовувати, наприклад, для ручного керування сервопривода, на який подаються значення від 0 до 180, за допомогою потенціометра, підключеного до аналогового входу, що видає значення від 0 до 1023.

Для зміни масштабу можна використати функцію пропорційного перетворення значень від одного діапазону до другого `map()` та функцію обмеження діапазону `constrain()`.

**Функція зміни масштабу `map()`** має такий синтаксис:

```
valNew = map(valOld, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh);
```

Змінна *valOld* з нижньою *fromLow* і верхньою *fromHigh* межами діапазону перетворюється у змінну *valNew* з нижньою *toLow* і верхньою *toHigh* межами діапазону.

Розглянемо алгоритм вимірювання відстані за допомогою ультразвукового датчика HC-SR04.

Датчик має 4 вивода:

VCC: “+” живлення;

TRIG (T): вивід вхідного сигналу;

ECHO (R): вивід вихідного сигналу;

GND: “-” живлення (земля).

Тривалість вихідного сигналу залежить від відстані об'єкту до датчика.

Принцип роботи датчика можна умовно поділити на 4 етапи.

1. Подаємо імпульс тривалістю 10 мкс, на вивід Trig.

2. Датчик перетворює вхідний імпульс у 8 імпульсів частотою 40 КГц та відправляє вперед через передавач Т.

3. Дійшовши до перешкоди, послані імпульси відбиваються і приймаються приймачем

R. Отримуємо вихідний сигнал на виводі Echo.

4. Визначаємо тривалість часу до отримання відбитого сигналу (ширина імпульсу).

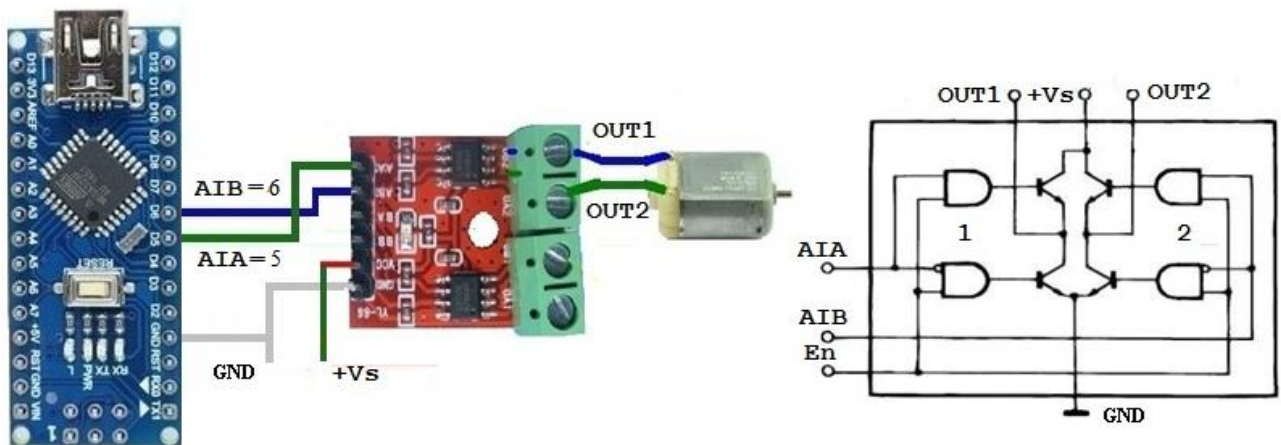
5. Безпосередньо в контролері переводимо отриманий сигнал в відстань за формулою:  
ширина імпульсу (мкс) / 58 = дистанція (см).

### Приклади розв'язання задач з теми заняття

Приклад програми керування двигуном постійного струму за допомогою Н-моста.

Н-міст підключений до виходів 5 та 6, що мають можливість видавати сигнали ШІМ.

Програма здійснює обертання в одну сторону тривалістю 2 с, потім зупинка на 1 с, після чого здійснюється обертання в іншу сторону тривалістю 2 с та зупинкою на 1 с.



Далі наведена програма керування двигуном.

```
const int AIA = 5;
const int AIB = 6; /підключення входів модуля до відповідних контактів
byte speed = 120; /швидкість обертання від 0 до 255
void setup()
{
  pinMode(AIA, OUTPUT);
  pinMode(AIB, OUTPUT);
}
void loop()
{
  analogWrite(AIA, speed); /обертання двигуна в одну сторону
  analogWrite(AIB, 0);
  delay(2000); /затримка 2 с
  analogWrite(AIA, 0); /зупинка
  analogWrite(AIB, 0);
  delay(1000); /затримка 1 с
  analogWrite(AIA, 0); /обертання в іншу сторону, двигун А
  analogWrite(AIB, speed);
  delay(2000); /затримка 2 с
```

```

analogWrite(AIA, 0);           /зупинка
analogWrite(AIB, 0);
delay(1000);                   /затримка 1 с
}

```

Приклад програми вимірювання відстані за допомогою ультразвукового датчика HC-SR04 та передачі отриманого значення по послідовному каналу. При дистанції менше 30 сантиметрів включається світлодіод, що підключений до піну 13.

```

sketch_echo
#define Trig 9
#define Echo 8
#define ledPin 13

void setup()
{
  pinMode(Trig, OUTPUT); // вихід
  pinMode(Echo, INPUT); // вхід
  pinMode(ledPin, OUTPUT); //світлодіод
  Serial.begin(9600);
  /* задаємо швидкість послідовного каналу */
}
unsigned int impulseTime=0; //визначаємо змінну для часу до отримання відбитого сигналу
unsigned int distance_sm=0; //визначаємо змінну для дистанції
void loop()
{
  digitalWrite(Trig, HIGH);
  /* Подаємо імпульс на вхід trig */
  delayMicroseconds(10); // що дорівнює 10 мікросекунд
  digitalWrite(Trig, LOW); // відключаємо
  // визначаємо тривалість часу отримання відбитого сигналу
  impulseTime=pulseIn(Echo, HIGH);
  distance_sm=impulseTime/58; // Перераховуємо в сантиметри
  Serial.println(distance_sm); // Виводимо на послідовний канал
  if (distance_sm<30) // Якщо відстань менше ніж 30 сантиметрів
  {
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // включаємо світлодіод
  }
  else
  {
    digitalWrite(ledPin, LOW); // у протилежному випадку виключаємо
  }
  delay(100);
  /* чекаємо 0,1 секунди, Наступний імпульс може бути відправлений тільки після зникнення
  відбитого попереднього імпульсу. Рекомендований період між імпульсами повинен бути не
  менше 50 мс.*/
}

```

### Контрольні питання

1. Яка функція використовується в Arduino для управління виходом ШІМ?
2. Яка бібліотека використовується для керування сервоприводом?
3. Яку функцію мають Arduino для перетворення масштабу?

4. Як здійснюється вимірювання відстані за допомогою ультразвукового датчика HC-SR04?
5. Як здійснюється перерахування дистанції отриманої за допомогою ультразвукового датчика у сантиметри?

### **Завдання до задачі**

#### **Завдання 1**

Скласти програму для керування швидкістю двигуна постійного струму за допомогою потенціометра для контролера Arduino Nano.

#### **Завдання 2**

Скласти програму для керування послідовністю переміщень сервопривода за допомогою контролера Arduino Nano з встановленням таких кутів повороту:

0°, 40°, 60°, 100°, 120°, 100°, 60°, 40°, 0°,

з затримкою між окремими переміщеннями 2 с.

#### **Завдання 3**

Скласти програму вимірювання відстані за допомогою ультразвукового датчика HC-SR04 з таким підключенням: Trig - пін 2, Echo - пін 3.

Ультразвуковий датчик керує переміщенням візка.

Візок їде прямо з максимальною швидкістю, якщо відстань до перешкоди більше 40 см.

Візок їде прямо з швидкістю 0,5 від максимальної, якщо відстань до перешкоди більше 20 см.

Якщо відстань до перешкоди менше ніж 20 см, візок зупиняється. При зникненні перешкоди рух продовжується.

Двигун підключений до виходу 5 Arduino Nano.



## Задача 5. Вивчення принципів складання програм у вигляді функціональної схеми

### Теоретична частина

Для вивчення принципів складання програм у вигляді функціональної схеми з метою керування простими механізмами розглянемо як можна здійснити керування підйомником (рис. 1) з функціями захисту за допомогою програмованого логічного контролера LOGO! (рис. 2).

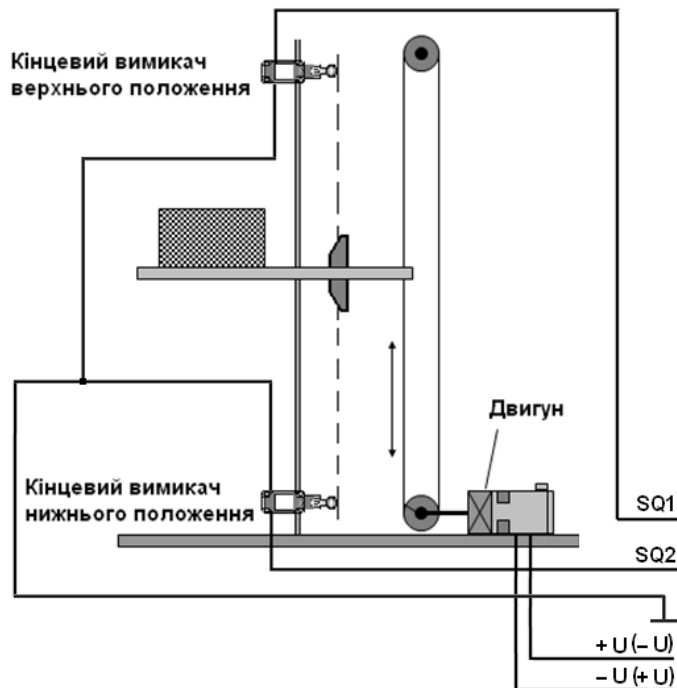


Рис.1. Підйомник

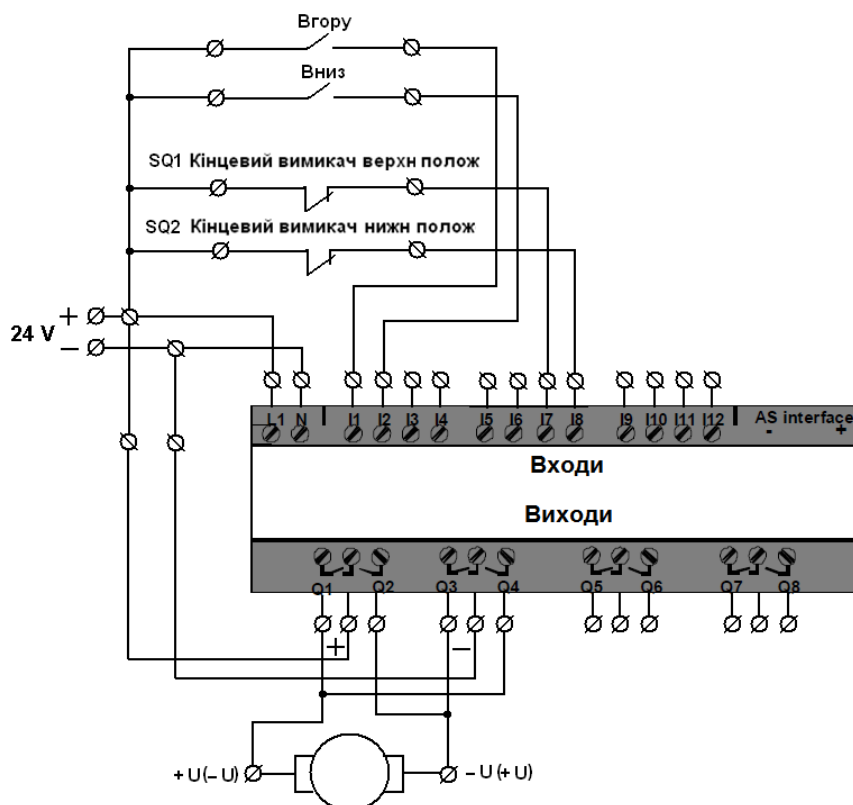
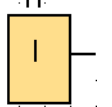
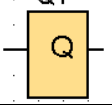

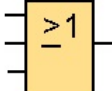
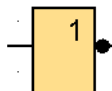
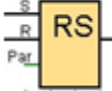


Рис. 2. Схема підключення двигуна підйомника та кнопок керування до контролера LOGO!

Підйомник здійснює підйом та опускання вантажу за допомогою двигуна постійного струму, напрямок обертання якого здійснюється шляхом переключення полярності напруги живлення. При досягненні верхнього та нижнього положення спрацьовують кінцеві вимикачі, які здійснюють захист від подальшого переміщення. Керування здійснюється у ручному режимі за допомогою кнопок "Вгору" та "Вниз". Переміщення здійснюється, поки натиснута відповідна кнопка. Схема керування повинна здійснити захист від одночасного натиснення обох кнопок.

Керування здійснюється за допомогою програмованого логічного контролера LOGO! з релейними виходами, які мають навантажувальну здатність 10 А. Контролер LOGO! можна віднести до найбільш простих пристроїв керування, який має логічні функції, функції пам'яті (тригер), функції часу (таймери) та функції ліку (лічильники). Ці функції дозволяють здійснити прості функції логічного керування.

### Елементи та функції ПЛК LOGO!

|   |   |
|---|---|
|    | <b>Вхід</b><br>Видає результат опитування відповідних входів 0 або 1.   |
|    | <b>Вихід</b><br>Сигнал 0 або 1 видає на відповідний вихід.  |
|    | <b>Функція логічного І</b><br>На виході 1, коли на усіх входах 1.<br>У протилежному випадку на виході 0.  |
|   | <b>Функція логічного АБО</b><br>На виході 1, коли хоча б на одному вході 1.<br>У протилежному випадку, коли на усіх входах 0, на виході 0.  |
|  | <b>Функція інверсії</b><br>На виході 0, коли на вході 1.<br>На виході 1, коли на вході 0.   |
|  | <b>Функція Реле з блокуванням (RS-тригер)</b><br>Вхід S. Якщо на вході S сигнал 1, вихід встановлюється в 1.<br>Вхід R. Якщо на вході R сигнал 1, вихід скидається в 0. Пріоритет входу R.<br>Par. Параметри (у нашому випадку не використовуються) |

Порядок складання програми для ПЛК LOGO! за допомогою програми LOGOComfort наведений в [1].

### Приклади розв'язання задач з теми заняття

Наведена програма керування підйомником, що здійснює підйом та опускання вантажу за допомогою двигуна постійного струму та виконує такі функції.

Напрямок обертання двигуна здійснюється шляхом переключення полярності напруги живлення.

При досягненні верхнього та нижнього положення спрацьовують нормально замкнуті кінцеві вимикачі, які здійснюють захист від подальшого переміщення.

Керування здійснюється у ручному режимі за допомогою кнопок "Вгору" та "Вниз". Переміщення здійснюється, поки натиснута відповідна кнопка. Схема керування повинна здійснити захист від одночасного натиснення обох кнопок.

Напругу для живлення двигуна підвести до таких клем:

+U до групи клем виходів Q1 та Q2,

- U до групи клем виходів Q3 та Q4.

При натисканні кнопки "Вгору" (вхід I1) підключаються виходи Q1 та Q3 та здійснюється підйом, а при натисканні кнопки "Вниз" (вхід I2) підключаються виходи Q2 та Q4 та здійснюється опускання.

Для блокування від одночасного натиснення обох кнопок можна використати підхід, наведений на рис. 3.

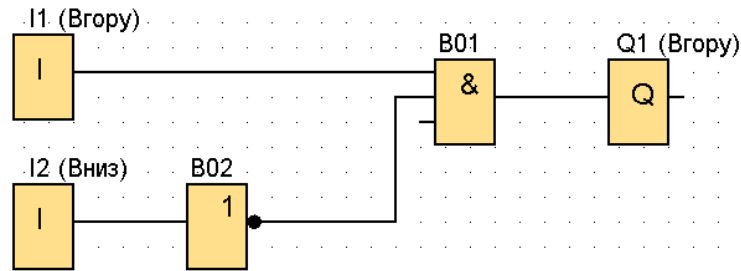


Рис. 3. Блокування від одночасного натиснення кнопок

Вхід I1 поступає на перший вхід функції I (B01), а вхід I2 поступає спочатку на функцію інверсії (B02), а потім на другий вхід функції I (B01). Коли на вході I2 немає сигналу (на вході сигнал 0), то після інверсії (сигнал 1) він дає сигнал дозволу для функції I. Якщо на вході I2 є сигнал (1), то після інверсії (0) він блокує функцію I.

Третій вхід функції I використовується для блокування переміщення при спрацюванні кінцевого вимикача.

Кінцеві вимикачі треба підключити до входів I7 (кінцевий вимикач верхнього положення) та I8 (кінцевий вимикач нижнього положення).

Програма керування підйомником у вигляді функціональної, що здійснює вказане керування підйомником, має вигляд, наведений на рис. 4.

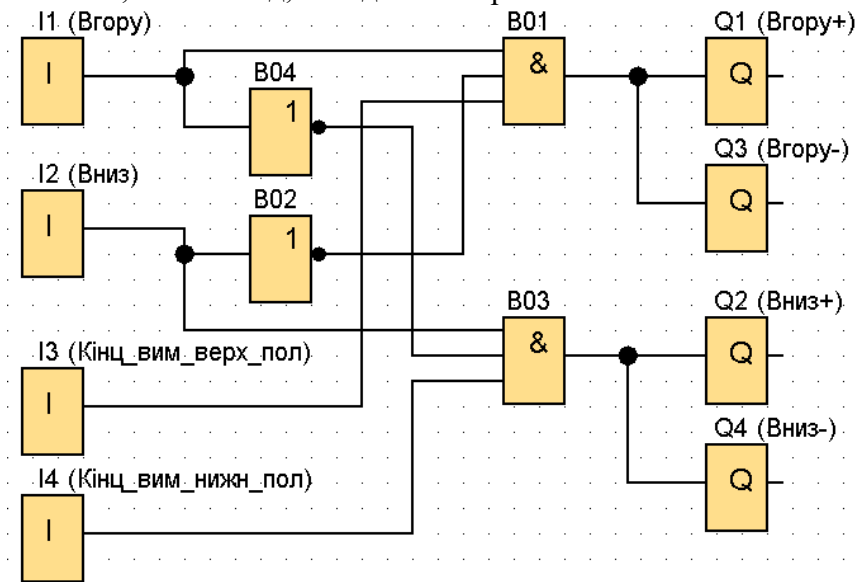


Рис. 4. Програма керування підйомником

Функція вмикання (кнопка Пуск) та вимкання (кнопка Стоп) здійснюється за допомогою функції RS-тригера (рис. 5).

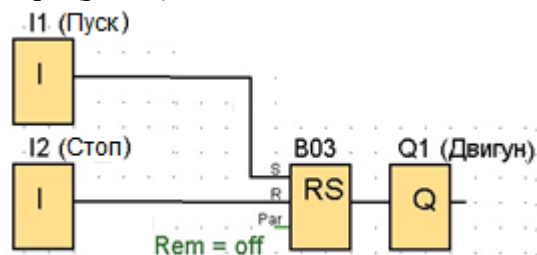


Рис. 5. Функція RS-тригер

### Контрольні питання

1. Як здійснюється зміна напрямку обертання двигунів постійного струму?

2. Як здійснюється захист від одночасного натиснення кнопок?
3. Яку функцію здійснює блок В01 на рис. 4?
4. Що здійснює блок В02 на рис. 4?
5. Що здійснює блок В03 на рис. 5?

#### **Завдання до задачі**

Скласти блок-схему алгоритму та програму керування підйомником за допомогою мови LOGO!Soft Comfort (див. додаток 2 у [1]).

Підйомник переміщається у двох напрямках: догори та униз. Для прямування нагору необхідно короткочасно натиснути кнопку "нагору". Для прямування униз необхідно короткочасно натиснути кнопку "униз".

Прямування нагору або униз припиняється при натисненні кнопки "стій" або при досягненні кінцевих вимикачів "верх" або "низ".

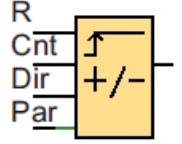
Для здійснення вмикання та вимикання двигуна використати функцію RS-тригера.

Передбачити захист від одночасного натискання кнопок догори та униз.

## Задача 6. Вивчення принципів складання програм циклового та позиційного керування

### Теоретична частина

Додатково до функцій, що були розглянуті на попередньому практичному занятті, використовується функція лічильника.

|   |   |
|---|---|
|  | <p><b>Реверсивний лічильник</b><br/>Вхід R скидає значення лічильника в 0<br/>Вхід Cnt. Функція підраховує кількість змін на вході Cnt з 0 на 1.<br/>Вхід Dir встановлює напрямок рахування.<br/>Dir = 0, прямий підрахунок.<br/>Dir = 1, зворотний підрахунок.<br/>Par. Параметри (у нашому випадку не використовуються)</p> |
|---|---|

### Приклади розв'язання задач

#### Програма послідовного переміщення

Програма, що здійснює послідовне переміщення трьох приводів, "Привод\_1", "Привод\_2" та "Привод\_3", має вигляд? наведений на рис. 1.

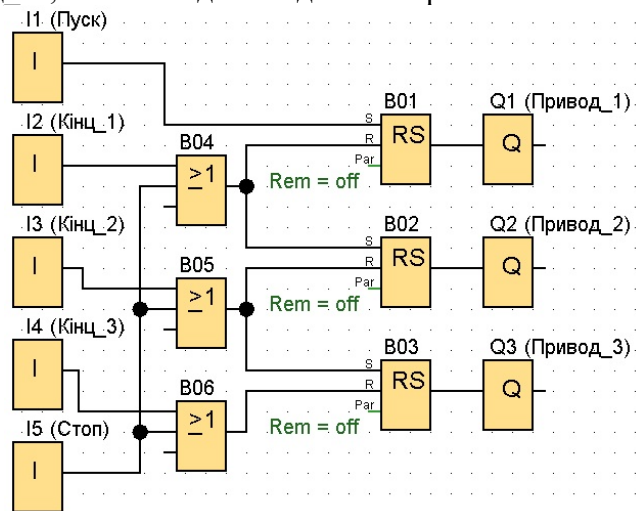


Рис. 1. Приклад програми послідовного переміщення

Переміщення приводу 1 запускається кнопкою "Пуск".

Кінцевий вимикач першого переміщення зупиняє привод 1 та запускає привод 2.

Аналогічно здійснюється переміщення приводу 2 та приводу 3.

#### Програма переміщення до вказаної позиції.

Програма, що здійснює переміщення до позиції 5 наведена на рис. 2.

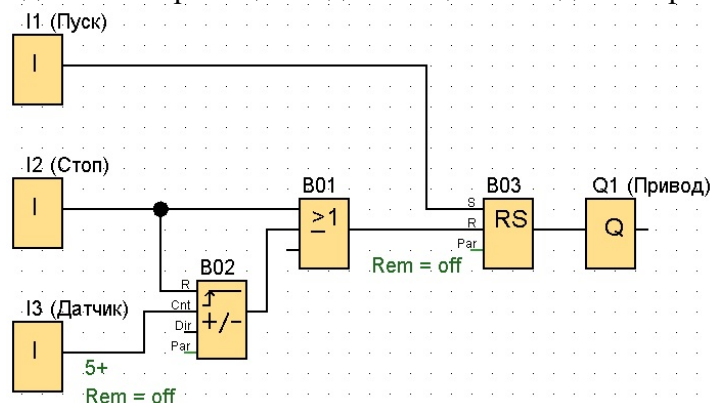


Рис. 2. Переміщення до вказаної позиції

Сигнал "Пуск" запускає привод.

Під час переміщення фотоімпульсний датчик видає імпульси.

На 5-ому імпульсі спрацьовує лічильник та зупиняє привод (рис. 3).

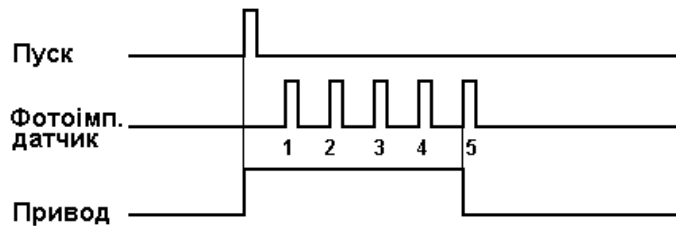


Рис. 3.

Сигнал "Стоп" зупиняє привод та перезавантажує лічильник.

### Контрольні питання

1. Як здійснюється послідовне переміщення за допомогою функції пам'яті?
2. У яке положення переміщується робочий орган в кінці циклу?
3. Які функції виконує лічильник?
4. Що здійснює блок В01 на рис. 2?
5. Яку функцію здійснює блок В03 на рис. 2?

### Завдання до задачі

#### Завдання 1

Скласти блок-схему алгоритму та програму циклового керування, що складається з послідовного переміщення з поверненням у вихідне положення.

Маніпулятор здійснює такі пересування: ВВЕРХ, ВНИЗ, ВПРАВО, ВЛІВО, ВПЕРЕД, НАЗАД.

Кожному пересуванню відповідає один вихід на виконавчий пристрій переміщення та один вихід для опитування кінцевого вимикача.

Треба скласти програму пересування, використовуючи функції пам'яті відповідно такій послідовності переміщень:

ВВЕРХ, ВПЕРЕД, ВПРАВО, ВНИЗ, ВВЕРХ, ВЛІВО, НАЗАД, ВНИЗ.

#### Завдання 2

Скласти блок-схему алгоритму та програму переміщення до визначеної позиції за допомогою мови LOGO!Soft Comfort.

Маніпулятор з позиційним керуванням здійснює такі переміщення: УВЕРХ, УНИЗ, ВПРАВО, ВЛІВО

Кожному пересуванню відповідає один вихід на виконавчий пристрій переміщення та один вихід для опитування датчика пересування.

Позиціонування здійснюється під час руху УВЕРХ, УНИЗ та ВПРАВО, ВЛІВО.

Треба скласти програму пересування, використовуючи функції лічильника відповідно такій послідовності переміщень:

Переміщення ВПРАВО до позиції 4.

Переміщення УВЕРХ до позиції 2.

## Література

1. Михайлов Є. П. Навчальний посібник з дисциплін «Електронні, мікропроцесорні та обчислювальні пристрої ГВС, ПТМ та ЛС» для студентів за фахом 131 – Прикладна механіка – спеціалізації – Мехатроніка та промислові роботи, Інженерія логістичних систем, 133 – Галузеве машинобудування – спеціалізація – Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні машини і обладнання / Укладач: Михайлов Є. П. Одеса: ОНПУ. – 2018. 167 с. Рег. ном. НПО9356 19.03.18 №5682-РС-2018 (електронна версія)
2. Блум Джереми. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства: Пер. с англ. - СПб.: БХВ-Петербург, 2015. - 336 с.: ил. (електронна версія)
3. Управляющие системы и автоматика / Дитмарт Шмид, Альбрехт Бауман, Ханс Кауфман, Бернхард Зиппель. -М.: Техносфера, 2007. – 584 с.
4. Руководство LOGO!. Справочник по аппарату Siemens AG, Industry Sector A5E01248543-03 04/2009 (електронна версія)
5. Программное обеспечение LOGO!Soft Comfort V6.0 Siemens AG, Industry Sector (електронна версія)