

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматички
та водного господарства
Кафедра автоматизації, електротехнічних та
комп'ютерно-інтегрованих технологій

04-03-422М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни
«Автоматизовані системи безпеки машин»
(Частина 1. Основи роботи з PNOZmulti) для здобувачів вищої
освіти першого (бакалаврського) ступеня за освітньо-
професійною програмою «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка» спеціальності
174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка» денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості
ННІ ЕАВГ
Протокол № 04 від 17.12.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Автоматизовані системи безпеки машин» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) ступеня за освітньо-професійною програмою «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» денної та заочної форм навчання. Частина 1. Основи роботи з PNOZmulti. [Електронне видання] / Мащенко В. А. – Рівне : НУВГП, 2024. – 45 с.

Укладач: Мащенко В. А., кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Відповідальний за випуск: Древецький В. В., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Керівник групи забезпечення: Христюк А. О., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

© В. А. Мащенко, 2024

© НУВГП, 2024

Зміст

Вступ.....	4
Лабораторна робота № 1	5
«Програма PNOZmulti»	5
1.1. Короткі теоретичні відомості	5
1.2. Приклад виконання	6
1.2.1. Створення програми	6
1.2.2. Активація входу	9
1.2.3. Додавання блоку виводу	11
1.2.4. Підключення входу до вихідного блоку	15
1.3. Завдання	16
Лабораторна робота № 2	17
«Побудова системи безпеки категорії В»	17
2.1. Короткі теоретичні відомості	17
2.2. Приклад виконання	17
2.2.1. Додавання блоків.....	19
2.2.2. Блок вводу.....	21
2.2.3. Створення (активація) входів	26
2.2.4. Встановлення логічних блоків «RS тригер» та «OR»	33
2.2.5. Блок виходу та зміна і налаштування вихідних параметрів.....	37
2.2.6. З'єднання блоків	42
2.3. Завдання	44
Список використаних джерел	45

Вступ

Навчальна дисципліна «Автоматизовані системи безпеки машин» є досить важливою, в сучасних реаліях інтеграції України до ЄС, для ознайомлення студентів з існуючими вимогами сучасного європейського та українського законодавств у сфері безпеки машин, механізмів та систем їх управління і контролю, де будь яке виробниче обладнання в залежності від умов його експлуатації повинно забезпечувати виконання відповідних функцій безпеки, а також мати відповідні гарантії щодо можливості їх забезпечення.

Методичні вказівки містять порядок виконання двох лабораторних робіт першої частини курсу «Основи роботи з PNOZmulti», для освоєння програмування контролерів фірми «Pilz», що вимагають застосування на практиці отриманих знань і навичок при роботі із навчальним стендом «Куб» від вказаної компанії.

Лабораторна робота № 1

«Програма PNOZmulti»

1.1. Короткі теоретичні відомості

Графічні мови програмування є ефективним інструментом для створення прикладного програмного забезпечення, пов'язаного із безпекою машин у робочій зоні.

Програмний код в програмі PNOZmulti складається з готових вхідних, логічних та вихідних блоків, які з'єднані між собою лініями. Такий принцип програмування дуже простий і легкий в управлінні. Цей тип програмування ідеально підходить для розробки прикладного програмного забезпечення (SRASW стандарт ISO 13849-1) пов'язаного із безпекою машин.

Приклад програми у PNOZmulti представлено на рис. 2.1.

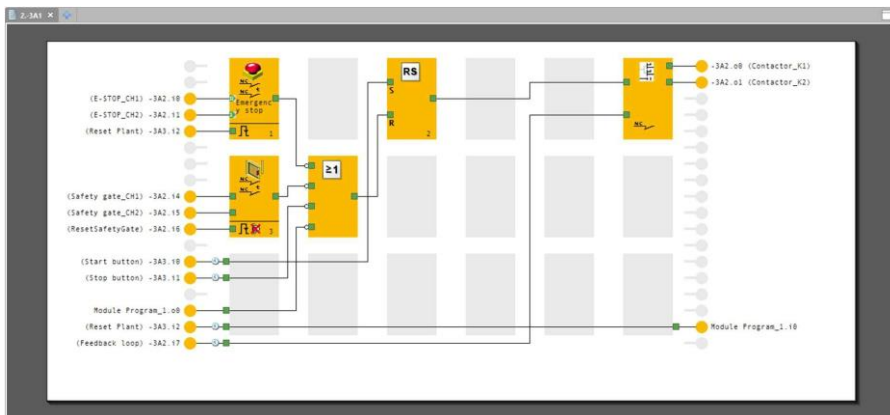


Рис. 1.1.1. Приклад програми у PNOZmulti.

SRASW (special software) – програмне забезпечення для спеціального використання як частина системи управління, що розроблена виробником машини, і як правило містить логічні послідовності, границі і вирази, які керують відповідними

входами та виходами, розрахунками та рішеннями, необхідними для виконання функціональних вимог SRP/CS.

SRP/CS (safety-related parts of control systems) – частини систем управління машиною (підсистеми), які вирішують завдання безпеки, визначені в міжнародних стандартах, як «частини, що пов'язані з безпекою в системах управління».

Відповідно до вимог обох стандартів (ISO 13849-1 та IEC 62061) необхідні функції безпеки повинні бути забезпечені саме SRP/CS.

1.2. Приклад виконання

Створення міні-проекту в PNOZmulti Configurator.

Структура програми в редакторі Multi Editor представлена на рис. 1.2.1.

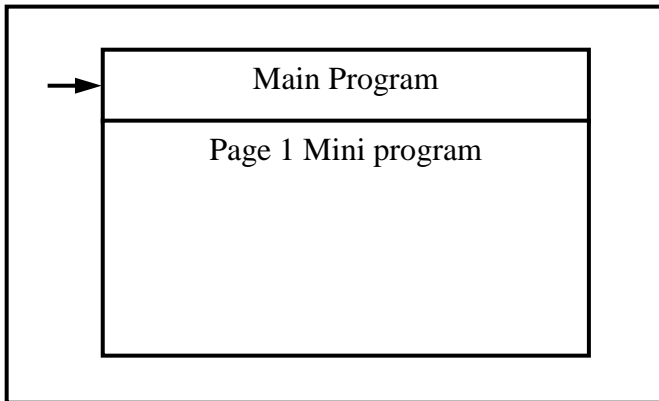


Рис. 1.2.1. Структура програми в редакторі Multi Editor.

1.2.1. Створення програми

Двічі клацніть, щоб відкрити Page 1 у Main Program (рис. 1.2.1).

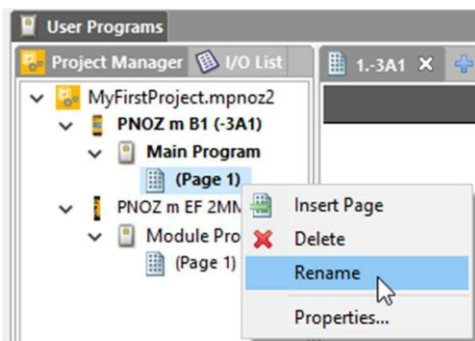


Рис. 1.2.1. Створення сторінки Page 1 у Main Program.

Праворуч відкриється робоче поле, в яке вставляються блоки і зв'язки між ними.

Перейменуємо назву сторінки. Створюючи програму з кількома сторінками, завжди бажано перейменовувати відповідні сторінки, щоб зберегти огляд.

Ліворуч перейдіть на Page 1 у Project Manager і клацніть на ній правою кнопкою миші.

Введіть назву „Mini program” (рис. 1.2.3) та підтвердить натисканням кнопки „ОК”.

Результат виконання представлено на рис. 1.2.4.

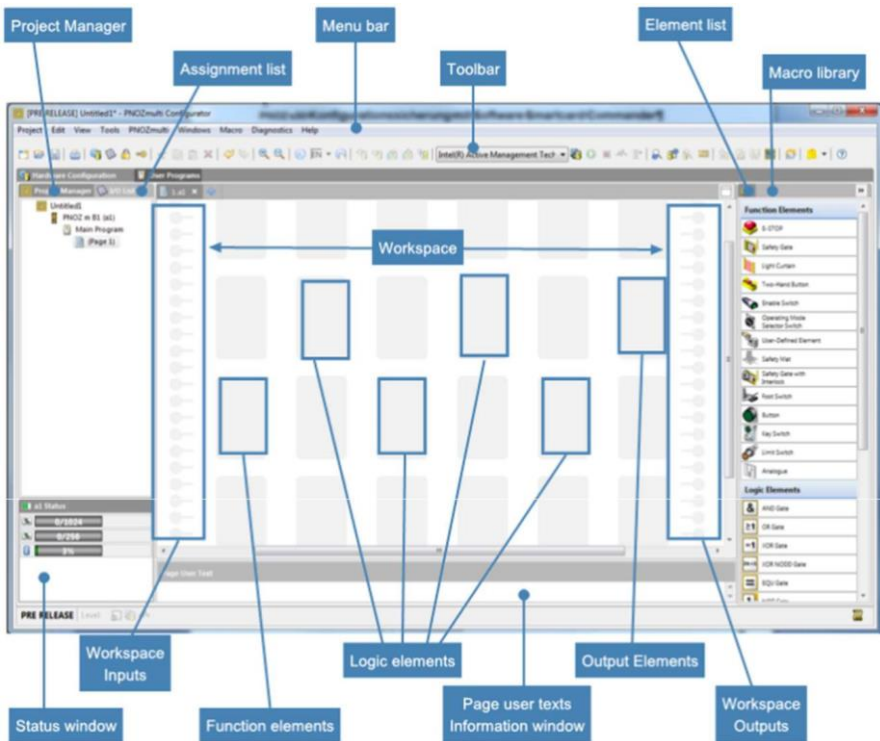


Рис. 1.2.2. Робоча область програми PNOZmulti Configurator.

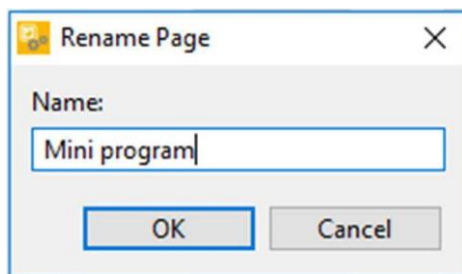


Рис. 1.2.3. Вікно Rename Page.

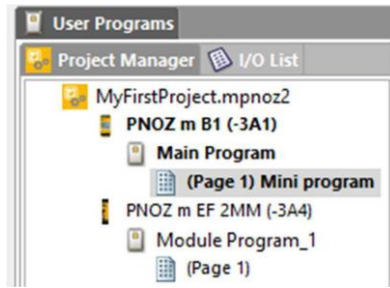


Рис. 1.2.4. Вкладка Project Manager.

1.2.2. Активація входу

З'єднувальні контакти зліва можна активувати як входи та виходи (рис. 1.2.1).

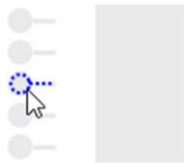


Рис. 1.2.1. З'єднувальні контакти.

Контекстне меню відкривається правою кнопкою миші „Activate...” (рис. 1.2.2). Відкриється вікно Activate Input/Output (рис. 1.2.3).

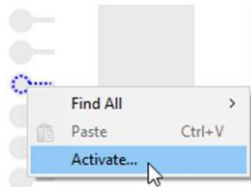


Рис. 1.2.2. Активація входів та виходів.

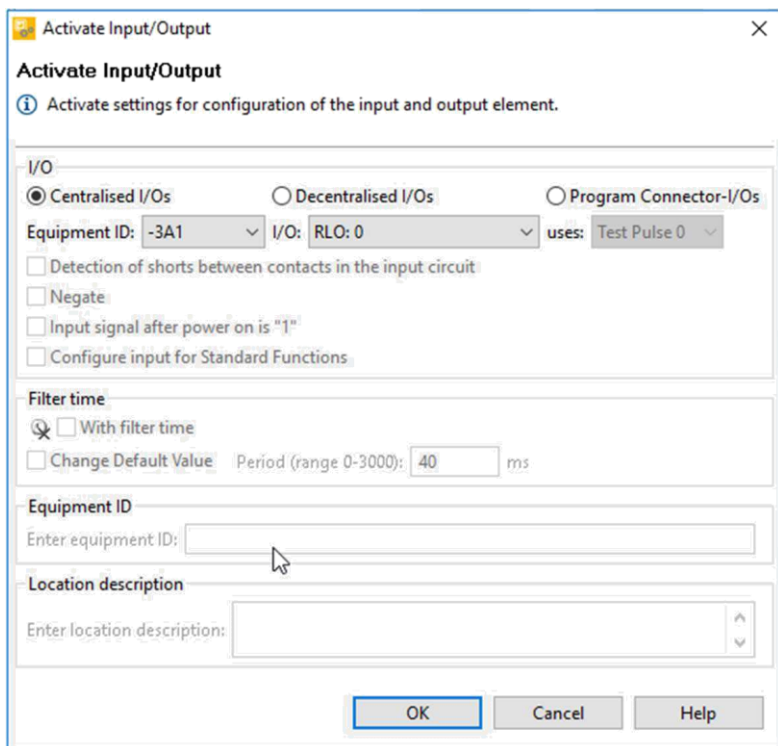


Рис. 1.2.3. Вікно Activate Input/Output.

Виберіть „-3A3” ідентифікатор обладнання під I/O (рис. 1.2.4).

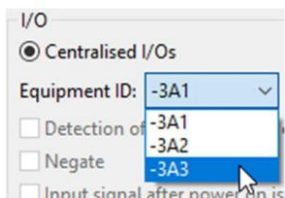


Рис. 1.2.4. Вибір ідентифікатора обладнання під I/O.

Виберіть вхід „Stop button” під I/O (рис. 1.2.5). Підтвердити натисканням „ОК”.

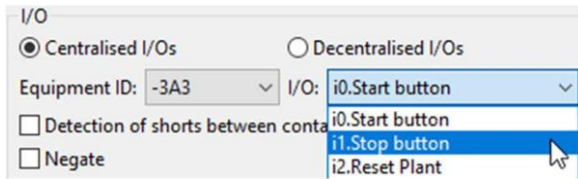


Рис. 1.2.5. Вибір входу „Stop button” під I/O.

Вхідні дані з’являться у лівій частині робочої області, а точка з’єднання – праворуч (рис. 1.2.6).

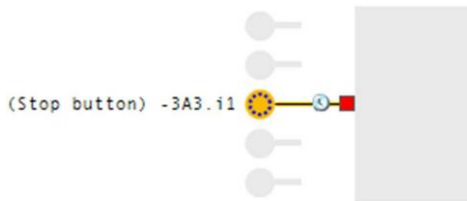


Рис. 1.2.6. Вибір входу „Stop button” під I/O.

1.2.3. Додавання блоку виводу

Відкрийте палітру та знайдіть місце для збереження.

Щоб отримати доступ до правого та останнього стовпця, у робочій області, потрібно перейти в крайній правий кут. Блоки можна вставляти за допомогою функції перетягування за допомогою палітри в категорії „Output elements” (рис. 1.2.7).

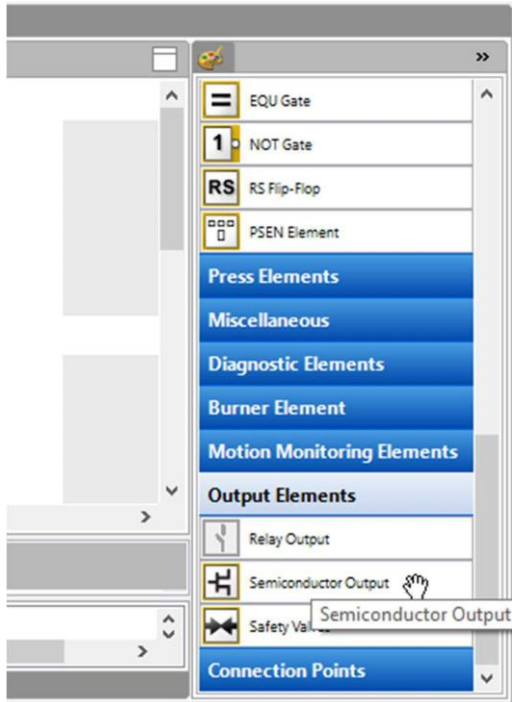


Рис. 1.2.7. Категорія „Output elements”.

Вставте блок, який визначає напівпровідниковий вихід. Перетягніть блок „Semiconductor output” у перший рядок останнього стовпця в робочій області (рис. 1.2.8).

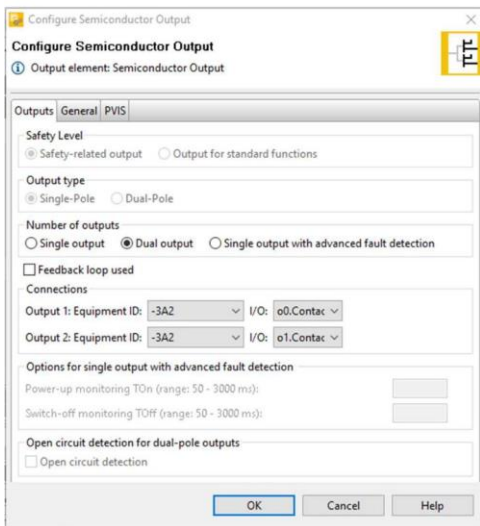
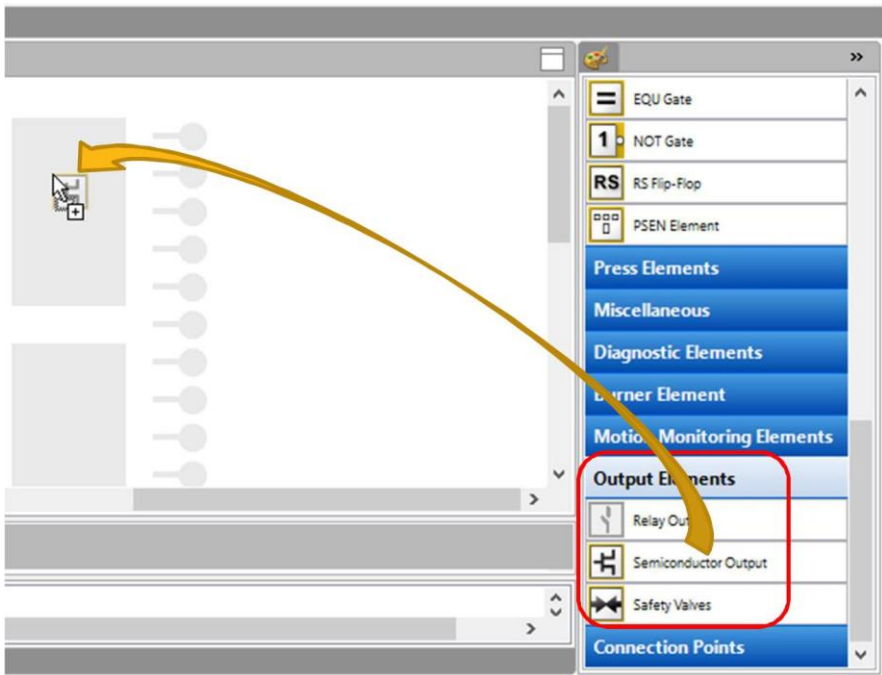


Рис. 1.2.8. Вставка блока „Semiconductor output”.

Виберіть один вихід „Single output” у розділі „Number of outputs” (рис. 1.2.9).



Рис. 1.2.9. Вибір один вихід „Single output” у розділі „Number of outputs” вкладки „Outputs”.

Виберіть ідентифікатор обладнання „-3A3” у розділі „Connections” (рис. 1.2.10).



Рис. 1.2.10. Вибір ідентифікатора обладнання.

Виберіть вхід/вихід (I/O) кнопка „o1.Lamp_Stop button” у розділі „Connections” (рис. 1.2.11). Підтвердіть натисканням „ОК”.

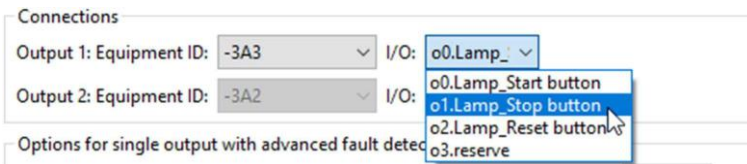


Рис. 1.2.11. Вибір I/O.

Вихідні дані з’являться в правій частині робочої області з точкою підключення ліворуч (рис. 1.2.12).

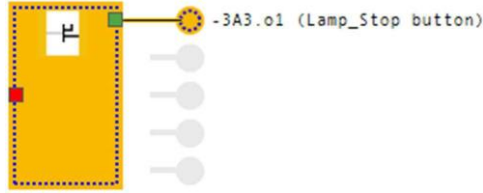


Рис. 1.2.12. Вихідні дані підключення.

1.2.4. Підключення входу до вихідного блоку

Перетягніть робочу область із вікна вгору так, щоб було видно модуль введення та виведення. Робочий простір можна згорнути або розгорнути у поданні. Для цього скористайтесь функцією збільшення під пунктом меню „View -> Scale” (рис. 1.2.13).

Підключіть точки підключення. Наведіть вказівник миші на червоний квадрат (точка з’єднання) ліворуч від вводу та клацніть по ньому. Червона точка з’єднання стає жовтою, як і всі інші точки з’єднання, які можна з’єднати (рис. 1.2.13).

З’єднайте дві точки з’єднання одну з одною.

Програма готова для завантаження у контролер.

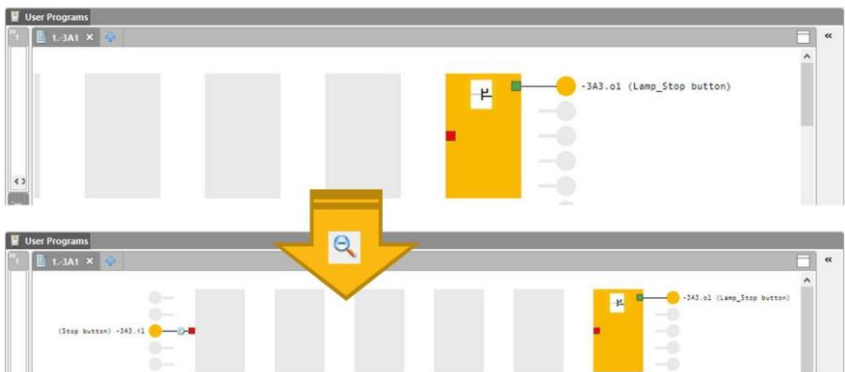
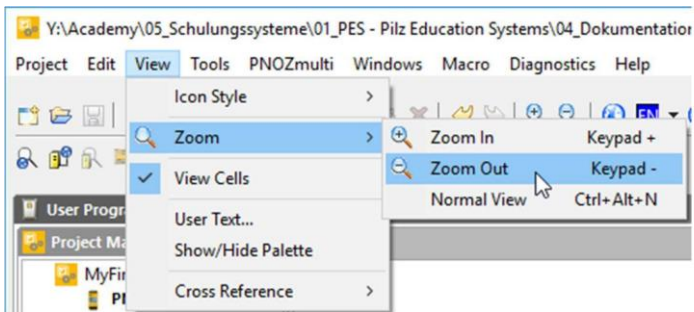


Рис. 1.2.13. Підключення входу до вихідного блоку.

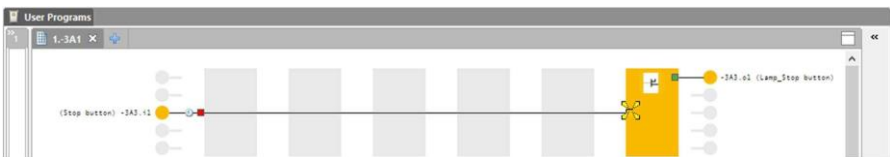


Рис. 1.2.14. Підключення точок з'єднання.

1.3. Завдання

1. Ознайомтеся із прикладом виконання.
2. Завантажте програму PNOZmulti.
3. Створіть проект Mini program.
4. Оформіть звіт про виконання лабораторної роботи.

Лабораторна робота № 2

«Побудова системи безпеки категорії В»

2.1. Короткі теоретичні відомості

Згідно існуючої на даний час нормативної бази, структурні вимоги (категорія, архітектура підсистем) до систем управління машин і механізмів, які пов'язані з безпекою, класифікуються за наступними категоріями: В, 1, 2, 3, 4.

Категорія В – базова категорія (рис. 2.1.1). Пов'язані з безпекою елементи системи управління повинні бути, як мінімум, сконструйовані відповідно до сучасного рівня техніки і повинні протистояти очікуванім зовнішнім впливам.

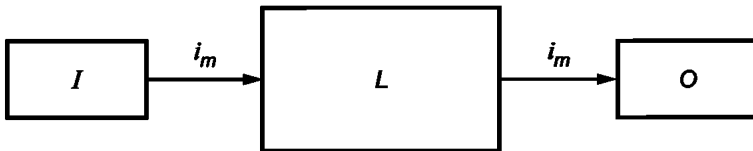


Рис. 2.1.1. Структурна побудова для категорії В: i_m – засоби зв'язку; I – вхідний пристрій (наприклад давач); L – логічний блок; O – вихідний пристрій (наприклад головний контактор).

2.2. Приклад виконання

Створення проекту в PNOZmulti Configurator.

Структура програми в редакторі Multi Editor представлена на рис. 2.2.1.

Розширте свою програму, включивши нову сторінку під назвою „Page 2 Safety”. Додайте сторінку. Ліворуч перейдіть до головної програми через Project Manager і клацніть правою кнопкою миші, щоб викликати контекстне меню Insert Page (рис. 2.2.2–2.2.5).

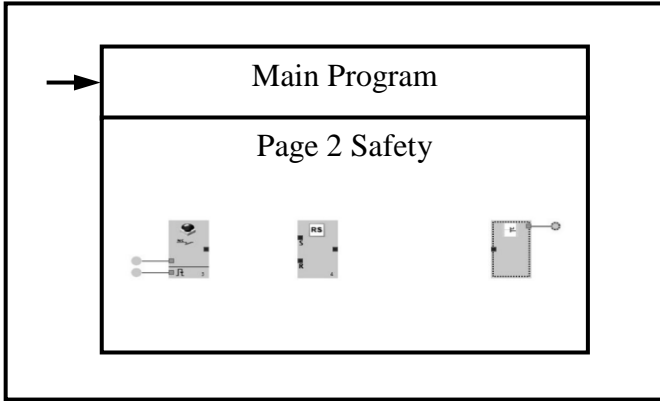


Рис. 2.2.1. Структура програми в редакторі Multi Editor.

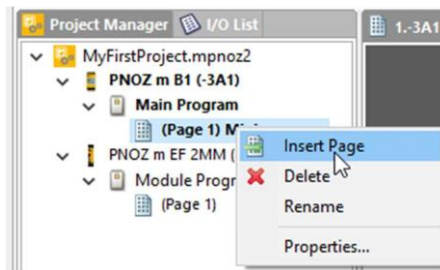


Рис. 2.2.2. Контекстне меню Insert Page.

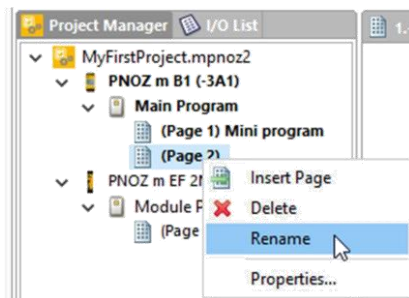


Рис. 2.2.3. Створення сторінки Page 2 у Main Program.

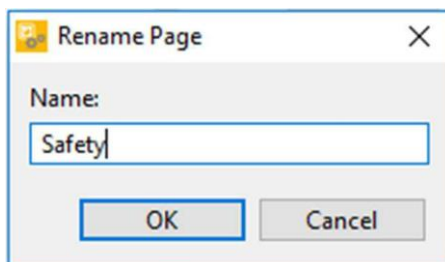


Рис. 2.2.4. Вікно Rename Page.

Підтвердить натисканням „OK”.

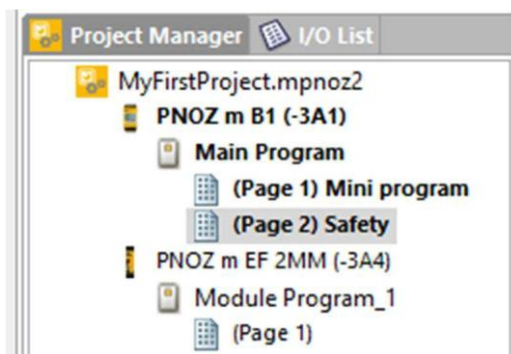


Рис. 2.2.5. Вкладка Project Manager.

2.2.1. Додавання блоків

Відкрийте палітру та знайдіть місце для зберігання. Блоки можна вставляти за допомогою функції перетягування з палітри під відповідними категоріями (рис. 2.2.6).

Кожен стовпець зарезервовано для одного типу блоку. Необхідно дотримуватися трьох розділів з можливими блоками (рис. 2.2.7).

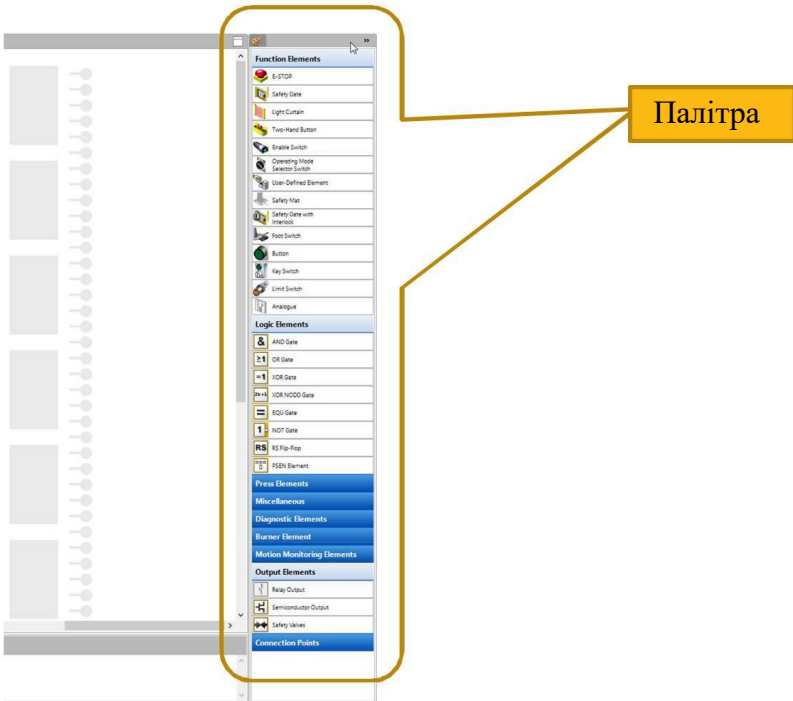


Рис. 2.2.6. Вкладка „Палітра” з відповідними категоріями.



Точкові елементи

Рис. 2.2.7. Вікно структури програми.

2.2.2. Блок вводу

Перетягніть блок „E-STOP” в перший рядок першого стовпця робочої області (рис. 2.2.8).

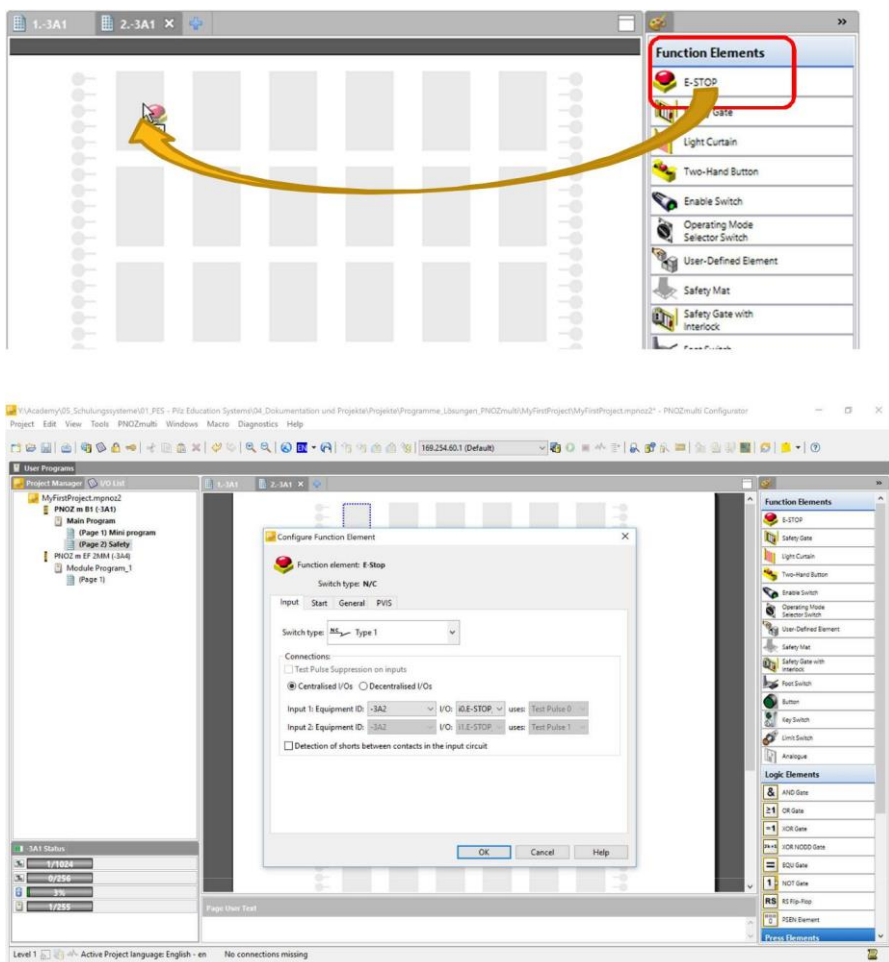


Рис. 2.2.8. Вставка блоку „E-STOP”.

Перевірте апаратну адресу. Виберіть наступний ідентифікатор обладнання в розділі Connections для введення (рис. 2.2.10).

Input 1 встановлено на ідентифікатор обладнання „-3A2”.

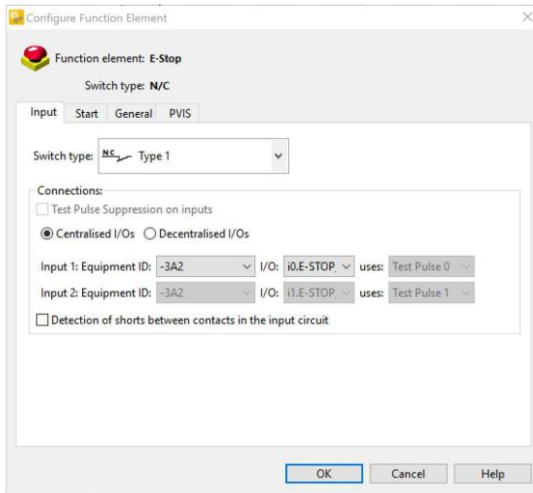


Рис. 2.2.9 Вікно Configure Functional Element.

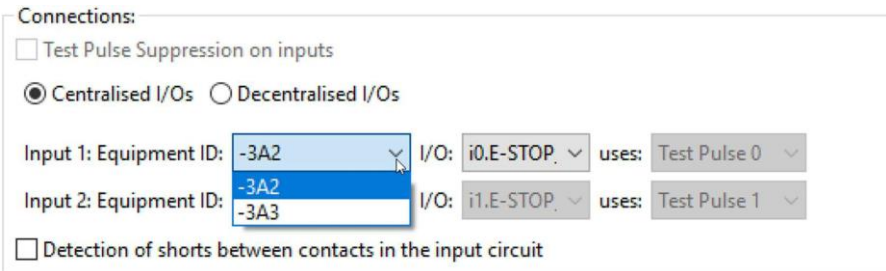


Рис. 2.2.10. Розділ Connections.

Виберіть наступний вхід/вихід у розділі Connections для входу.

Вхід 1 налаштовано на „i0” I/O. Перший канал кнопки E-STOP встановлено на i0 (рис. 2.2.11).

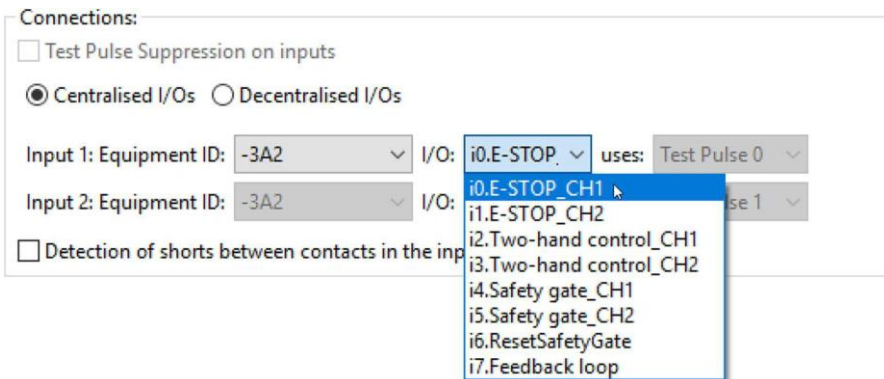


Рис. 2.2.11. Розділ Connections.

Визначте тип запуску. Типи запуску можна налаштувати на вкладці „Start” (рис. 2.2.12).

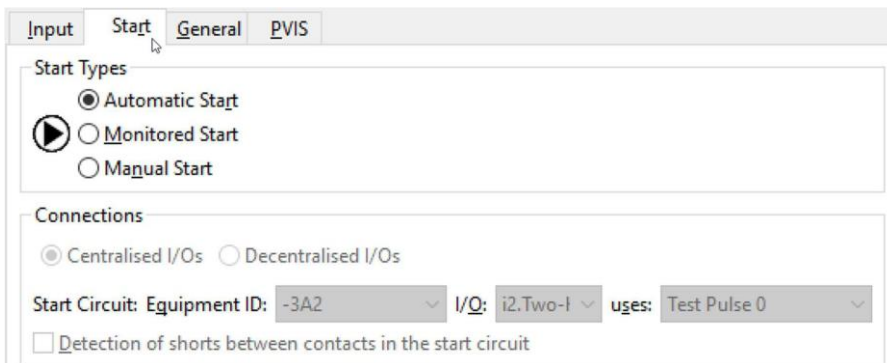


Рис. 2.2.12 Вкладка Start.

Виберіть тип запуску „Monitored Start” (рис. 2.2.13).

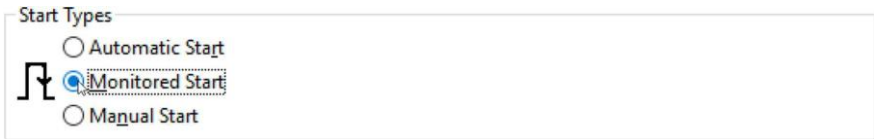


Рис. 2.2.13. Розділ Start Types.

Виберіть наступний ідентифікатор обладнання в розділі Connections для Monitored Start.

Кнопка скидання встановлена на ідентифікатор обладнання „-3A3” (рис. 2.2.14).

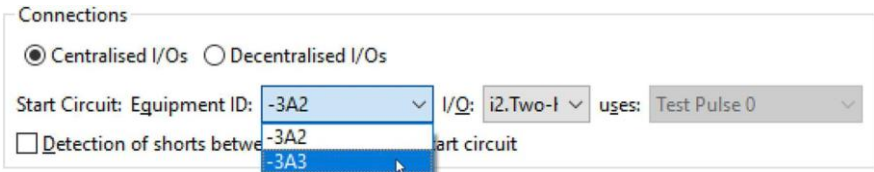


Рис. 2.2.14. Розділ Connections.

Виберіть наступний вхід/вихід у розділі Connections для Monitored Start. Кнопку скидання встановлено на „i2” I/O. Кнопка скидання встановлена на i2 (рис. 2.2.15).

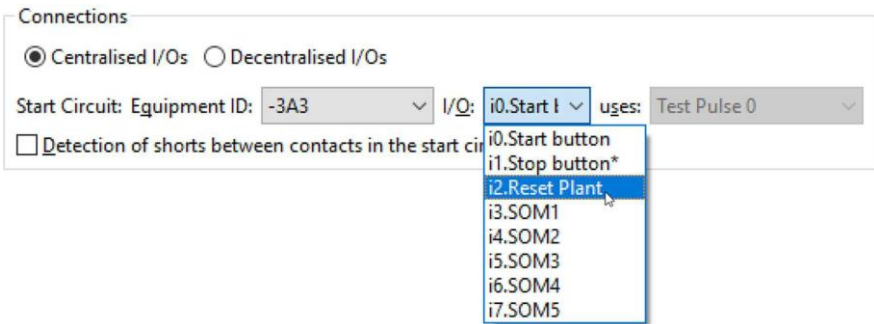


Рис. 2.2.15. Розділ Connections.

Connections

Centralised I/Os Decentralised I/Os

Start Circuit: Equipment ID: I/O: uses:

Detection of shorts between contacts in the start circuit

Рис. 2.2.16. Розділ Connections.

У вкладці „General” вкажіть ідентифікатор обладнання. Введіть текст „Emergency stop” рядку „Enter equipment ID” (рис. 2.2.17).

Input Start General PLVIS

Delay Time

Change Default Value Period (range 0-3000): ms.

Element ID

Activate diagnostics

Select Element ID:

Equipment ID

Enter equipment ID: Emergency stop

Location description

Enter location description:

Рис. 2.2.17. Вкладка „General”.

Натисніть на .

Блок додається в робочу область. Налаштування можна переглянути прямо на блоці (рис. 2.2.18).

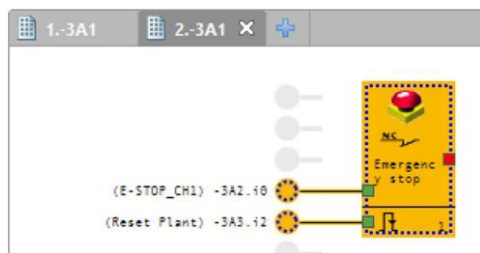


Рис. 2.2.18. Блок „Emergency stop”.

2.2.3. Створення (активація) входів

Активуйте кнопку запуску входу.

У робочій зоні входів можна активувати окремі точки підключення (рис. 2.2.19)

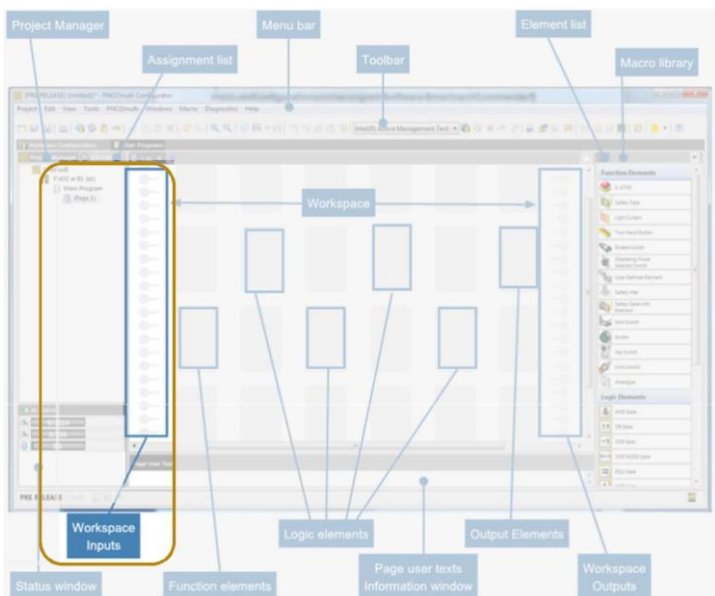


Рис. 2.2.19. Робоча область програми PNOZmulti Configurator.

Клацання правою кнопкою миші безпосередньо на вході відкриває контекстне меню (рис. 2.2.20).

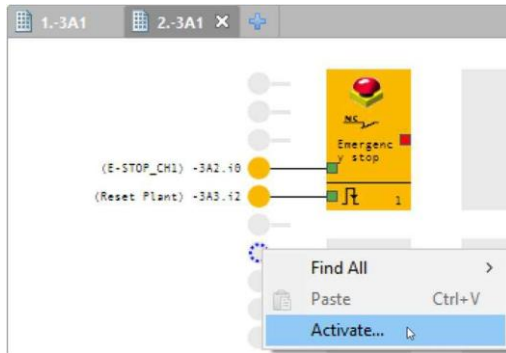


Рис. 2.2.20. Контекстне меню входу.

Виберіть „Activate ...” (рис. 2.2.21).

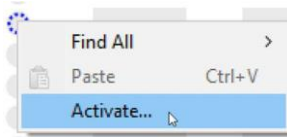


Рис. 2.2.21. Активація контекстного меню.

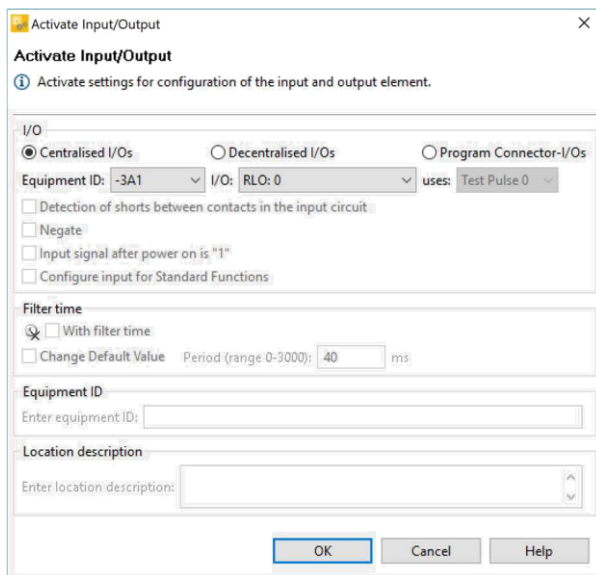


Рис. 2.2.22. Вікно „Activate Input/Output”.

Виберіть наступний ідентифікатор обладнання в розділі I/O для кнопки запуску. Кнопка запуску встановлена на ідентифікатор обладнання „-3A3” (рис. 2.2.23).

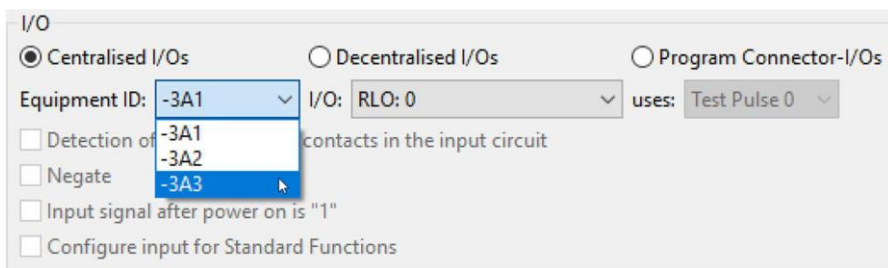


Рис. 2.2.23. Розділ I/O.

Виберіть наступний вхід/вихід у розділі вводу/виводу для кнопки Start button”.

Кнопка запуску встановлена на „i0” I/O. Кнопка Start button” встановлена на i0 (рис. 2.2.24).

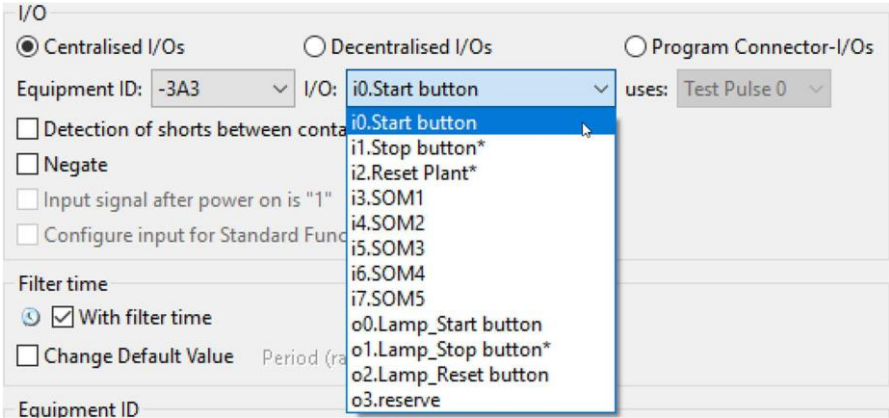


Рис. 2.2.24. Розділ I/O.

Натисніть на .

Підключення додається до робочої області (рис. 2.2.23).

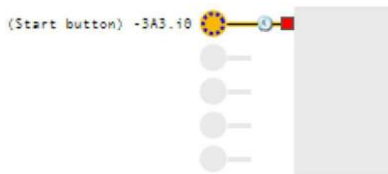


Рис. 2.2.25. Підключення кнопки „Start button”.

Активуйте кнопку зупинки вводу. Зробіть те ж саме для кнопки зупинки.

Клацання правою кнопкою миші на вході безпосередньо відкриває контекстне меню (рис. 2.2.25).

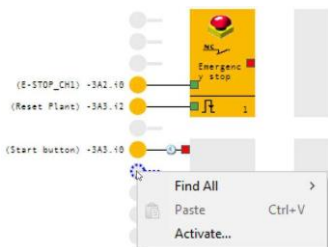


Рис. 2.2.26. Контекстне меню входу.

Виберіть „Activate ...” (рис. 2.2.27).

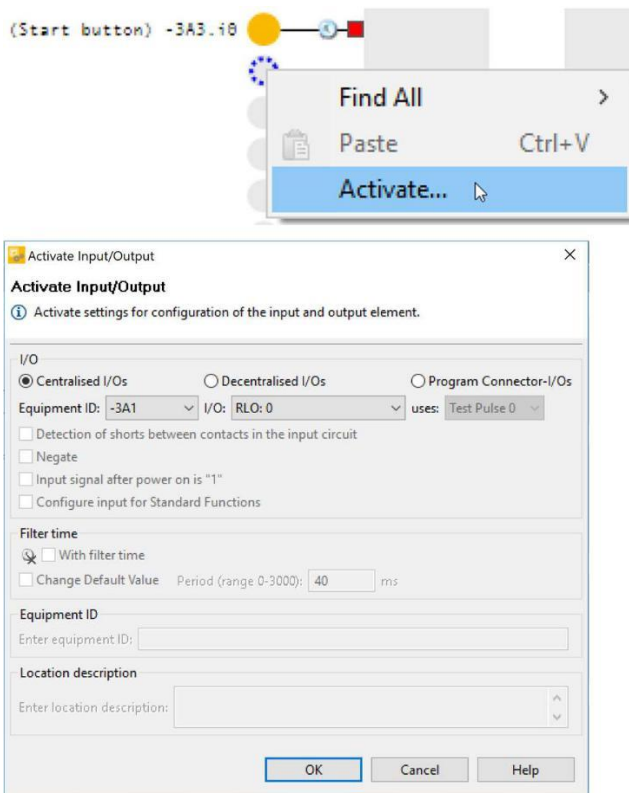


Рис. 2.2.27. Вікно „Activate Input/Output”.

Виберіть наступний ідентифікатор обладнання в розділі I/O для кнопки запуску.

Кнопка запуску встановлена на ідентифікатор обладнання „-3A3” (рис. 2.2.28).

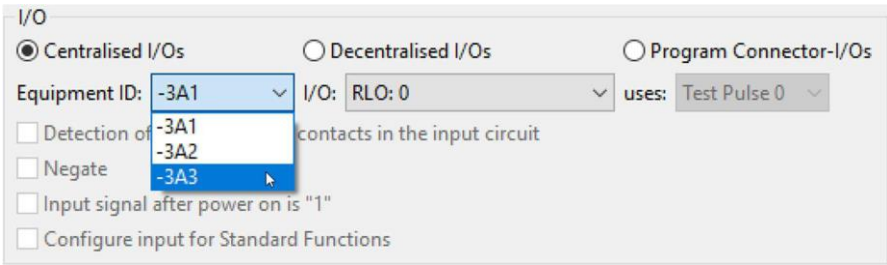


Рис. 2.2.28. Розділ I/O.

Виберіть наступний вхід/вихід у розділі I/O для кнопки „Stop button”.

Кнопка „Start button” встановлена на „i0” I/O. Кнопка „Stop button” встановлена на „i1” (рис. 2.2.29).

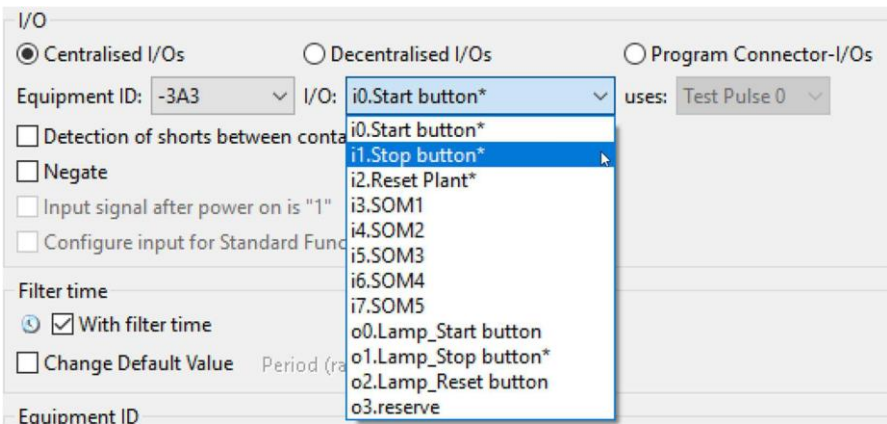


Рис. 2.2.29. Розділ I/O.

Натисніть на . Підключення додається до робочої області (рис. 2.2.30).

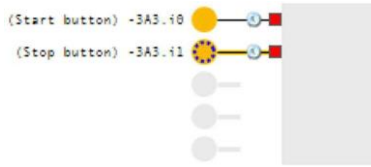


Рис. 2.2.30. Підключення кнопки „Stop button**”.

2.2.4. Встановлення логічних блоків „RS тригер” та „OR”

Вставте логічний блок „RS Flip-Flop”.

Перетягніть блок „RS Flip-Flop” у перший рядок середніх стовпців у робочій області. Ви знайдете блок у категорії „Logic Elements” (рис. 2.2.31).

Натисніть на .

Блок додається в робочу область. Налаштування можна переглянути прямо на блоці (рис. 2.2.32).

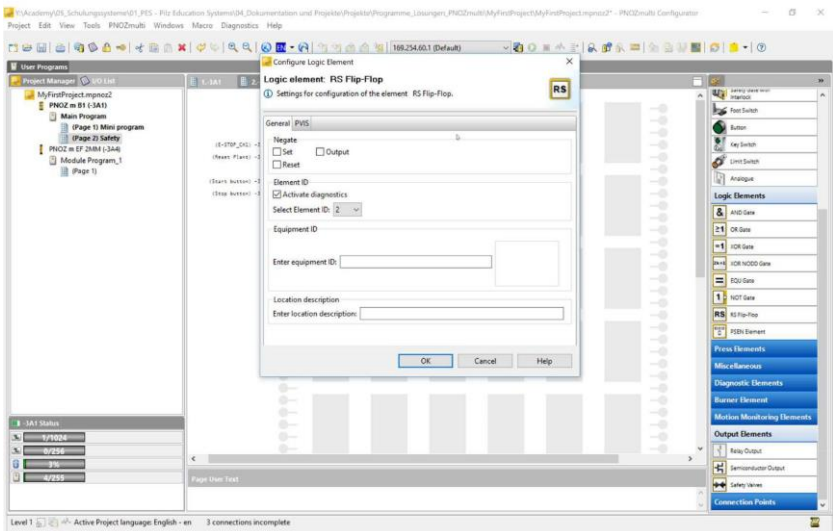
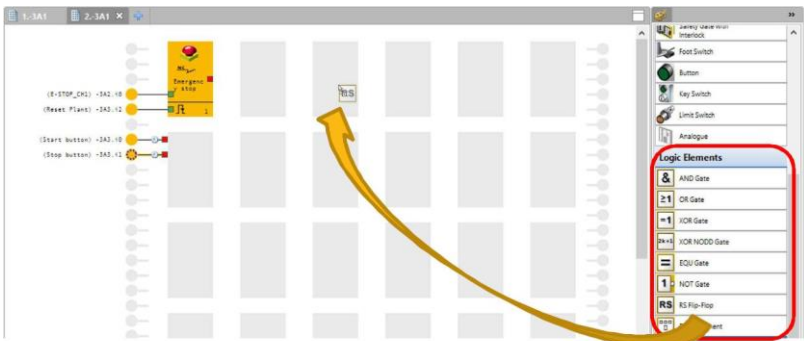


Рис. 2.2.31. Рабочая область программы PNOZmulti Configurator.

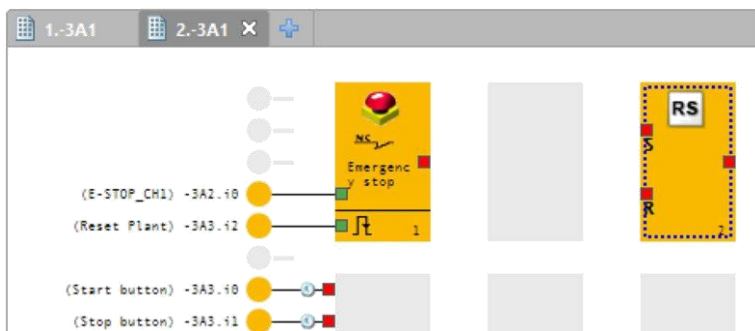


Рис. 2.2.32. Блок „RS Flip-Flop”.

Вставте логічний блок „OR Gate”. Перетягніть блок „OR Gate” у другий рядок середніх стовпців робочої області. Блок можна знайти в категорії „Logic Elements” (рис. 2.2.33).

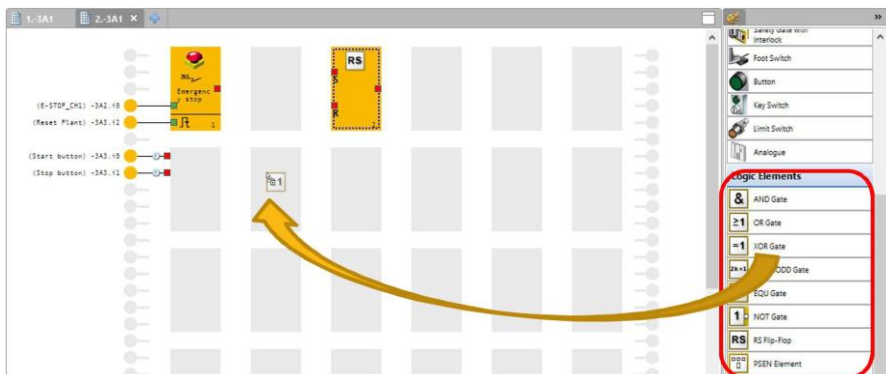


Рис. 2.2.33. Вставка блоку „OR Gate”.

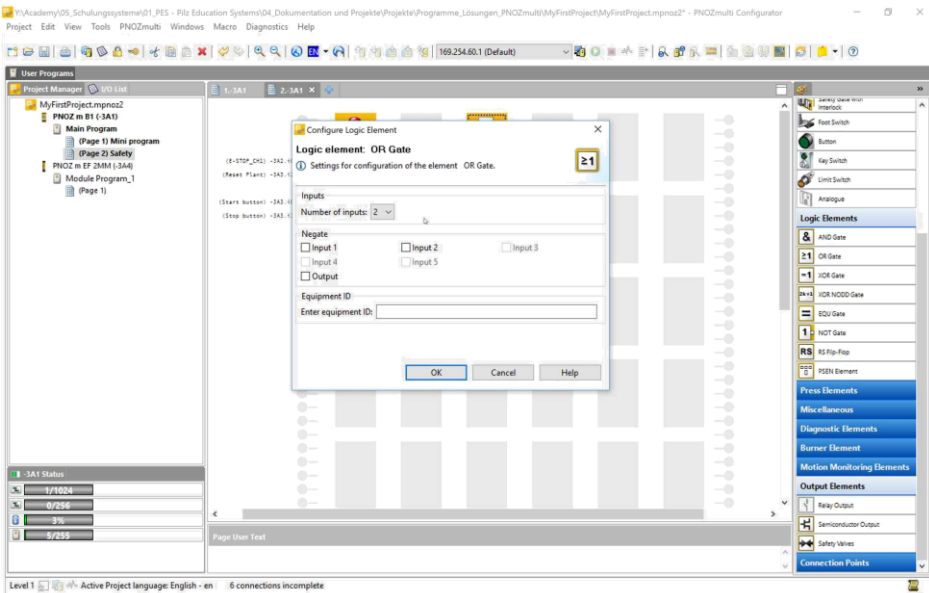


Рис. 2.2.34. Нобоча область програми PNOZmulti Configurator з вікном „Configure Logic Element”.

Змініть параметри вхідних інтерфейсів. У розділі „Negate” встановіть галочки біля Input 1 і Input 2 та ігноруйте два входи (рис. 2.2.35).

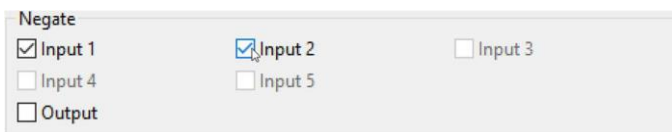
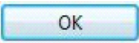


Рис. 2.2.35. Розділ „Negate”.

Натисніть на . Блок додається в робочу область. Налаштування блоку можна переглянути прямо на блоці (рис. 2.2.36).

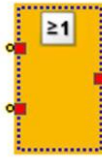


Рис. 2.2.36. Налаштування блоку „OR Gate”.

2.2.5. Блок виходу та зміна і налаштування вихідних параметрів

Вставте блок „Semiconductor output”. Перетягніть блок „Semiconductor output” у перший рядок останнього стовпця в робочій області (рис. 2.2.37).

Змініть кількість виходів. Встановіть блок на „Single output” (рис. 2.2.38).

Додайте цикл зворотного зв'язку (Feedback loop used) (рис. 2.2.39).

Виберіть наступний ідентифікатор обладнання в розділі Connections для виходу.

Output 1 встановлено на ідентифікатор обладнання „-3A2” (рис. 2.2.40).

Виберіть наступний вхід/вихід у розділі Connections для контактора.

Output 1 встановлено на „o0” I/O (рис. 2.2.41).

Натисніть на .

Блок додається в робочу область. Налаштування можна переглянути прямо на блоці (рис. 2.2.42).

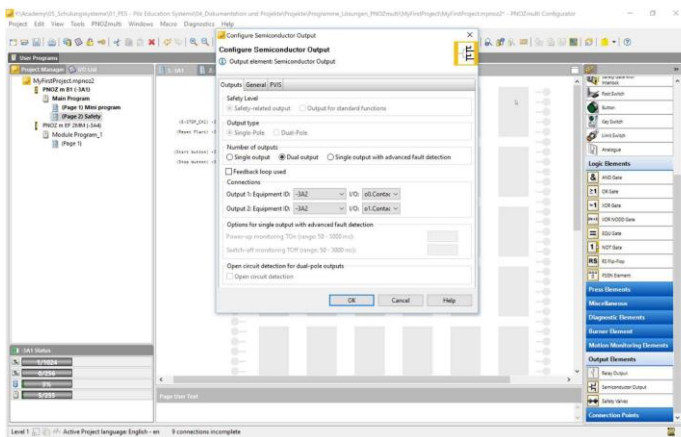
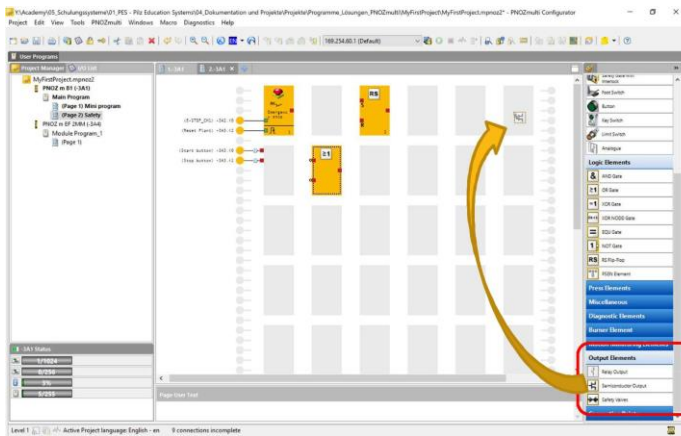


Рис. 2.2.37. Робоча область програми PNOZmulti Configurator.

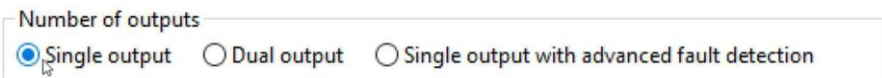


Рис. 2.2.38. Встановлення кількості виходів у розділі Number of outputs.

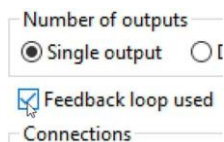


Рис. 2.2.39. Встановлення зворотного зв'язку (Feedback loop used).

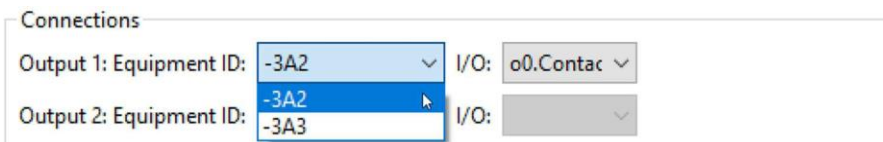


Рис. 2.2.40. Встановлення індекса обладнання у розділі Connections.

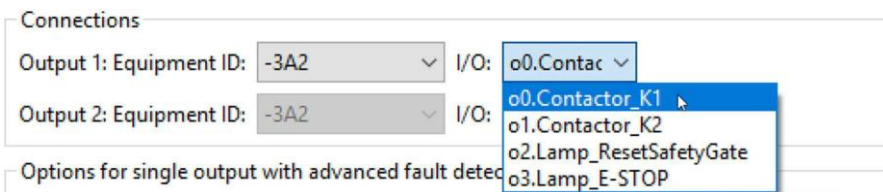


Рис. 2.2.41. Встановлення на „o0.Contactor_K1”.

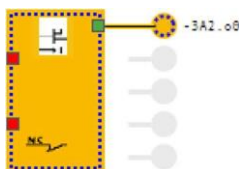


Рис. 2.2.42. Налаштування блоку „Semiconductor output”.

Активуйте контур зворотного зв'язку. Як і у випадку з кнопками „Start” і „Stop” у робочій області повинен бути активований ланцюг зворотного зв'язку на входах.

Клацніть правою кнопкою миші на виході, відкриється контекстне меню (рис. 2.2.43).

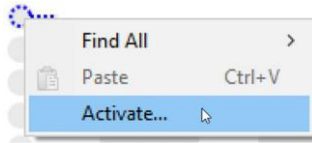


Рис. 2.2.43. Контекстне меню.

Виберіть „Activate...”.

Виберіть наступний ідентифікатор обладнання в розділі I/O для циклу зворотного зв'язку.

Кнопка запуску встановлена на ідентифікатор обладнання „-3A2” (рис. 2.2.44).

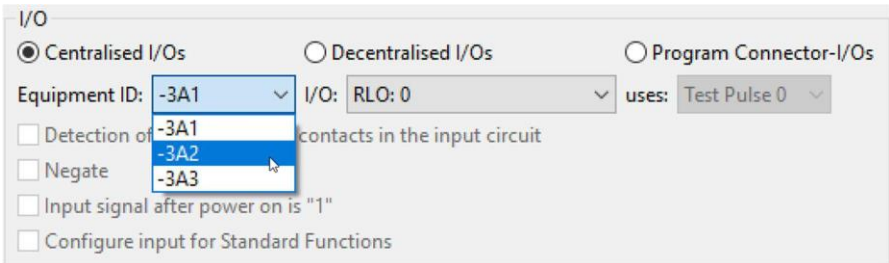


Рис. 2.2.44. Розділ I/O.

Виберіть наступний вхід/вихід у розділі вводу/виводу для циклу зворотного зв'язку. Feedback loop встановлено на „i7” I/O. Контакти Feedback loop (нормально замкнутий контакт, I/O) підключені до i7 за допомогою контакторів K1 і K2 (рис. 2.2.43) схема підключення представлена на рис. 2.2.44.

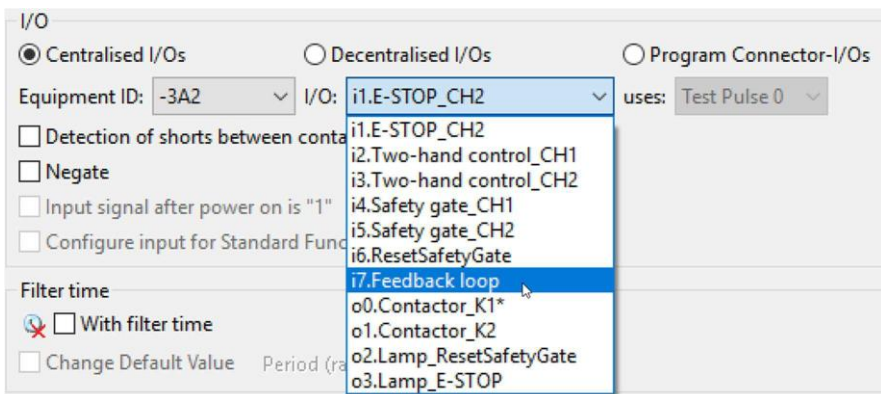


Рис. 2.2.43. Контакти Feedback loop в розділі I/O.

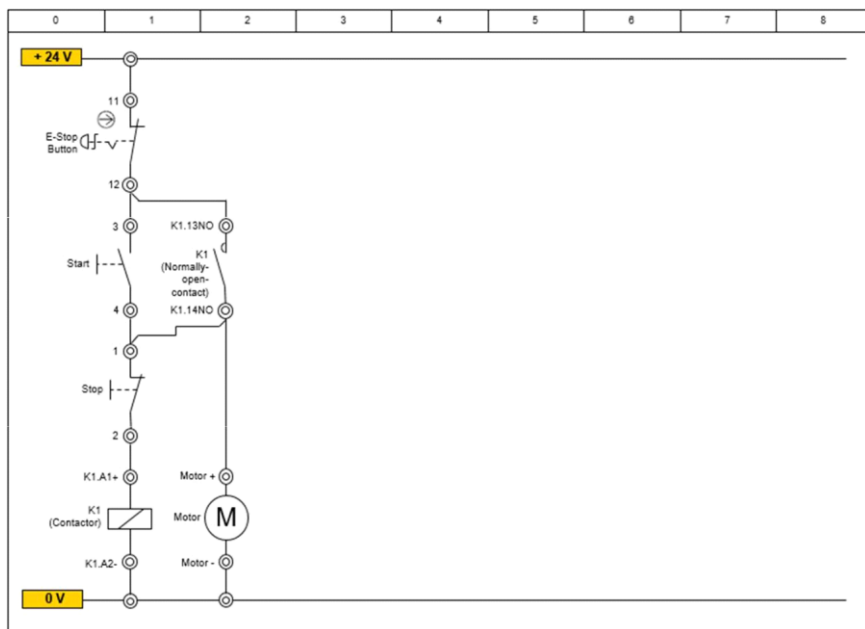
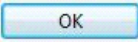


Рис. 2.2.44. Схема підключення.

Натисніть на . Підключення додається до робочої області (рис. 2.2.45).

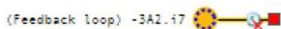


Рис. 2.2.45. Фрагмент робочої області.

2.2.6. З'єднання блоків

Підключіть аварійну зупинку та кнопку зупинки до „Or Gate” (рис. 2.2.47).

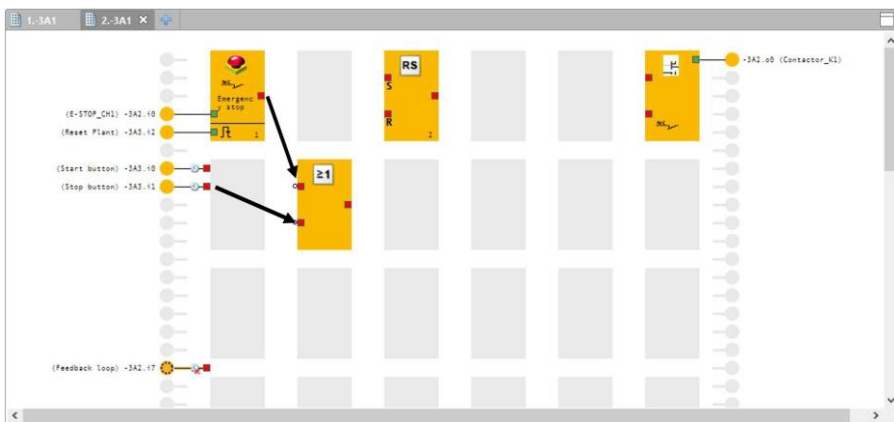


Рис. 2.2.47. Фрагмент робочої області програми PNOZmulti Configurator.

Підключіть вихід, що відноситься до „Or Gate”, до входу „11”, що відноситься до тригера RS-тригера (рис. 2.2.48).

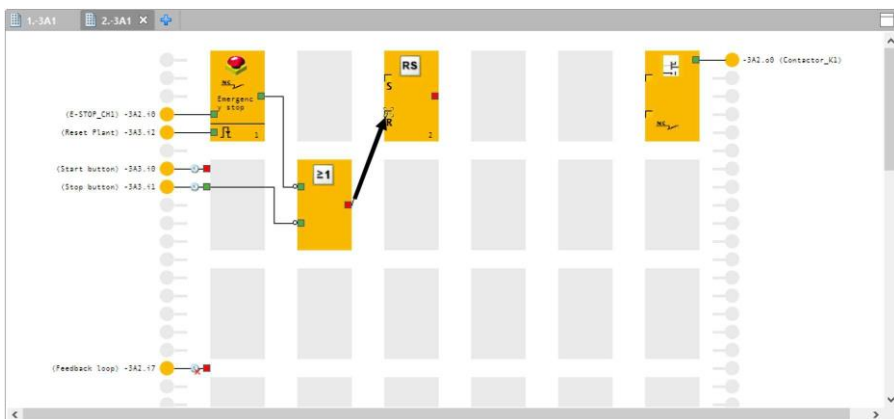


Рис. 2.2.48. Фрагмент робочої області програми PNOZmulti Configurator.

Підключіть кнопку „Start button” до входу „S”, що відноситься до RS-тригера (рис. 2.2.49).

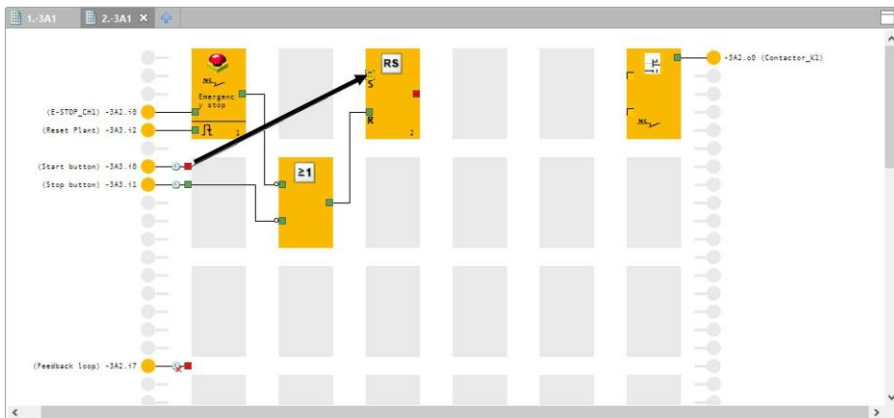


Рис. 2.2.49. Фрагмент робочої області програми PNOZmulti Configurator.

Підключіть вихід тригера RS- тригера до входу напівпровідникового виходу (рис. 2.2.50).

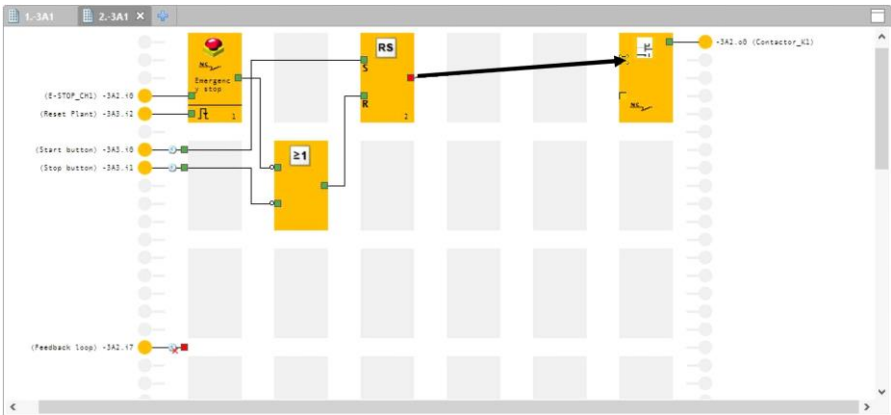


Рис. 2.2.50. Фрагмент робочої області програми PNOZmulti Configurator.

2.3. Завдання

1. Ознайомтеся із прикладом виконання.
2. Завантажте програму PNOZmulti.
3. Створіть проект Safety.
4. Оформіть звіт про виконання лабораторної роботи.

Список використаних джерел

1. ДСТУ EN ISO 13849-1:2018 «Безпека машин. Деталі систем управління, пов'язані з забезпеченням безпеки. Частина 1. Загальні принципи проектування».
2. IEC 62061 «Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems».