

ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРНИХ МАКЕТІВ ДЛЯ НАЛАГОДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОГРАМ ПЛК

професор, к.т.н., Новоселов С.П., доцент, к.т.н., Сичова О.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра КІТАМ, м. Харків, Україна
e-mail: sergiy.novoselov@nure.ua, oksana.sychova@nure.ua

Abstract. This work considers the possibility of using digital duplicates of automation devices in a laboratory workshop. Also shown is one of the possible implementations of a universal software platform for creating virtual devices using the example of a dosing device. The possibility of applying the method of synthesis of a relay-contact circuit based on RS-triggers is demonstrated.

Вступ. На етапі підготовки фахівців, в процесі навчання, коли досвіду роботи з програмованими логічними контролерами (ПЛК) ще недостатньо, лабораторні макети відіграють найважливішу роль – розвивають навички в інженерів передбачувати можливі наслідки від помилки в програмі. Для цього створюються макети реальних пристроїв, верстатів або навіть цілих автоматизованих виробничих ділянок.

Перевага лабораторних макетів – це можливість наочно побачити результати роботи програми для ПЛК в дії на прикладі реального обладнання. В останні роки навчання переважно відбувається онлайн з використанням дистанційних технологій. В таких умовах використовувати реальні лабораторні макети виявляється практично неможливо. Тому створення віртуальних цифрових двійників пристроїв автоматизації є актуальною задачею, вирішення якої значно підвищить рівень підготовки фахівців у відповідній галузі. Концепція віртуальних макетів передбачає можливість як найповніше імітувати поведінку реальних пристроїв. Це стосується і анімації переміщення рухомих частин приладу, і способів підключення до самого макету. В даній роботі подано одну з можливих реалізацій універсальної програмної платформи на прикладі дозуючого пристрою.

Основна частина.

В основу платформи була закладена можливість взаємодії з віртуальним пристроєм через декілька комунікаційних протоколів: Serial Protocol, Modbus TCP/IP, Inter-Process Communication. В процесі навчання основам програмування ПЛК, а також основам застосування електропневмоавтоматичних приводів для автоматизації технологічних процесів використовується програмний засіб LDmicro [1]. Цей проєкт динамічно розвивається, має відкритий вихідний код та перетворює звичайний мікроконтролер в «промисловий» контролер, що програмується за допомогою технологічної мови LD. Наявність відкритого коду дало можливість зробити необхідні зміни в роботі програми та додати таку

функцію, як обмін даними між зовсім незалежними програмами через іменовані канали (Named Pipes) за допомогою технології IPC (Inter-Process Communication) [2].

Створена універсальна платформа складається з трьох рівнів: комунікаційного, обробки даних, візуалізації. Загальний комунікаційний рівень використовується для взаємодії зі сторонніми програмними середовищами розробки технологічних програм, або навіть з апаратними засобами. Рівень накопичення та обробки даних використовується для обміну інформацією між нижнім і верхнім рівнями. На даному рівні виконується інтерпретація змінних, що використовуються у технологічній програмі та масивами даних, з якими працюють графічні компоненти. Візуалізація процесу відбувається на верхньому рівні. Він створюється засобами програмування мовою C# та його зовнішній вигляд залежить від принципу дії того макету, дія якого симулюється і може бути реалізована як 3D або 2D-анімація. За допомогою вбудованого редактора властивостей призначаються змінні та закріплюються за відповідними графічними компонентами. В подальшому, отриманні дані візуалізуються, а динамічні компоненти, наприклад, кнопки, генерують потік інформації, яка впливає на хід роботи технологічної програми. Таким чином відбувається емуляція роботи реального пристрою.

Розглянемо приклад вирішення задачі автоматизації дозуючого пристрою з наступними умовами. У вихідному положенні ємність порожня і всі крани перекриті. Кнопка «Пуск» запускає роботу пристрою на один цикл. З надходженням сигналу a кнопки «Пуск», спрацьовує датчик першого крану K_1 і у дозуючій пристрій наливається рідина 1 поки не спрацює датчик d_1 – датчик потрібного об'єму рідини 1 (рис. 1, а). Після спрацьовування датчика, K_1 закривається і відкривається K_3 , через який рідина 1 зливається у ємність. Після спрацьовування датчика d_0 , який показує, що дозуючий пристрій порожній, відкривається кран K_2 , що наповнює пристрій рідиною 2 до рівня d_2 . Після цього рідина 2 також зливається у ємність. Якщо кнопка «Пуск» натиснена, то цикл повторюється спочатку, якщо ні, то повертаємося у початкове положення.

Таким чином, станів, в яких перебуває система, буде шість:

– 1 – початковий ($K_1 = 0, K_2 = 0, K_3 = 0$);

– 2 – наливається рідина 1, $K_1 = 1$;

– 3 – виливається рідина 1, $K_3 = 1$;

– 4 – наливається рідина 2, $K_2 = 1$;

– 5 – виливається рідина 2, $K_3 = 1$;

– 6 – повернення у початковий стан ($K_1 = 0, K_2 = 0, K_3 = 0$).

Графоперехід за умовою задачі подано на рис. 1, б. Запишемо рівняння які визначають умови вмикання тригерів [3]:

$$S_{P_1} = d_2 \overline{p_2} p_3; \quad (1)$$

$$S_{P_2} = a \overline{p_1} \overline{p_3} + \overline{d_0} p_1 p_3; \quad (2)$$

$$S_{P_3} = d_1 \overline{p_1} p_2; \quad (3)$$

Умови скидання тригерів:

$$R_{P_1} = a p_2 \overline{p_3} + \overline{p_2} \overline{p_3}; \quad (4)$$

$$R_{P_2} = \overline{a} p_1 \overline{p_3} + \overline{d_0} \overline{p_1} p_3; \quad (5)$$

$$R_{P_3} = p_1 p_2; \quad (6)$$

Формули для вихідних змінних:

$$K_1 = \overline{p_1} p_2 \overline{p_3}; \quad (7)$$

$$K_2 = \overline{p_1} \overline{p_2} p_3; \quad (8)$$

$$K_3 = \overline{p_1} p_2 p_3 + p_1 \overline{p_2} p_3; \quad (9)$$

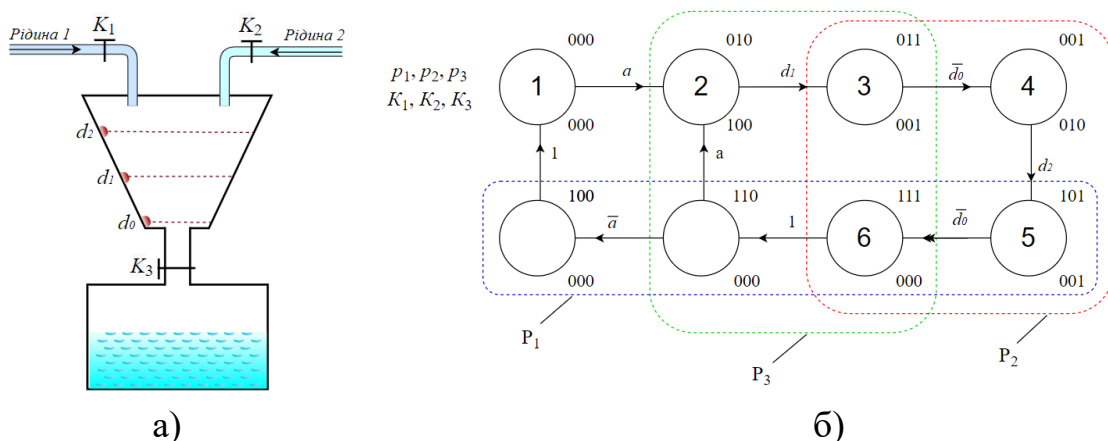


Рисунок 1 – Дозуючий пристрій (а) і граф переходів (б)

Віртуальний макет дозуючого пристрою (рис. 2) дозволяє провести експериментальні дослідження. Кнопки XSP_key1 та XSP_key2 макету вмикають перший та другий крани $YSPK_1$ та $YSPK_2$ відповідно. Червона кнопка XSP_key3 зливає рідину до резервуару, відкриваючи кран $YSPK_3$. Датчики XSP_sns1 , XSP_sns2 та XSP_sns3 призначені для регулювання потрібного рівня рідини у ємності дозуючого пристрою.

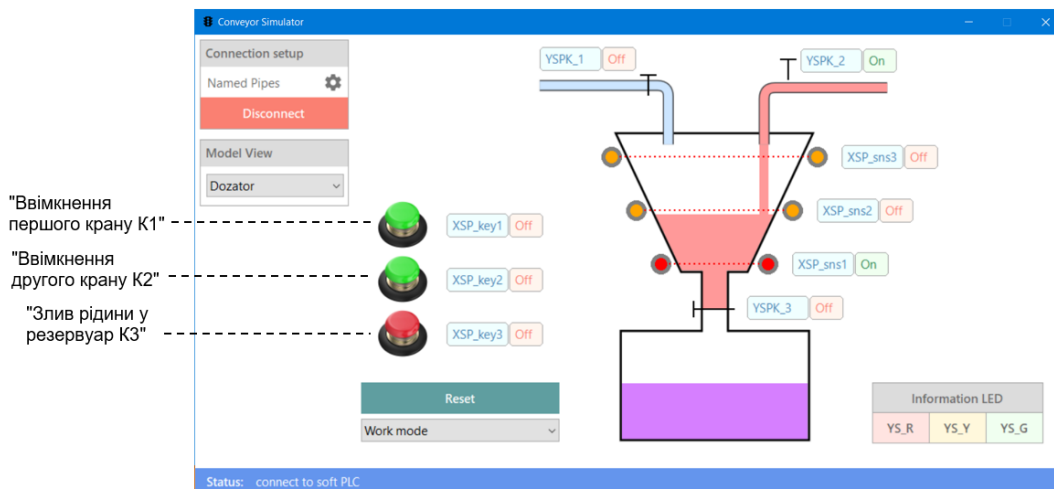


Рисунок 2 – Віртуальний макет дозуючого пристрою

Проміжні стани P_1 , P_2 та P_3 реалізовані внутрішніми контактами реле $Rp1$, $Rp2$ та $Rp3$ (рис. 3).

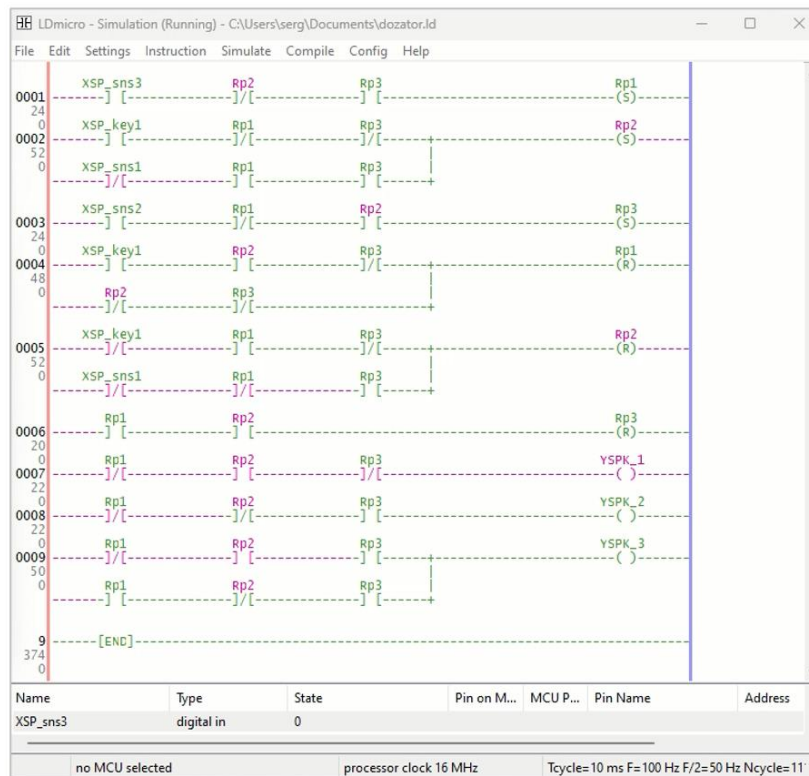


Рисунок 3 – Східчаста діаграма, що реалізує роботу дозуючого пристрою

Висновки. Таким чином, застосування віртуальних приладів в процесі дистанційного навчання дозволяє візуалізувати роботу розробленої програми і виявити помилки на стадії налагодження. Розглянутий приклад вирішення задачі автоматизації дозуючого пристрою наочно продемонстрував можливість застосування методики синтезу релейно-контактної схеми на основі RS-тригерів.

Список використаних джерел.

1. Електропневмоавтоматичні приводи в автоматизованих системах керування : навч. посіб. / І. Ш. Невлюдов, Л. О. Кривопляс-Володіна, С. П. Новоселов, О. В. Сичова ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2021. – 292 с. – ISBN 978-966-659-332-3 ; DOI: 10.30837/978-966-659-332-3.

2. Невлюдов І. Ш. Технологія програмування промислових контролерів в інтегрованому середовищі CODESYS : навч. посіб. / І. Ш. Невлюдов, С. П. Новоселов, О. В. Сичова ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2019. – 264 с. : іл. – DOI: 10.30837/978-966-659-265-4. ISBN 978-966-659-265-4.

3. Grout I. Digital Systems Design with FPGAs and CPLDs. Amsterdam: Elseveit, 2008. 784 p.