

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра електронних  
приладів і автоматики

Кваліфікаційна робота бакалавра  
**ЕЛЕКТРОННИЙ БЛОК СВІТЛОФОРНОГО ОБ'ЄКТУ  
З ГНУЧКИМ РЕГУЛЮВАННЯМ**

Студентк гр. ЕП-61к

Ю.С. Давидов

Науковий керівник

М.В. Бібик

Нормоконтроль,  
ст. викладач, к.т.н.

О.Д. Динник

Конотоп 2020

## РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є електронний блок світлофорного об'єкту з гнучким регулюванням.

Мета роботи полягає у порівнянні типових варіантів реалізації електронних блоків світлофорних об'єктів з гнучким регулюванням, розробці блок схеми роботи світлофорного об'єкту, створення лістингу програми для ПЛК контролера, та в огляді сфери застосування таких світлофорних об'єктів.

При виконанні роботи було проаналізовано види, модифікації, переваги та недоліки контролерів різних фірм та виробників на яких здійснюється реалізація світлофорних об'єктів з гнучким регулюванням, а також розроблено лістинг програми для контролера за допомогою програмного середовища Ladder.

У результаті проведення досліджень встановлено, що мікроконтролер ПЛК UNINRONICS M90 набув найбільшого застосування при розробці електронних блоків світлофорних об'єктів з гнучким регулюванням.

Робота викладена на 33 сторінках, у тому числі включає 9 рисунків, 2 таблиць, список цитованої літератури із 22 джерел.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КОНТРОЛЕР, СВІТЛОФОР, БЛОК УПРАВЛІННЯ, ПРОГРАМА, ЛІСТИНГ.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>4</b>
<b>РОЗДІЛ 1 КОНТРОЛЕРИ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ, ФІРМИ</b>	
<b>ВИРОБНИКІВ .....</b>	<b>5</b>
1.1 Програмовані логічні контролери тайванської компанії Array Electronic серії FAB .....	5
1.2. Технічні характеристики контролерів FAB .....	6
1.3. Програмовані логічні контролери .....	7
1.4. Мови програмування що використовують ПЛК.....	9
1.5. Мова функціонально - блокових діаграм.....	15
1.6. Сфера застосування контролерів та мікроконтролерів.....	15
<b>РОЗДІЛ 2 КОНТРОЛЕР UNINRONICS M90 ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ</b>	
<b>СВІТЛОФОРНОГО ОБ'ЄКТУ .....</b>	<b>17</b>
2.1. Світлофор як безпека дорожнього руху .....	17
2.2. Котролер UNINRONICS M90 .....	19
2.3. Програмування котролера M90 .....	21
<b>РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....</b>	<b>24</b>
3.1 Складові електронного блоку світлофорного об'єкту з гнучким регулюванням .....	24
3.2 Принцип роботи та програмування M90.....	27
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>31</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>32</b>

## ВСТУП

Використовувані сьогодні демонстраційні стенди, що включають до свого складу електромеханічні системи, контроль параметрів яких здійснюється аналоговими приладами, низько інформативні. Тому існує потреба у виготовленні нового стенда, який істотно підвищить якість навчання, зменшить необхідний для засвоєння інформації студентами час, організує учбовий процес, наочніше надасть можливість самостійного, додаткового вивчення навчального матеріалу.

Мета даної дипломної роботи це розробка демонстраційного стенду регульоване перехрестя і його налагодження за допомогою контролера FАВ. [1]

Стенд призначений для практичного представлення роботи перехрестя та методів програмування промислового контролера FАВ тайванської фірми Array.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

- аналіз існуючих підходів до побудови лабораторного стенду ;
- розробити структурну та функціональну схеми стенда;
- вибрати елементи та побудувати схему електричну принципову;
- дослідити режими роботи світлофорів під керівництвом контролера.

Стенд може бути використаний для перевірки різних режимів роботи перехрестя, а також для практичного представлення мови програмування FBD студентам молодших курсів.

Призначення стенду:

- проведення лабораторних робіт з вивчення мови програмування FBD;
- розробка програм та їх перевірка в інтерактивному режимі;
- налаштування оптимального режиму роботи перехрестя;
- проектування систем на базі промислового контролера і їх наладка в інтерактивному режимі.

## РОЗДІЛ 1

### КОНТРОЛЕРИ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ, ФІРМИ ВИРОБНИКІВ

#### 1.1 Програмовані логічні контролери тайванської компанії Array Electronic серії FAB

Для промислового і побутового застосування компанією випускаються інтелектуальні реле другого покоління серії FAB. [2]

Ці пристрої досить прості в експлуатації і легко піддаються вивченню і програмуванню. Для програмування реле FAB використовується мова програмування FDB, призначена, в основному, для інженерів, що займаються автоматизацією. З її допомогою можна створити досить складну систему, при цьому ефективну та економічну.

Мова програмування FDB представляє мову блоків, які в процесі введення програми показуються на дисплеї. Функціональні блоки просто шикуються і об'єднуються в певній послідовності, як послідовно, так і паралельно, що дозволяє наочно створювати досить складні алгоритми.

При цьому не потрібно знання яких-небудь мов програмування. Для того, хто колись займався обслуговуванням цифрової техніки, наприклад верстатів з ЧПУ, ця мова не викличе утруднень. Всього в мові є 20 блоків, що виконують різні функції. Перш за все, це логічні операції, що зовні нагадують картинки з довідника цифрових мікросхем. На рис. 1.1 показаний фрагмент з двох блоків.

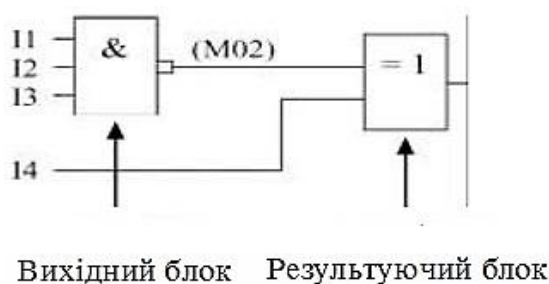


Рис.1.1. Фрагмент із двох блоків [3]

Окрім логічних операцій в наборі блоків є також лічильники, таймери, затримки часу, мітки часу включення і виключення, та інші. Серед програмування поставляється разом із пристроями, а також доступна для скачування з сайту виробника.

Інтелектуальні реле серії FAV замінюють собою велику кількість комутаційних пристроїв: реле, тахометри, лічильники, таймери.

при цьому за досить низькою ціною.

Одне програмоване інтелектуальне реле дозволяє замінити цілу шафу, зібраних на звичайних електромеханічних реле. При цьому надійність схеми в цілому зростає, кількість дискретних елементів зменшується, знижуються габарити, зменшується енергоспоживання.

## **1.2 Технічні характеристики контролерів FAV**

Реле оснащено LCD дисплеєм що має 4 рядки по 10 символів, є вбудований календар і годинник реального часу.

Можливе дистанційне керування по телефонних лініях, і можливість передачі голосових повідомлень.

У разі використання інтерфейсу RS 485 до одного ПК можуть бути підключені 255 реле FAV.

Таке підключення дозволяє створювати більш функціональні системи, ніж при використанні одиночних FAV реле.

Виходи пристрої мають високу здатність навантаження: релейні 10А, транзисторні виходи 2А. [4]

Хоча пам'ять програми невелика всього 64К, програма може містити 127 функціональних блоків, 127 лічильників, 127 інтервалів RTC (реального часу), 127 таймерів, що дозволяє створювати досить складні функціональні програми.

Введення програми здійснюється або за допомогою кнопок і LCD дисплея, або з використанням ПК.

Для захисту програми від несанкціонованого доступу можливий захист паролем.

Напруга живлення складає від 100 до 240V  $\pm 10\%$ , а також споживча потужність від 1,5 до 5 Вт .

Напруга логічного 0 від 0 до 40V, напруга логічної 1 від 85 до 240V, струм логічного 0 складає  $\leq 0,1\text{mA}$ , струм логічної 1  $\leq 0,5\text{mA}$ , аналоговий вхід від 0 до 10V (розширення 0.1V), робоча температура навколишнього середовища від 0 до  $+55^\circ\text{C}$  волога від 5 до 95%. [5]

### 1.3 Програмовані логічні контролери

Програмовані логічні контролери (ПЛК) вперше з'являються у 1969р. для автоматизації автомобільної промисловості.

Як було сказано автором [5]: “зараз ПЛК використовуються в енергетиці, хімічній промисловості, системах забезпечення безпеки, харчовому виробництві, машинобудуванні, транспорті, типовий ПЛК являє собою мікропроцесорний блок з деякою кількістю входів і виходів для підключення датчиків та виконуючих механізмів. Логіка роботи описується програмно, ідентичні ПЛК можуть виконувати зовсім різні задачі”.

Входи і виходи зазвичай роблять стандартними, тому при зміні алгоритму роботи не потрібно ніякої зміни апаратної частини.

Програмований контролер - це програмно керований дискретний автомат, що має певну кількість входів, підключених за допомогою датчиків до об'єкта керування, і деяку кількість виходів, підключених до виконуючих пристроїв. ПЛК контролює стан входів і виробляє певні послідовності програмно заданих дій, що відображаються в зміні виходів.

Згідно літературного джерела [6]: “завданням прикладного програмування ПЛК є реалізація алгоритму керування конкретним об'єктом керування (машиною, агрегатом), опитування входів і виходів контролер здійснює автоматично, незалежно від способу фізичного з'єднання. Цю роботу виконує

системне програмне забезпечення. В ідеальному випадку прикладний програміст зовсім не цікавиться, як приєднані й де розмішені давачі й виконавчі механізми. Крім того, його робота не залежить від того, з яким контролером й якою фірмою він працює”.

Завдяки стандартизації мов програмування прикладна програма виявляється переносимою. Це означає, що її можна використати в будь-якому ПЛК, що підтримує даний стандарт. [6]

ПЛК призначений для роботи в режимі реального часу в умовах промислового середовища і повинен бути доступним для програмування не спеціалістом в області інформатики.

З самого початку ПЛК призначалися для керування послідовними логічними процесами, що й обумовило слово «логічний» у назві ПЛК. Сучасні ПЛК крім простих логічних операцій здатні виконувати цифрову обробку сигналів, керування приводами, регулювання, функції операторського керування тощо. Конструкція ПЛК може бути найрізноманітнішою – від мініатюрних мікроПЛК до стояка заповненого апаратурою.[6]

Задачі керування вимагають неперервного циклічного контролю. У будь-яких цифрових пристроях неперервність досягається за рахунок застосування дискретних алгоритмів, що повторюються через досить малі проміжки часу.

Таким чином, обчислення в ПЛК завжди повторюються циклічно. Одна ітерація, що включає вимірювання і розрахунок впливу, називається робочим циклом ПЛК. Виконувані дії залежать від значення входів контролера, попереднього стану і визначаються користувацькою програмою.

При вмиканні живлення ПЛК виконує самотестування і налаштування апаратних ресурсів, очищення оперативної пам'яті даних (ОЗП), контроль цілісності прикладної програми користувача. Якщо прикладна програма збережена в пам'яті, ПЛК переходить до основної роботи, що складається з постійного повторення послідовності дій, що входять до робочого циклу. [7]

Робочий цикл ПЛК складається з декількох фаз:

– початок циклу;



- читання стану входів;
- виконання коду програми користувача;
- запис стану виходів;
- обслуговування апаратних ресурсів ПЛК;
- моніторинг системи виконання (системне програмне забезпечення ПЛК);
- контроль часу циклу;
- перехід на початок циклу.

## 1.4 Мови програмування що використовують ПЛК

Фірма, що випускають ПЛК, надають зазвичай разом з ними середовище програмування (наприклад, CODESYS чи Simatic Step 7 для контролерів Simatic), що дозволяє писати прикладне програмне забезпечення однією або декількома мовами програмування. Згідно літературного джерела [8]: “мови зазвичай у більшій чи меншій мірі відповідають рекомендаціям норм ІЕС 61131-3:

- LD (англ. Ladder Diagram) східчаста діаграма (мова релейних схем) — схема, наближена до класичного технічного електричного креслення;
- FBD (англ. Function Block Diagram) — діаграма функційних блоків (графічна мова) — послідовність ліній, що містять функційні блоки;
- ST (англ. Structured Text) структурований текст — мова, близька до мови Pascal;
- IL (англ. Instruction List) список інструкцій — вид асемблера;
- SFC (англ. Sequential Function Chart) послідовний ряд блоків (мова діаграм станів) — послідовність програмових блоків з умовними переходами, використовується для програмування автоматів.

Мова релейно-контактної логіки або Ladder diagram — мова релейної (східчастої) логіки, мова програмування. Мова призначена для програмування промислових контролерів. Синтаксис мови є зручним для заміни логічних схем,

виконаних на релейній техніці й розрахований на знайомих з нею інженерів з автоматизації, що працюють на промислових підприємствах. Забезпечує наочний інтерфейс логіки роботи контролера, який полегшує не лише задачі власне програмування і введення в експлуатацію, але й швидкий пошук неполадок у підключеному до контролера обладнанні”.

Програма керування, написана мовою релейної логіки має наочний та інтуїтивно зрозумілий інженерам-електрикам графічний інтерфейс, що подає логічні операції, як електричні кола із замкнутими та розімкненими контактами. Проходження або відсутність струму у цьому колі відповідає результату логічної операції («істина» — якщо струм проходить; «неправда» — якщо струм не проходить).

Основними елементами мови є контакти, які можна образно уявити у вигляді пари контактів реле або кнопки. Пара контактів ототожнюється з логічною змінною, а стан цієї пари — із значенням цієї змінної. [6]

Розрізняють нормально замкнуті й нормально розімкнуті контактні елементи, які можна порівняти з нормально замкнутими NOT-poort kontakt equivalent.png та нормально розімкнутими Schaltzeichen schalter allgemein.png контактами в електричних колах.

Вхідні ланки (контакти):

—[ ]— нормально розімкнутий контакт є розімкнений при значенні неправда, призначеною йому змінною й замикається при значенні істина;

—[ \ ]— нормально замкнутий контакт, навпаки, є замкнутим, якщо змінна має значення неправда, й розімкнений, якщо змінна має значення істина.

Вихідні ланки (котушка) — результат логічного ланцюжка, що копіюється у цільову змінну, яку називають котушка (англ. coil). Це слово має узагальнений зміст виконавчого пристрою, тому його часто називають виходом логічного ланцюжка або котушкою реле:

—( )— котушка, що перебуває під напругою коли коло замкнене. (англ. inactive at rest);

—(Λ)— інверсна котушка, отримує живлення коли коло є розімкненим (англ. active at rest). [8]

Конкретні версії мови реалізуються зазвичай в рамках програмних продуктів, для роботи з певними типами ПЛК. Часто такі реалізації містять команди, що розширюють стандартні команди мови, що викликано бажанням виробника повніше врахувати потреби замовника, але в підсумку часто призводять до несумісності програм, створених для контролерів різних типів.

Instruction List або список інструкцій — мова програмування стандарту ІЕС 61131-3. Призначена для програмування промислових контролерів. За синтаксисом є близькою до мови асемблера. Використовується на виробництві для програмування автоматизованих систем керування технологічними процесами та систем промислової автоматизації.[8]

У основі мови лежить поняття акумулятора (у стандарті ІЕС використовується термін англ. result — результат) як місця зберігання поточного значення (результату) та переходів по мітках. Починається програма із завантаження в акумулятор значення змінної. Подальші кроки програми полягають в отриманні вмісту акумулятора і виконанні над ним обмеженого числа визначених операцій. [8]

Кожна інструкція починається з нового рядка і може містити чотири поля, розділені табуляцією: мітку, оператор з модифікатором, за яким приводиться операнд і далі, коментар. Компілятор є не чутливим до регістра (інструкції ADD A і Add a є рівнозначними).

Більшість інструкцій виконують стосовно вмісту акумулятора відповідну дію, визначену оператором (з використанням операнда) і результат поміщають в акумулятор. Команди переходу на мітку здатні аналізувати вміст акумулятора і приймати рішення: виконувати перехід чи ні. Акумулятор може приймати дані будь-якого типу.

Під модифікатором маються на увазі літери N, C, які приписуються справа до імені деяких операторів. Модифікатор N означає логічне заперечення

(обернене значення чи інверсію) операнда, С означає, що інструкція виконується, якщо результат попередньої операції порівняння TRUE.

Як операнди можуть виступати:

- змінні;
- константи;
- ім'я мітки;
- ім'я оператора (функції).

Зі слів автора [9]: “ послідовний порядок виконання інструкцій ІЛ можна змінити за допомогою дужок. Відкривальна дужка ставиться після оператора а закривальна дужка ставиться в окремому рядку. Інструкції в дужках виконуються у першу чергу з поміщенням результату у допоміжний акумулятор, після чого виконується оператор, що має відкривальну дужку, інструкції можна доповнювати коментарями, що подаються у форматі: (\*коментар\*), послідовні функціональні схеми (діаграми) або Sequential function chart (SFC) — мова програмування стандарту IEC 61131-3, що призначена для програмування промислових контролерів. Знайшла широке використання у SCADA/HMI пакетах багатьох розробників” .

SFC — це графічна мова, що призначена для написання програм послідовного керування технологічним процесом, яка описує процес у формі близькій до діаграми станів. Аналогом може слугувати мережа Петрі із різнокольоровим маркерами. У кожному стані система виконує дії (підпрограми) з певними модифікаторами. Наприклад, модифікатор N вказує виконувати, поки стан є активним. [10]

Основними елементами мови є:

- стани (кроки), у яких виконуються певні дії; одночасно можуть бути активними декілька станів, один із станів є початковим;
- переходи із стану в стан; для кожного переходу задається логічна умова переходу до наступного стану;
- альтернативне розгалуження алгоритму, коли з поточного стану можливі переходи до декількох станів, при цьому кожному переходу відповідає своя

логічна умова і при виконанні алгоритму проводиться лише один із альтернативних переходів;

- паралельне розгалуження, на відміну від альтернативного має загальну умову переходу на декілька паралельно гілок, що працюють паралельно;

- перехід до заданого стану;

- зупинка процесу.

Модифікатори дій за ІЕС визначають деталі поведінки дій у станах (кроках). Список можливих модифікаторів включає наступні:

- N (англ. Non-stored) — дія виконується, поки активний стан;

- R (англ. overriding Reset) — дія деактивується;

- S (англ. Set / Stored — дія активується і залишається активною до скидання;

- L (англ. time Limited) — дія активується на заданий час, але не довше ніж триває стан;

- D (англ. time Delayed) — дія активується через заданий час після активації стану;

- P (англ. Pulse) — дія виконується одноразово;

- SD (англ. Stored and time Delayed) — дія активується через заданий час після активації стану, навіть якщо стан уже не активний;

- DS (англ. Delayed and Stored) — дія активується через заданий час після активації стану і залишається активною до скидання;

- SL (англ. Stored and time Limited) — дія активується на заданий час.

Мова програмування, наприклад, використовується в інструментальному програмному комплексі CODESYS, також, при програмуванні промислових контролерів сімейства SIMATIC компанії «Siemens» (мова Graph 7 як доповнення до пакету Simatic Step 7 для контролерів SIMATIC S7-300 та SIMATIC S7-400 або мова під назвою SFC, що застосовується в рамках інтегрованого середовища розробки програм контролерів і систем людино-машинного інтерфейсу SIMATIC PCS 7. [10]

Структурований текст або Structured text (ST) — мова програмування стандарту IEC 61131-3, що призначена для програмування промислових контролерів та операторських станцій. Знайшла застосування у SCADA/HMI/SoftLogic пакетах. За структурою й синтаксисом є найближчою до мови програмування Pascal. Мова є зручною для написання великих програм й роботи з аналоговими сигналами та числами з плаваючою комою.

Згідно джерела [11] : “новою ST-програми слугують вирази, результат обчислення виразу присвоюють змінній за допомогою оператора «:=». Кожний вираз обов'язково має закінчуватись крапкою з комою «;». Вирази будуються із змінних, констант і функцій, розділених операторами, стандартні оператори у виразах мають символічне позначення, наприклад математичні дії: +, -, \*, /, порівняння тощо. Крім операторів у виразі можуть використовуватись пробіли і табуляція для кращого сприйняття, а також, коментарі, вираз може містити інший вираз у дужках, що обчислюється у першу чергу”.

Вираз обчислюється відповідно до правил пріоритету операцій. У порядку зменшення пріоритету операції розташовуються таким порядком:

вираз у дужках; виклик функції; степінь EXPТ; зміна знаку; заперечення NOT; множення, ділення і ділення по модулю MOD; додавання і віднімання; операції порівняння (<, >, <=, >=); рівність (=); нерівність (<>); логічні операції AND, XOR та OR. [12]

Оператор вибору дозволяє виконувати різні групи виразів залежно від умов, записаних логічними виразами.

Оператор множинного вибору CASE дозволяє виконати різні групи виразів залежно від значення однієї цілочисельної змінної або виразу.

Цикли WHILE та REPEAT забезпечують повторення групи виразів, поки вірним є логічний вираз.

Цикл FOR забезпечує задану кількість повторень групи виразів.

Оператор EXIT, розташований у тілі циклів WHILE, REPEAT та FOR, приводить до негайного закінчення циклу. Оператор RETURN здійснює негайний вихід з програми.

Розширення стандарту.

Існує розширений стандарт ІЕС 61131-3, що містить елементи об'єктно-орієнтованого програмування через розширення можливостей функціональних блоків (успадкування, властивості, методи, інтерфейси).[12]

Також розширений стандарт передбачає уведення нових типів даних, таких як вказівники, об'єднання, рядки з двома байтами на символ, посилання тощо.

Деякі виробники доповнюють свої реалізації власними нестандартними розширеннями. Прикладом можуть слугувати операції динамічного виділення й звільнення пам'яті у TwinCAT 3.1 компанії «Beckhoff» (`__NEW` та `__DELETE` відповідно). Ці розширення відкривають багато нових можливостей при написанні програм.

## **1.5 Мова функціонально - блокових діаграм**

Функціональні блокові діаграми або FBD (англ. Function Block Diagram) — графічна мова програмування, яка призначена для програмування ПЛК (програмованих логічних контролерів). Мова стандартизована міжнародним стандартом ІЕС 61131-3.

Програма утворюється із так званих ланцюгів, які виконуються послідовно зверху вниз. Ланцюги можуть мати мітки. Інструкція переходу на мітку дозволяє змінювати послідовність виконання ланцюгів для програмування умов і циклів.

Мова FBD проста у вивченні і зручна для прикладних фахівців, які не мають спеціальної підготовки в галузі інформатики. Жорстка послідовність виконання призводить до простої внутрішньої структури команд, яка транслюється у швидкий і надійний код. Існує також модифікація FBD, яка допускає використання тільки чистих функцій з одним виходом. [13]

## 1.6 Сфера застосування контролерів та мікроконтролерів

Відмінність інтелектуальних реле від повноцінних ПЛК в тому, що вони володіють малим об'ємом оперативної та програмної пам'яті. Крім того кількість каналів введення виведення як цифрових, так і аналогових у інтелектуальних реле також невелика, тому область їх застосування досить обмежена.

ПЛК – це одноплатний міні комп'ютер, що побудований на основі однокристального мікроконтролера та розташований у корпусі стандартних розмірів. Також існують модульні контролери. До входів ПЛК можна приєднати кнопки, контакти джойстика, перемикачі, датчики та виконавчі механізми (двигуни, лампи, нагрівальні елементи, клапани, вентилі, тощо). [8]

ПЛК циклічно опитує вхідні сигнали (органи керування та датчики), виконує програму користувача (перераховує значення змінних) та видає отримані вихідні значення на виконавчі механізми. Тобто ПЛК циклічно, раз за разом виконує одну й ту ж саму програму (програму користувача).

Його можна застосовувати для:

- систем розумного будинку; автоматичного відкривання дверей, воріт і шлагбаумів;
- управління зовнішнім і внутрішнім освітленням;
- регулювання температури і вентиляції в житлових приміщеннях і на підприємствах, в теплицях і оранжереях;
- системи водопостачання;
- управління фонтанами, акваріумами, компресорами, транспортерами та змішувачами;
- охоронні та аварійні системи оповіщення;
- управління верстатами і виробничими лініями.

Контролери використовують у побутовій техніці, медичних приладах, системах керування ліфтами, телефонах, раціях та інших засобах зв'язку, електронних музичних інструментах та автомагнітолах, комп'ютерній



периферії (клавіатурах, джойстиках, принтерах, тощо), світлофорах, автоматичних воротах та шлагбаумах, інтерактивних дитячих іграшках, автомобілях, локомотивах та літаках, роботах та промислових верстатах. [9]

Мікроконтролер, на відміну від мікропроцесора, зазвичай має порівняно невелику розрядність (8 – 16 бітів) та багатий набір команд маніпулювання окремими бітами. Бітові команди дають змогу керувати дискретним обладнанням (підняти/опустити шлагбаум, увімкнути/вимкнути лампу, нагрівач, запустити/зупинити двигун, відкрити/закрити клапан, тощо).

## РОЗДІЛ 2

### КОНТРОЛЕР UNINRONICS M90 ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ СВІТЛОФОРНОГО ОБ'ЄКТУ

#### 2.1 Світлофор як безпека дорожнього руху

Як було сказано автором [13] : “для регулювання дорожнього руху служать світлофори, які встановлюють на перехрестях, пішохідних переходах та в інших місцях поживленого руху. Слухаючись сигналів світлофорів пішоходи переходять вулиці та перехрестя, не заважаючи один одному і не ризикуючи потрапити під машину. Сигнали світлофорів допомагають водіям уникати зіткнень та інших нещасних випадків.

Світлофори бувають різні. Найпоширеніші трисекційні. Секції їхні можуть бути розташовані вертикально й горизонтально. У цих світлофорів три світлових сигнали — червоний, жовтий, зелений”.

Якщо зелений сигнал почне мигати, це значить, що час його дії закінчується і скоро буде включений жовтий. [13]

Жовтий попереджає пішоходів і водіїв про зміну сигналів. При цьому сигналі забороняється виходити на пішохідний перехід. Якщо загориться жовтий сигнал, а ви тільки почали переходити вулицю, то треба дійти до середини проїзної частини, зупинитися на середині вулиці. Якщо ви пройшли середину вулиці і в цей момент загорівся жовтий сигнал, то треба закінчити перехід. [13]

Червоний забороняє будь-який рух транспортних засобів і пішоходів.

А якщо червоний сигнал світлофора загорівся, коли ви вже почали переходити вулицю? Тоді треба дійти до середини проїзної частини і чекати зеленого сигналу світлофора.

Якщо червоний сигнал застав вас на середині проїзної частини, то слід зупинитися.

Останніми роками потоки транспортних засобів на вулицях і дорогах дуже зросли. На перехрестях почала збиратися велика кількість автомобілів, де почали встановлювати трисекційні світлофори з додатковими секціями — стрілками. Додаткові секції розташовують збоку основної вертикальної секції світлофора — зліва і справа, а іноді й з двох сторін. У додатковій секції, розташованій зліва, загоряється зелена стрілка, звернена у ліву сторону, а в секції справа — праворуч чи прямо.[14]

Зелені стрілки показують водіям, куди дозволено рух. Вони можуть загорятися одночасно із зеленим і червоним сигналами основної секції світлофора.

Якщо у світлофора секція розташована зліва, то всі транспортні засоби можуть виїжджати на перехрестя для повороту ліворуч лише тоді, коли загориться зелена стрілка.

Пішоходам переходити вулицю дозволяється лише в тому випадку, коли загоряється зелений сигнал в основній секції світлофора.

Зелена стрілка в правій секції дозволяє автомобілям поворот праворуч. Якщо права зелена стрілка горить у сполученні з червоним чи жовтим сигналом основної секції, то водій повертає праворуч не одразу. Він повинен пропустити транспортні засоби, які їдуть зліва від нього у поперечному напрямку на зелений сигнал свого світлофора.

Пішоходам переходити вулицю можна тільки при зеленому сигналі основної секції світлофора, тому що при включенні правої секції зі стрілкою у її напрямку почнуть повертати транспортні засоби, і пішохід, який порушує правило переходу, може потрапити під їхні колеса.

Джерело [14] дає таку інформацію: “Додаткові секції, розташовані по обидві сторони світлофора, також можуть включатися у сполученні як із червоним сигналом, так і з зеленим в основній секції. Переходити вулицю у цьому випадку можна тільки на зелений сигнал основного світлофора (з виключеними сигналами бокових секцій). Іноді на перехрестях можна зустріти чотириох- і п'ятисекційні горизонтальні світлофори. Зелені стрілки по краях у

них направлені як ліворуч, так і праворуч. У цьому випадку переходити вулицю дозволяється тільки на зелений сигнал світло-фора. Усі світлофори на перехрестях переключаються регулювальником за допомогою ручного керуючого пристрою або автоматично”.

На великих магістралях світлофори переключаються автоматично, послідовно на кожному перехресті, і якщо водій вибере встановлену швидкість, то він зможе проїхати всі перехрестя без зупинок. Так діє «зелена хвиля».

Останнім часом у великих містах почали застосовувати світлофори з автоматичним перемиканням. Вони відрегульовані таким чином, що для руху транспорту по основній магістралі відводиться більше часу ніж для руху по другорядній. Так само налагоджують і пішохідні світлофори. Для руху транспортних засобів відводиться більше часу, ніж для руху пішоходів.

## **2.2 Контролер UNINRONICS M90**

UNINRONICS M90 - це контролер розміром 96 x 96 x 64 мм має 16 - розрядний дисплей і клавіатуру введення з 15 клавішами. Зовнішній вигляд контролера зображено на рис.2.1. Клавіатура забезпечує налаштування системи і зміна значень внутрішніх змінних. Повідомлення на дисплеї може вільно програмуватися, що забезпечує вивід на екран системної інформації та аварійних повідомлень.



Рис.2.1. Контролер UNINRONICS M90 [12]

Серія M90 має 8 різних модифікацій, що розрізняються по I / O. Є цифрові входи і виходи, а також лічильники і релейні виходи. До контролера M90 можна підключити до 8 модулів I / O (до 64 сигналів I / O). Корпус M90 розрахований на панельний монтаж відповідно до норм DIN. Функція промислової шини забезпечує з'єднання до 64 контролерів M90 через CAN-шину.

Ця мережа керується комп'ютером через інтерфейс RS-232. Для цього є DDE-сервер обміну даних. Обладнання, що поставляється з контролером програмне забезпечення забезпечує програмування M90 і інтерфейсу "людина-машина" в програмному середовищі U90 Ladder. [13]

ПЛК M90 виробництва Unitronics є мікроконтролером з вбудованим налаштуванням входів і виходів і панеллю оператора. Системи автоматизації на ПЛК M90 проектується на персональному комп'ютері на мові релейних схем в програмному середовищі U90 Ladder, потім завантажуються в контролер M90.

Склад проекту системи автоматизації:

- додаток релейного логіки, що змушує контролер M90 виконувати своє завдання автоматизації;
- додатки розробляється за допомогою редактора релейних схем (Ladder Editor)

- додаток що формує індивідуальний інтерфейс оператора M90.

Параметри M90:

- розмір: 96 X 96 X 64 мм.;
- джерело живлення: 24VDC;
- годинники реального часу (RTC).

Входи і виходи в M90 є цифрові і аналогові.

Операційна панель контролера складається з:

- рідкокристалічних дисплеїв, який відображає один рядок тексту (16 символів);

- допоміжної клавіатури M90, що містить 15 клавіш.

Зв'язок M90 має два комунікаційні порти (в залежності від моделі):

- RS232;
- CANBUS.

Всі моделі мають порт RS232. Послідовний порт M90 RS232 має 3 функції:

- завантаження програми з ПК і обмін даними через DDE;
- підключення контролерів до SCADA системі управління;
- підключення модему.

Порт CANBUS має 2 функції:

- інтегрування додаткових контролерів M90;
- створення децентралізованої CANBUS мережі.

За допомогою редактора розробляються повідомлення, які відображаються контролером M90 на рідкокристалічному індикаторі, і настроюється клавіатурою.

UNINRONICS M90 містить такі елементи:

- екрани;
- змінні;
- таймери;
- лічильники;
- математичні функції;
- функції порівняння;

- функції збереження.

Можливості контролера M90

Контролер M90 здатний виконувати ряд додаткових функцій, в тому числі:

- роботу в мережі CANbus / RS232;
- розширення входів / виходів;
- зв'язок через модем;
- дистанційне програмування і усунення несправностей;
- передачу SMS-повідомлень.

### **2.3 Програмування котролера M90**

Програмування контролера M90 здійснюється за допомогою ПК, використовуючи U90 Ladder що складається з 3 редакторів:

- редактор Ladder (редактор багатоланкових схем);
- редактор дисплеїв (редактор НМІ);
- редактор змінних (редактор НМІ).

Програмне забезпечення, працює під операційними системи Windows 95, 98, або NT 4.0 обсяг пам'яті становить 2048 слів (M90-19-B1A 1024 слова). Мова програмування багатоланкова схемна (Ladder). Біти Пам'яті (котушки) на 256. Зовнішній вигляд програмного середовища Ladder зображено на рис.2.2

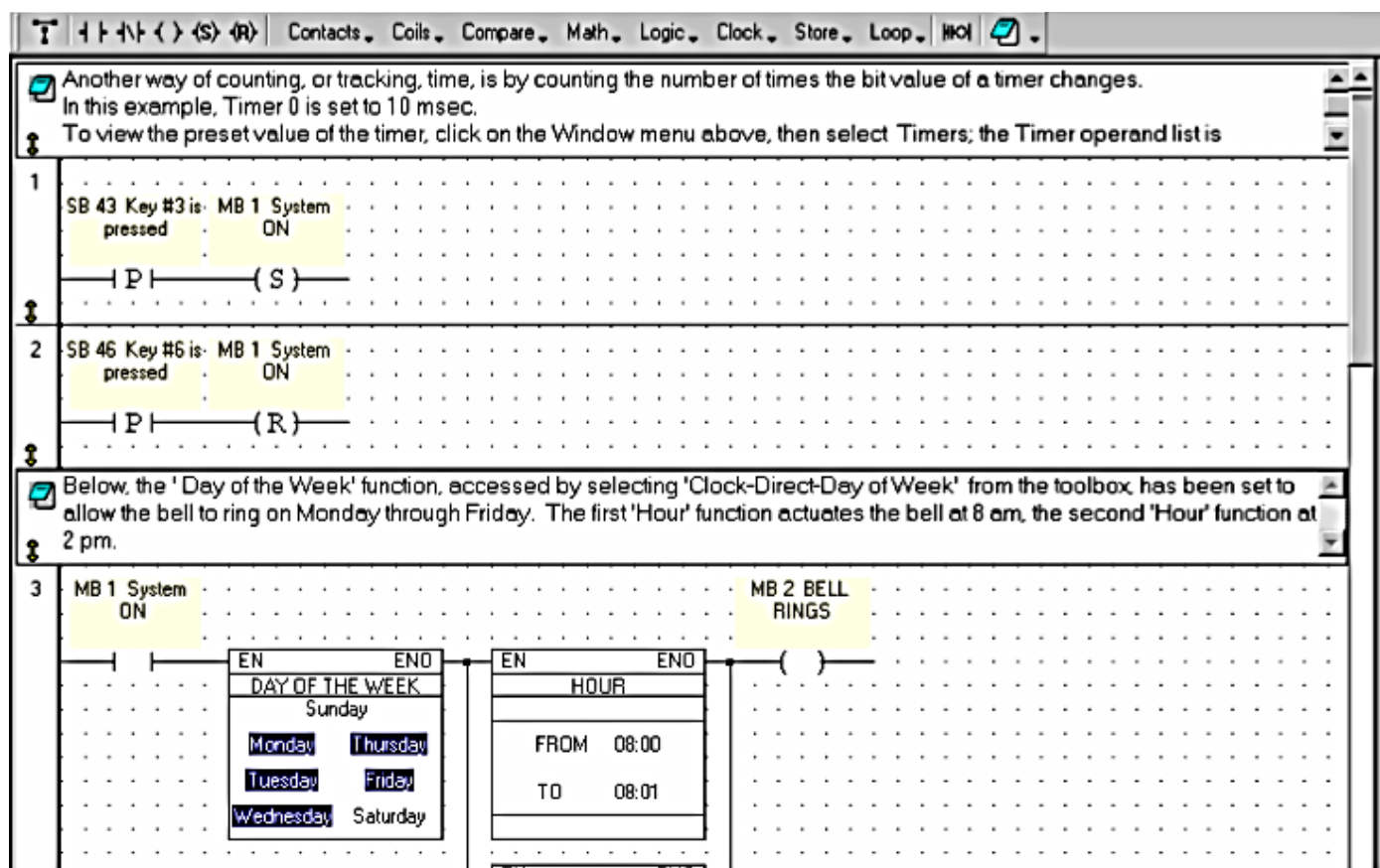


Рис.2.2. Програмне середовища Ladder [14]

Редактор Ladder використовується для створення мереж багаторівневої схеми, які формують основу програми. Мережі багаторівневої схеми складаються з контактів, котушок і функціональних блоків. Струм в мережах тече зліва направо

Цілі числа пам'яті (реєстри) складають 256 по 16 біт.

Біти пам'яті представлені в програмі M90 символом MB, цілі числа пам'яті MI. Біти системи і цілі числа системи зарезервовані для використання системою.

Деякі з них доступні для використання в програмі. Біти системи представлені в програмі M90 символом SB, цілі числа системи SI.

Може бути створено до 80 дисплеїв. На екрані контролера можна відобразити наступне:

- біти;



- цілі числа;
- таймери;
- час;
- дату;
- I / O;
- текст.

Програмне середовище Ladder має 3 редактора:

- редактор Ladder (редактор багатоланкових схем);
- редактор дисплеїв (редактор НМІ);
- редактор змінних (редактор НМІ).

Кожен з вище перерахованих редакторів має своє вікно для програмування. Між цими редакторами можна легко перемикатися через стандартні кнопки на панелі Ladder або в проектному навігаторі (Project Navigator).

Project Navigation Project Navigation дозволяє легко переміщатися між компонентами програми, типами даних і інструментальними засобами U90 Ladder.

## **РОЗДІЛ 3**

### **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

#### **3.1 Складові електронного блоку світлофорного об'єкту з гнучким регулюванням**

Блок схема електронного блоку пішохідного переходу де здійснюється переривання руху транспорту за викликом показана на рис.3.1 має наступні складові:

- контролер UNINRONICS M90;
- без фіксаційну кнопку;

- оптичне реле;
- три виходи на трьох кольоровий світлофор;
- два виходи на двохкольоровий світлофор (світлофор пішоходів).

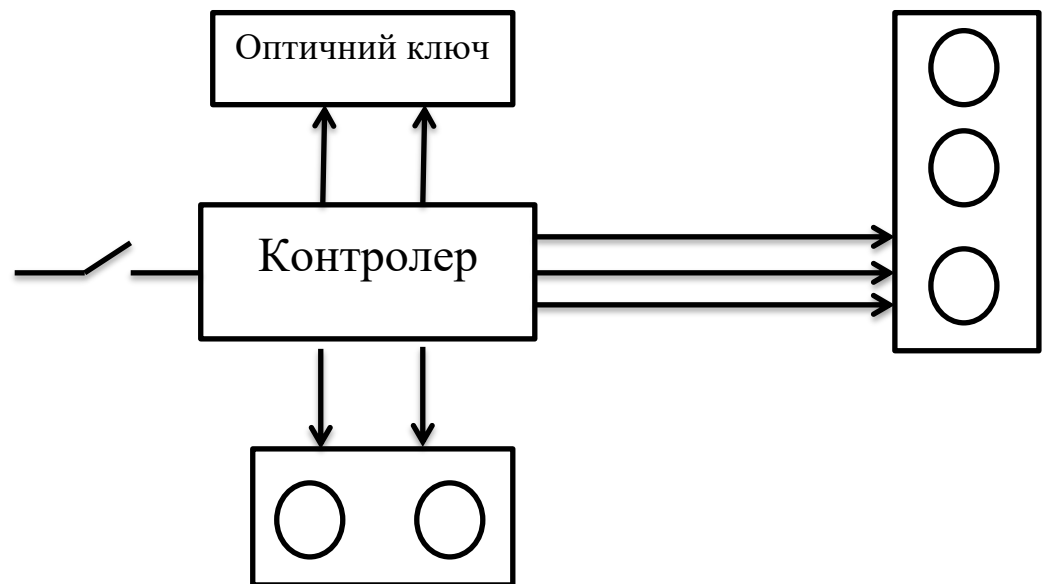


Рис.3.1. Блок – схема роботи пішохідного переходу [15]

Призначення контролера розгляну вище, тому розглянемо принцип роботи оптичного реле. Оптичне реле - нове слово в комутації великих струмів. За назвою даного приладу очевидно, що він виконує функцію реле, але якось пов'язаний з оптичними явищами. Якщо в звичайному реле гальванічна розв'язка керуючого ланцюга від силової частини реалізована за допомогою магнітного поля, то в оптичному реле для розв'язки служить оптрон - напівпровідниковий компонент, первинна ланцюг якого впливає на вторинну фотонами, тобто через відстань заповнене немагнітним речовиною.

Сердечника тут немає, механічно рухомі частини відсутні. Вторинний ланцюг оптрона управляє комутацією силового ланцюга. Безпосередньо за комутацію на силовій стороні відповідають транзистори, тиристори або симистор, керовані сигналом від схеми з оптроном.

Тут взагалі немає рухомих частин, тому комутація відбувається безшумно, є можливість комутації великих струмів на високій частоті, при цьому ніякі

контактів не обгорят, навіть якщо навантаження буде мати індуктивний характер. До того ж габарити самого пристрою менше, ніж у його електромагнітного попередника.

Принцип дії оптичного реле, на стороні управління є два контакти, на які подається напруга, що управляє. Керуюча напруга, в залежності від моделі оптореле, може бути змінним або постійним.

Зазвичай в популярних однофазних оптореле керуюча напруга доходить до 32 вольт при струмі управління в межах 20 мА. Керуюча напруга стабілізується схемою всередині реле, приводиться до безпечного рівня, і діє на схему управління оптронам. А оптрон, в свою чергу, управляє відмиканням і замиканням напівпровідникових приладів на силовій стороні оптичного реле. Зовнішній вигляд оптичного реле зображено на рис.3.3



Рис.3.3. Оптичні реле [16]

На силовій стороні оптореле, в найпростішому вигляді, також розташовані два контакти, якими реле включається послідовно в комутаційний ланцюг. Контакти з'єднані всередині пристрою з висновками силових ключів (пара транзисторів, тиристорів або симістор), характеристики яких визначають граничні параметри та режими роботи реле. [17]

Без фіксаційна кнопка призначена для того щоб пішохід який підійшов до пішохідного переходу, натиснув на неї. При натисканні на кнопку подається сигнал який приходить на контролер, він в свою чергу здійснює обробку інформації та запускає програму в дію, тобто після надходження сигналу через

6 с. почне блимати жовтий сигнал світлофора. Після жовтого засвітиться червоний для автомобіля а зелений для пішохода.

Кнопка без фіксації з підсвічуванням застосовується для подачі імпульсного сигналу для управління різними пристроями - контактори, реле, контролери. Вона в основному використовується для подачі сигналу «пуск» різних процесів.

Підсвічування дозволяє швидше її виявити в темному приміщенні або зацентувати увагу на ній. Виступаючі головки використовується коли необхідно візуально або тактильно виділити кнопку. Кнопка кріпиться на двері, стінку шафи або спеціальний кнопковий пост через 22мм отвір. ступінь захисту зовні IP67.

Для оповіщення пішоходам про можливе пересування чере проїзджу частину використовується світлодіодний світлофор КПП300. Зовнішній вигляд світлофора зображено на рис.3.4



Рис.3.4. Світлофор КПП300 [18]

Світлофор світлодіодний для пішохідного переходу, 2-х секційний, D = 300мм

Технічні характеристики:

- параметри світлофора відповідають нормам ДСТУ 4092-2002;
- напруга живлення 220В (+22 / -33) 50Гц;
- середня споживана однією секцією потужність, не більше 10 Вт;

- світлофор забезпечує стабільність світлотехнічних параметрів під час всього терміну експлуатації в діапазоні живлячих напруг від 187В до 242В;
- корпус виконаний з чорного полікарбонату;
- фронтальні лінзи модулів безкольорові і повністю виключають фантомне засвічення;
- ступінь захисту IP65;
- температура при експлуатації від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ ;
- маса, не більше 5 кг;
- конструкція світлофора передбачає кріплення до нього додаткових секцій;
- конструкція світлофора дозволяє кріпити його на всі типи консолей, стіни, розтяжки;
- термін служби, не менше 10 років.

### **3.2. Принцип роботи та програмування M90**

Принцип роботи електронного блоку світлофорного об'єкту з гнучким регулюванням зазначається в наступному. Контролер M90 в своєму складі має годинник. [19]

Програмою встановлено що з 20 - 00 по 06 – 00 контролер видає постійно миготіння жовтого сигналу світлофора для водіїв, а пішохідний світлофор вимкнений, кнопка не працює.

Для гнучкого регулювання роботи контролера та переходу в цілому.

Можливо за допомогою клавіатури контролера змінити час не спрацювання, або інші параметри.

З 6 – 00 вмикається програма роботи переривання руху автомобілів за допомогою кнопки.

Тобто при натисканні на без фіксаційну кнопку, вмикається таймер в контролері відраховується 6 сек., потім вмикається перехідний режим роботи з зеленого на червоний сигнал світлофора через миготіння жовтого.

Лістинг розробленої програми показано на рис. 3.5.

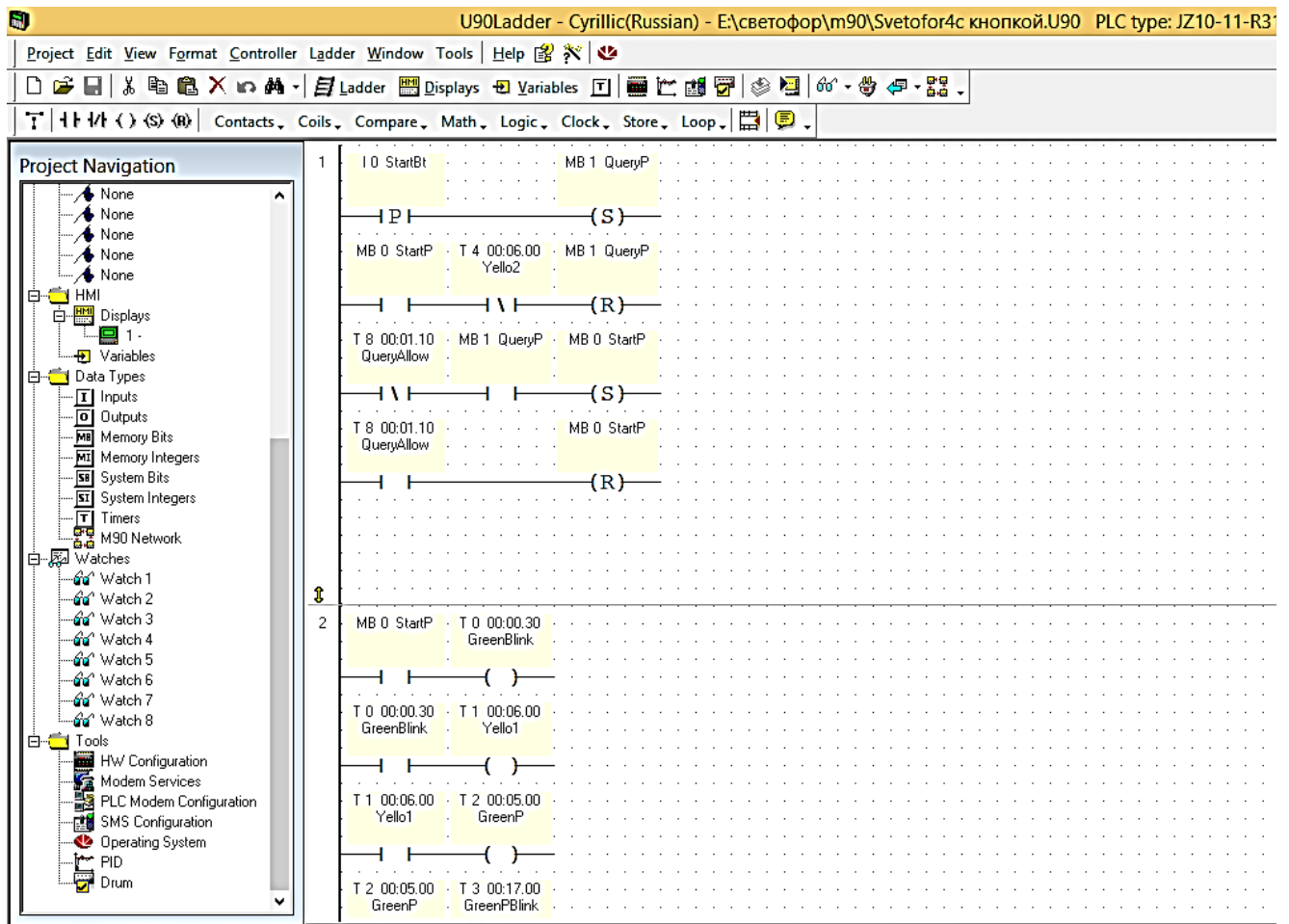


Рис.3.5. Частина програми роботи світлофора  
в програмному середовищі Ladder [20]

Час миготіння жовтого зазначено в програмі як 6 сек., та загорається червоний на смузі руху машин та зелений на пішохідному переході.

Час роботи зеленого сигналу пішоходів складає 50 сек.

Після цього вмикається знову таймер і відраховує 5 сек., миготіння жовтого сигналу. І вмикається червоний для пішоходів а зелений для автомобілів. На рис.3.6 зображено друга частина програми роботи світлофора.

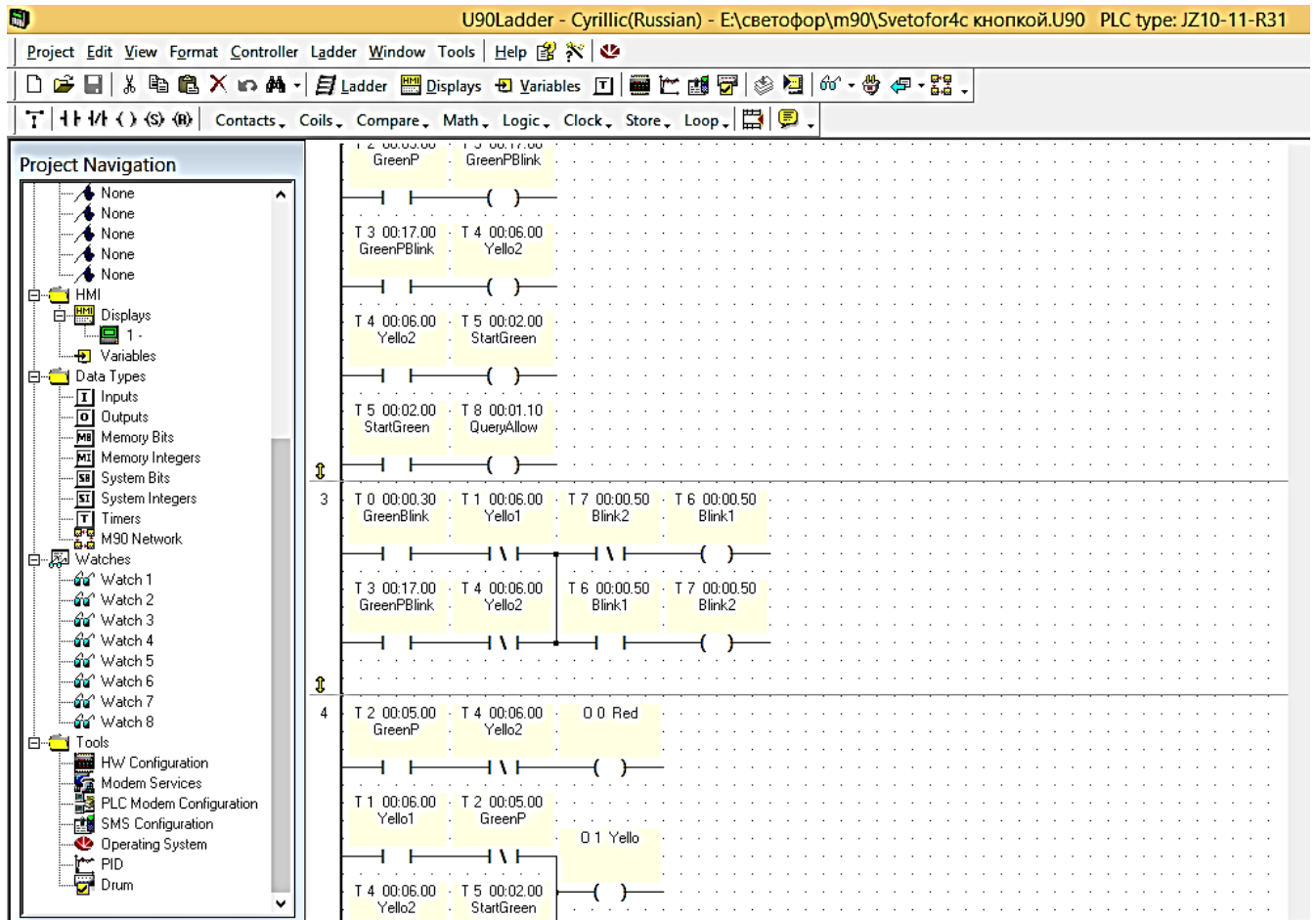


Рис.3.6. Частина програми роботи світлофорного об'єкту [21]

Потім за потребою переходу необхідно натиснути кнопку і програма повториться.

На рис.3.7. зображено третя частина програми роботи світлофорного об'єкту

з гнучким регулюванням.

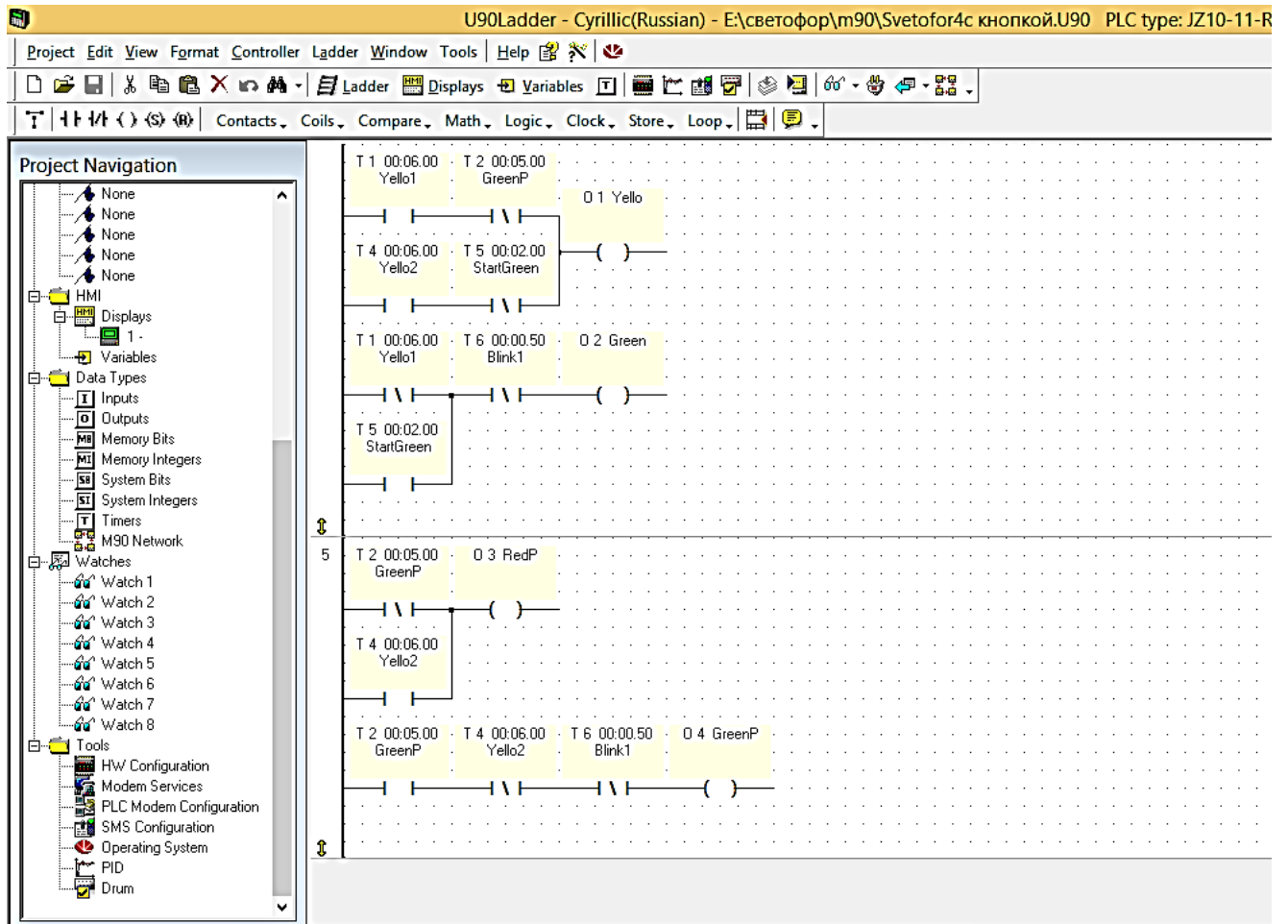


Рис.3.7. Частина програми роботи світлофорного об'єкту [22]



## Висновок

Під час виконання кваліфікаційна робота бакалавра було розглянуто основні контролери на основі яких можуть виконуватись електронні блоки світлофорного об'єкту з гнучким регулюванням. Встановлено що контролери FAV та ПЛК являються найкращими в своєму роді.

Але для розробки блок схеми та програмування і складання алгоритму роботи було вибрано контролер ПЛК UNINRONICS M90, оскільки він має переваги а саме, 8 різних модифікацій, що розрізняються по I / O, цифрові входи і виходи, лічильники і релейні виходи.

До контролера M90 можна підключити до 8 модулів I / O (до 64 сигналів I / O). Корпус M90 розрахований на панельний монтаж відповідно до норм DIN. Керується як комп'ютером через інтерфейс RS-232 так і є можливість гнучкого регулювання та налагодження параметрів.

В ході виконання роботи було розглянуто, опрацьовано програмне середовище Ladder яке призначене для програмування контролерів ПЛК UNINRONICS M90 та розроблено програму світлофорного об'єкту, з переривання без фіксаційною кнопкою дорожнього руху автомобілів.

Розроблено блок – схему роботи пішохідного переходу з електронним блоком світлофорного об'єкту з гнучким регулюванням, та описано принцип роботи як самого блоку так і програми.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Камнковштейн Г. И. и Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения. Учебник для вузов. Издательство «Трансифт». Москва 1992 г.
2. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения. Издательство «Трансифт». Москва 1990 г.
3. Есаков В.П. Электрооборудование и электропривод промышленных установок. Высшая школа 1981.
4. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева, А.В. Шинянского. М.: Энергоатомиздат, 1983. 616 с.
5. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред. П.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. К.: Либідь, 2005. 680 с.
6. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов – М.: Энергоиздат, 1981. – 576с.
7. Вольдек А.И. Электрические машины Л.: «Энергия», 1974. 840с.
8. Гольберг А.И. Электрические аппараты М.: «Энергия», 1987. 657с.
9. А.А. Смирнов, К.М. Антипов. Справочная книжка энергетика: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1989. 465с.
10. А.П. Голуб, Б.И. Кузнецов, І.О. Опришко, В.П. Соляник. Системы керування електроприводами: Навчальний посібник. - К.: НМК ВО, 1992.352с.
11. Куропаткін В.П. Теорія автоматичного керування / Куропаткин В.П.М.:”Высшая школа”, 1973. 528 с.
12. В.А.Гольфстрем, А.С.Іваненко Довідник енергетика промислових підприємств . К.:”Техніка”,1977. 469 с.
13. Засоби автоматизації. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.wikiznanie.ru/ruwz/index.php/Алгоритмы\\_адаптивного\\_регулирования\\_светофорной\\_сигнализации](http://www.wikiznanie.ru/ruwz/index.php/Алгоритмы_адаптивного_регулирования_светофорной_сигнализации).

14. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов. М.: Транспорт, 1990. 255 с.
15. Кожевников В.И., Вытяжков Д.В., Толмачев В.В., Луговенко В.В., Гриценко А.А. Автоматизированная система управления дорожным движением // Вестник СевКавГТУ. Серия «Естественнонаучная», №1(6), 2003.
16. Капитанов В.Т., Хилажев Е.Б.. Управление транспортными потоками в городах. – М.:Изд-во «Транспорт», 1985, 186 с.
17. Шаповалов Е.В. Пропозиції щодо змін у нормативній класифікації магістральної вуличної мережі населених пунктів// Досвід та перспективи розвитку міст України. Наукові дослідження в містобудуванні, №9. К.: Діпромісто, 2005. – С.129-139.
17. Вартість електроенергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.voe.com.ua/tarif/tarif\\_y\\_05\\_14.shtml](http://www.voe.com.ua/tarif/tarif_y_05_14.shtml).
19. Кобилянський О.В. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах і роботах студентів.
20. Стеблюк М.І. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник / М.І. Стеблюк. 3-тє вид., стер. К.: Знання, 2013. 487 с.
21. Arduino Uno [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>.
22. Конференції ВНТУ. Наукові електронні видання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://conf.vntu.edu.ua/energo/2015>.