

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Класичний фаховий коледж

(повна назва інституту/факультету)

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ 2024__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(бакалавр / магістр)

зі спеціальності _____ 171

Електроніка,
(код та назва)

освітньо-професійної програми Електронні інформаційні системи

(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему: Розробка електронної схеми для керування ліфтом

Здобувача групи EI-016 Дмитра Пінчука

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дмитро Пінчук _____ (підпис)

Керівник, викладач канд. техн. наук, доцент

Микола Матвієнко _____ (підпис)

Конотоп – 2024

АНОТАЦІЯ

Обґрунтуванням актуальності теми є оволодіння новим принципом проектування електронних схем з використанням алгоритмів і математичних моделей для побудови електронних схем з мінімальною кількістю елементів пам'яті та логічних елементів, що дозволяє виконати схему надзвичайно простою з використанням засобів мікроелектроніки.

Відповідно до мети в роботі вирішувалися такі задачі:

- виконаний аналіз схем керування пристроєм;
- розроблений алгоритм роботи вибраного пристрою
- розроблена абстрактна і структурна математичні моделі роботи електронної схеми;
- на основі структурної схеми отримані канонічні рівняння роботи схеми пристрою управління ліфтом;
- вибрана сучасна елементна база для реалізації канонічних рівнянь схеми пристрою
- побудована схема управління на програмованих логічних елементах (ПЛМ);
- розроблена програма роботи схеми управління пристрою.

Мета роботи полягає у розробці сучасної електронної схеми керування пристроєм.

Згідно мети, вирішувалася задача розробки сучасної схеми управління з використанням засобів програмованої логіки.

При виконанні роботи використовувалися теорія алгоритмів, математична логіка, теорія скінченних автоматів, теорія програмування логічних матриць.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є отримання мінімальних канонічних рівнянь згідно отриманого алгоритму роботи схеми управління.

Робота викладена на 30 сторінках, у тому числі включає 8 рисунків, 2 таблиці, список цитованої літератури із 12 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АБСТРАКТНА ТА СТРУКТУРНА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ; ЕЛЕКТРОННА СХЕМА, ПЛМ, ПРОГРАМУВАННЯ, ПРИСТРІЙ, КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ, ТАБЛИЦЯ ПЕРЕХОДІВ-ВИХОДІВ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ, АНАЛІЗ СХЕМ	
УПРАВЛІННЯ ТА АЛГОРИТМ РОБОТИ ЛІФТА	6
1.1. Загальні відомості.....	6
1.2. Аналіз схем управління ліфтом.....	9
1.3. Алгоритм роботи ліфта.....	13
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА	
КАНОНІЧНИХ РІВНЯНЬ РОБОТИ ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ ...	15
2.1. Розробка абстрактної математичної моделі.....	15
2.2. Розробка структурної математичної моделі та отримання канонічних рівнянь роботи.....	16

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОЇ СХЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛІФТОМ.....	20
3.1. Аналіз та підбір елементної бази.....	21
3.2. Розробка схеми керування.....	24
ВИСНОВКИ.....	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	30

ВСТУП

Сучасний розвиток мікроелектроніки вимагає постійного вдосконалення електронних схем, зокрема їх проектування та управління. Одним із ключових аспектів є забезпечення оптимальної ефективності при мінімальному споживанні ресурсів, таких як пам'ять та логічні елементи. У цьому контексті актуальним стає використання алгоритмів і математичних моделей для створення електронних схем з високою функціональністю та ефективністю.

Ця кваліфікаційна робота присвячена розробці сучасної електронної схеми керування пристроєм, яка базується на використанні програмованих логічних елементів та мінімізації кількості використовуваних елементів пам'яті та логічних вузлів.

У першому розділі я ознайомлюсь із мінімальними загальними відомостями про ліфти, їх будову та принцип роботи. Після цього буде детально розглянуто та порівняно дві електронні схеми для управління ліфтом, окреслено переваги та недоліки. У підсумку, на основі проаналізованого матеріалу буде виведено покроковий алгоритм роботи основної частини ліфта.

Другий розділ повністю присвячено розробці абстрактної та структурної математичних моделей пристрою, які ляжуть в основу канонічних рівнянь, що описують роботу схеми.

В останньому, третьому розділі, керуючись проаналізованими даними та отриманими результатами розрахунків, буде проаналізовано існуючу елементу базу та підібрано елементи, які доцільно використати в даному

випадку. На основі цих елементів буде запропоновано та розроблено електронну схему для управління ліфтом.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ, АНАЛІЗ СХЕМ УПРАВЛІННЯ ТА АЛГОРИТМ РОБОТИ ЛІФТА

1.1. Загальні відомості

Ліфт – це стаціонарна вантажопідйомна машина, яка призначена для підймання і спускання людей та/або вантажів у кабіні, що переміщується по нерухомих вертикальних напрямних, встановлених у шахті. Існують різні види ліфтів, кожен з яких використовується в залежності від задачі та необхідної потужності. За призначенням усі ліфти поділяються на наступні види [1, 2]:

- Пасажирські – вони служать для перевезення людей, встановлюються в основному всередині житлових будинків. Ними також допускається перевезення вантажів побутового призначення за умови, якщо загальна маса пасажирів разом з вантажем не перевищує вантажопідйомність ліфта.
- Вантажні – призначені для транспортування вантажів, матеріалів та устаткування. Можуть використовуватися на підприємствах та виробництвах. Розрізняють види з провідником та без, наприклад, малі вантажні можуть перевозити до 250 кг і не передбачають наявність людини, тому вони мають площу кабінки до 0,9 м² та висоту до 1 м.
- Вантажопасажирські – гібридний вид з підвищеними показниками вантажопідйомності, вони одночасно призначені для транспортування і вантажів і людей. Фактично відрізняються від пасажирських ліфтів лише якістю зовнішньої обробки кабінки та комфортом користування.
- Лікарняні – їх можна віднести до пасажирських, але внаслідок специфічних умов роботи їхні параметри відрізняються від параметрів

пасажирських ліфтів і тому виділяються особливо. Використовуються в медичних закладах для перевезення хворих та медичного устаткування.

Розглянемо загальну будову ліфта. На рисунку 1.1.1 схематично зображено основні елементи пасажирського ліфта, призначення яких буде описано нижче.

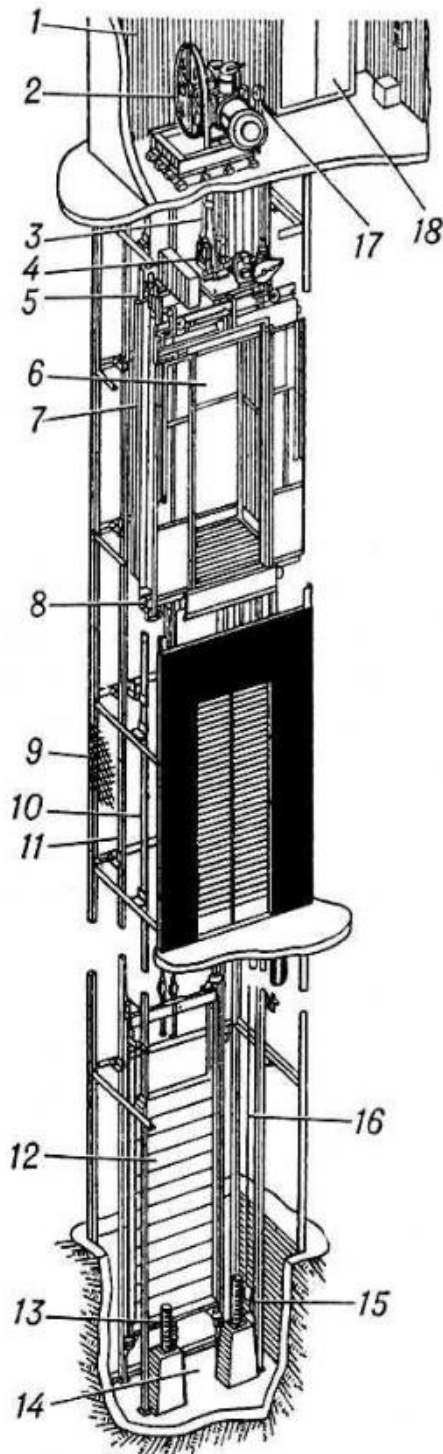


Рис. 1.1.1. Схема пасажирського ліфта: 1 – машинне приміщення; 2 – лебідка; 3 – робочі канати; 4 – підвіска; 5 – уловлювачі; 6 – кабіна; 7 – відведення; 8 – черевик; 9 – шахта; 10 – напрямні кабінні; 11 – напрямні противаги; 12 – противага; 13 – буфер; 14 – приямок; 15 – натяжний блок; 16 – канат обмежувач швидкості; 17 – обмежувач швидкості; 18 – станція електрообладнання.

Всі конструктивні елементи ліфта можна умовно розділити на три частини:

1. Будівельна частина складається з шахти (9), приямку шахти (14) та машинного приміщення (1).
2. Електрична частина складається з двигуна (2), приладу керування, пристроїв освітлення та сигналізації (18).
3. До механічної частини можна віднести решту елементів.

Кабіна ліфта з канатотяговим шківом підвішена на канатах у вертикальній шахті з

напрямними, які охоплюються колодками, що закріплені на кабіні. Її приводить в рух підймальна лебідка, встановлена над шахтою у машинному приміщенні, завдяки тому, що підймальні канати огинають канатотяговий шків лебідки.

Вага кабіни та частина ваги вантажу врівноважуються противагою, підвішеною на протилежному від кабіни кінці каната, який збігає з канатотягового шківа. В нижній частині шахти розміщені буфери кабіни і противаги. Для того щоби запобігти падінню кабіни в разі обриву каната чи несправності підймального механізму, на ній встановлюють уловлювачі – затискні пристрої, які охоплюють напрямні та утримують допоміжним канатом, котрий огинає шків відцентрового обмежувача швидкості. Якщо швидкість кабіни перевищує встановлену, обмежувач загальмовує шків і зупиняє канат, який під час подальшого опускання кабіни приводить у дію з'єднаним з ним уловлювачі.

Підймання кабіни здійснюється за допомогою кнопкової панелі, встановленої в кабіні і з'єднаної гнучким дротом через клемову коробку в шахті з панеллю керування в машинному приміщенні. Коли кабіна наближається до потрібного поверху, двигун вимикається, замикається гальмо лебідки, вмикається привід автоматичного відчинення дверей кабіни і шахти. В аварійних ситуаціях (наприклад, у разі обривання й ослаблення вантажних канатів) спрацьовують встановлені на кабіні (іноді і на противазі) уловлювачі, що втримують кабіну від падіння. На панелі виклику кількість пускових кнопок завжди відповідає кількості поверхів, між якими переміщується ліфт.

Розглянувши основні аспекти будови ліфта, можна сказати, що це доволі складний пристрій, який поєднує у собі велику кількість механічних та електричних елементів та вимагає чіткого узгодження між ними для надійної та коректної роботи системи [1, 2, 3].

1.2. Аналіз схем управління ліфтом

За свою відносно довгу історію існування ліфтів як класу приладів, їх схеми управління розвивалися з найрізноманітнішою елементною базою та архітектурою, тому фактично неможливо розглянути всі застосовані у реальному світі підходи до проектування, окрім того, аналіз подібного масштабу виходить за рамки даної роботи. Проте, якщо абстрагуватись від конкретної реалізації, можна провести чітку грань між згрупованими за призначенням елементами та логічно узагальнити їх в якості структурних блоків, які таким чи іншим чином будуть присутні в більшості запроваджених на практиці схем управління ліфтом.

Далі буде розглянуто дві існуючі електронні схеми керування ліфтом, працюючих за дещо різним принципом, які було реалізовано на основі різної елементної бази. Після цього зі схем будуть відокремлені та описані загальні закономірності, а в наступному підрозділі на основі цих даних сформовано алгоритм роботи ліфта у загальному випадку.

На рисунку 1.2.1 приведено принципову електричну схему для керування вантажним ліфтом з номінальною швидкістю руху кабіни 0,5 м/с і вантажопідйомністю 500-3200 кг. Вона складається з декількох секцій, серед яких є схема управління електроприводом, кнопковий пост управління (апарат наказів) та безпосередньо пристрій керування (визначення місцезнаходження кабіни, вибір напрямку руху, подача сигналу на уповільнення і т.д.).

Ця схема забезпечує роботу в трьох режимах: нормальна робота, управління з машинного приміщення та ревізія. Вибір режиму відбувається за допомогою зміни положення ручки ВР2. Відмінною особливістю є те, що схема підтримує управління як із середини кабіни, так і централізоване зовнішнє. В залежності від цього у приміщенні монтують або сигнальні лампи ЛП і ЛЗ та електричний дзвінок ЗвВ, або ж кнопковий пост типу ПЛЗ100.

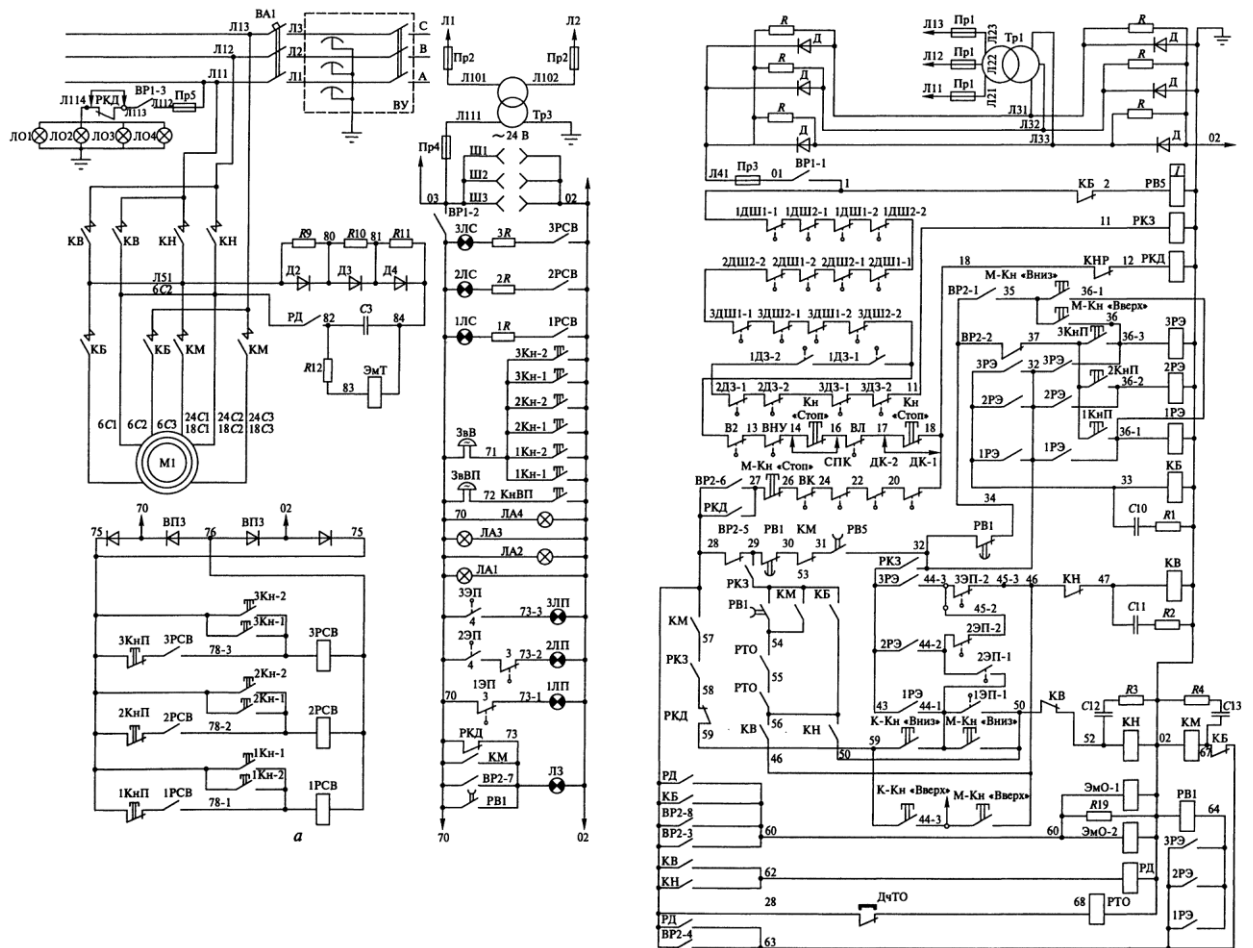


Рис. 1.2.1. Принципова електрична схема для керування вантажним ліфтом.

На кожному завантажувальному майданчику розміщується апарат виклику з кнопкою виклику із самоповерненням. Реєстрація сигнального виклику відбувається за допомогою реле РСВ, що встановлено в кнопковому пості керування. Якщо управління зовнішнє, то такий апарат не встановлюють.

Окрім того, двері кабіни та шахти відкриваються вручну, але лише за умови присутності кабіни на потрібному завантажувальному майданчику. В іншому випадку вони автоматично блокуються ригельним замком, що контролюється датчиком вимикача ДЗ та реле контролю замків РКЗ. Для контролю дверей кабіни та шахти застосовуються відповідні датчики ДШ, ДК, а також реле контролю дверей РКД.

Визначення місцезнаходження кабіни відбувається за допомогою поверхових перемикачів, змонтованих в шахті. Збоку зовнішньої сторони кабіни при цьому встановлена комбінована відводка, яка переводить важіль поверхового перемикача в нульове положення при вході кабіни в зону уповільнення (приблизно 500 мм. до зони точної зупинки) чергового завантажувального майданчика.

Вузол точної зупинки зроблено на основі реле РТО, яким керує датчик ДчТО, що знаходиться в кабіні, а шунти, які впливають на нього, встановлено в шахті. Їх взаємодія відбувається, коли кабіна перебуває в зоні точної зупинки завантажувального майданчика.

Також на схемі видно, що окрім управління поверхом, була реалізована логіка ручного управління рухом кнопками «вверх», «вниз» та «стоп»[4].

У цій схемі широко застосовуються реле у великій кількості для контролю критичних вузлів, що може свідчити про загальну технічну застарілість схеми та принципів проектування, за якими вона була розроблена. Це доцільно вважати значним недоліком схеми у порівнянні з сучасними підходами до розробки схем із застосуванням сучасної елементної бази.

Розглянемо іншу схему для керування ліфтом. Ця схема більш сучасна та використовує можливості ПЛК для управління ліфтом. На рисунку 1.2.2 приведено принципову електричну схему для керування ліфтом.

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено функціонального модулю лічильника VIPA 250-1BS00 (A1 – X5), модулю аналогового виводу (A1 – X6) та модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X7). Модуль дискретного виводу (A1 – X7) живиться від частотного перетворювача Delta VFD110CP4EA-21.

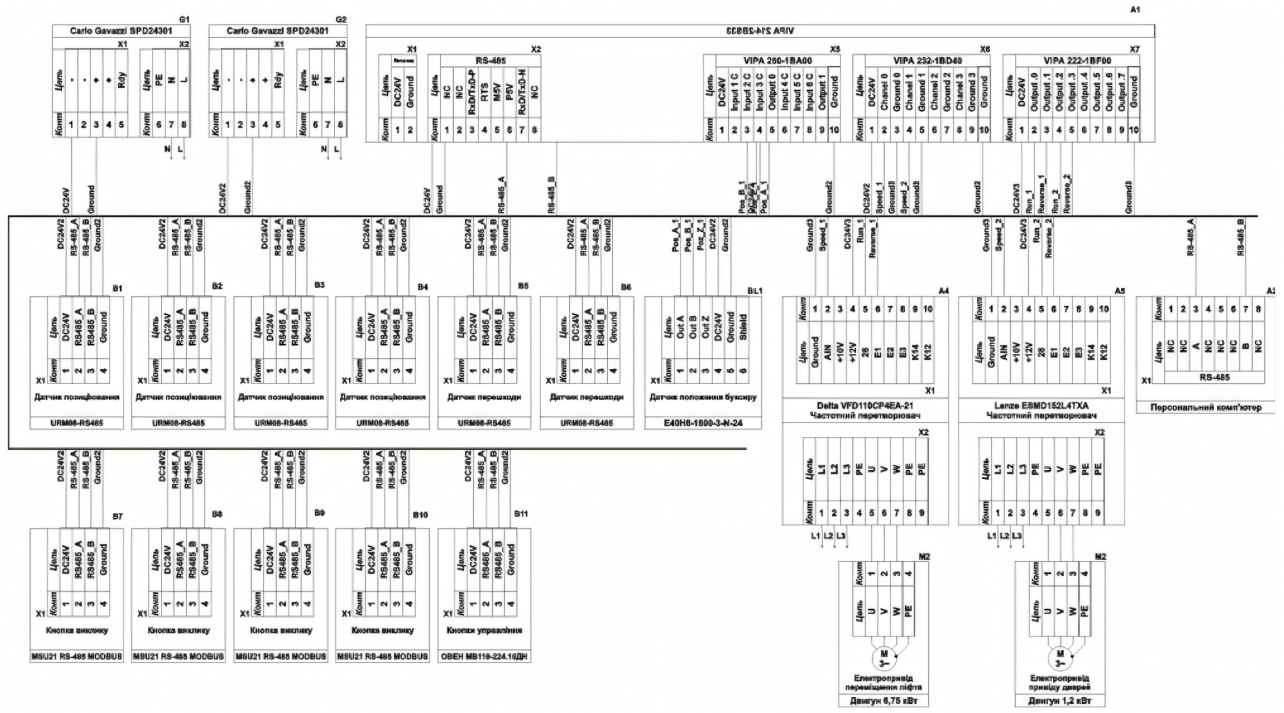


Рис. 1.2.2. Принципова електрична схема для керування ліфтом.

Зв'язок між програмованим логічним контролером VІРА 214-2BS33 (A1) та пультом оператора в якості якого виступає персональний комп'ютер (A2) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2, A2 – X1).

Датчики позиціонування ліфта представляють собою ультразвукові датчики відстані URM08-RS485 (B1...B4).

Датчики перешкоди для верей ліфта представляють собою ультразвукові датчики відстані URM08-RS485 (B5...B6).

Виклик ліфта на поверсі забезпечується кнопками – BK7...BK10, з зовнішніми перетворювачами послідовного каналу зв'язку типу MSU21 RS-485 MODBUS RTU и Abus.

Управління ліфтом з середини забезпечується кнопками BK11, підключеними до перетворювача послідовного каналу зв'язку RS-485 - модулю дискретного вводу для мережі RS-485 ОВЕН MB110-224.16ДН.

Управління електроприводом переміщення ліфту (M1) реалізовано за допомогою частотного перетворювача Delta VFD110CP4EA-21 (A4).

Програмований логічний контролер (A1) за допомогою дискретних виходів обирає напрям переміщення буксиру і дозволяє його рух, а за допомогою аналогового виходу задає швидкість переміщення ліфта.

Управління електроприводом дверей ліфту (M2) реалізовано за допомогою частотного перетворювача Lenze ESMD152L4TXA (A5). Програмований логічний контролер (A1) за допомогою дискретних виходів обирає напрям повороту буксиру і дозволяє його поворот, а за допомогою аналогового виходу задає швидкість обертів електроприводу дверей ліфта [5].

Отже, ця схема є відносно компактнішою за попередню, застосовує сучасну елементу базу та є більш надійною. Це вигідно відрізняє її посеред інших схем.

1.3. Алгоритм роботи ліфта

Проаналізувавши попередні принципові схеми управління ліфтом, можна виділити загальний алгоритм електронної системи. В рамках роботи розглянемо лише частини, які відповідальні за контроль переміщення кабіни між поверхами та виклик ліфту.

В узагальненому вигляді алгоритм виглядає наступним чином:

1. Отримання сигналу виклику – система очікує сигнал виклику з будь-якого поверху.
2. Визначення місцезнаходження ліфта – система визначає поточне місцезнаходження кабіни ліфта за допомогою датчиків позиції.
3. Вибір напрямку руху – залежно від місцезнаходження та сигналів виклику, система визначає напрямок руху: вгору або вниз.
4. Управління рухом ліфта – система запускає електропривід для руху ліфта в потрібному напрямку з відповідною швидкістю.

5. Зупинка на потрібному поверсі – коли ліфт досягає вказаного поверху, спрацьовують поверхневі та датчики точної зупинки, система припиняє рух і забезпечує точну зупинку.
6. Виявлення перешкод – датчики перешкод слідкують за наявністю перешкод перед дверима ліфта перед їх відкриттям/закриттям.
7. Управління дверима ліфта та шахти – система відкриває двері ліфта для виходу/входу пасажирів після зупинки на поверсі.
8. Керування режимами роботи – система може переключатися між різними режимами роботи відповідно до вказівок користувача або умов роботи.
9. Взаємодія з оператором – система може взаємодіяти з оператором через відповідний інтерфейс для збору даних, моніторингу або відладки.

Цей алгоритм є основою для реалізації електронної системи управління ліфтом. Його етапи дозволяють системі ефективно взаємодіяти з оточуючим середовищем, забезпечуючи безпеку та зручність для користувачів. Кожен етап виконує конкретну функцію, що допомагає досягти мети переміщення пасажирів між поверхами будівлі. Важливо також зауважити, що цей алгоритм може бути доповнений або модифікований залежно від конкретних вимог та умов експлуатації.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА КАНОНІЧНИХ РІВНЯНЬ РОБОТИ ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ

2.1. Розробка абстрактної математичної моделі

Для реалізації схеми управління потрібно почати вирішення задачі зі складання технологічного алгоритму. Отримати такий алгоритм можна, склавши абстрактну математичну модель роботи ліфта [7, 8]. Пристрій керування, який розраховується у цій роботі призначений для керування

ліфтом у будівлі на три поверхи, тому він складається з трьох кнопок виклику на поверх, трьох датчиків стопоріння та датчику закриття дверей ліфта. Ці дані будуть служити у якості вхідних змінних моделі, а на виході отримуємо три сигнали керування двигуном, які показано у спрощеному вигляді без схеми керування безпосередньо двигуном, оскільки ця частина розрахунків виходить за рамки об'єкту досліджень даної роботи.

Отже, врахувавши всі необхідні вхідні та вихідні змінні системи, можна створити абстрактну математичну модель електронного пристрою управління ліфтом, графічно зобразивши її у вигляді графа, який представлено на рисунку 2.1.1.

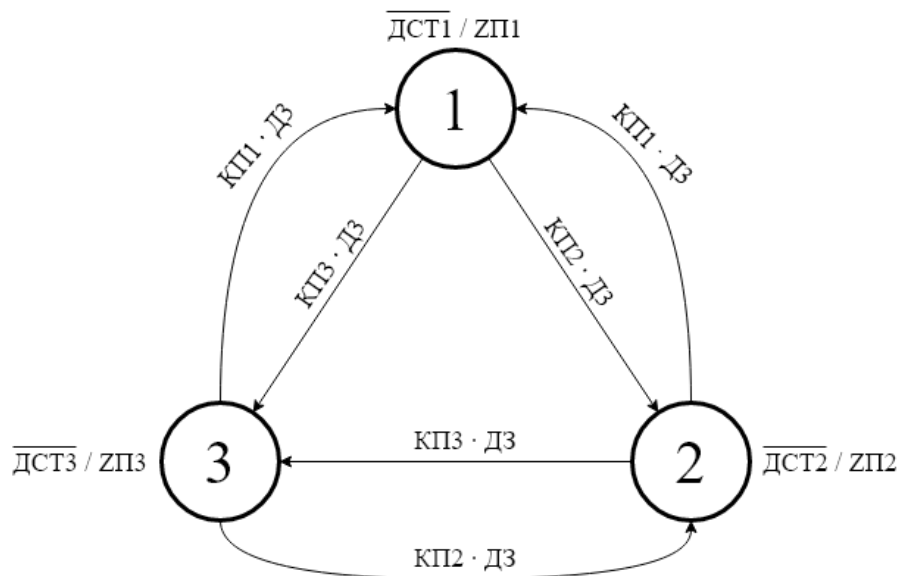


Рис. 2.1.1. Абстрактна математична модель електронного пристрою управління ліфтом.

Умовні позначення на рисунку вище мають наступне призначення:

- $КП1, КП2, КП3$ – сигнали від кнопок управління ліфтом до першого, другого та третього поверхів відповідно.
- $ДЗ$ – сигнал від датчика закриття дверей ліфта.
- $ДСТ1, ДСТ2, ДСТ3$ – сигнали від датчиків стопоріння при приході ліфта на перший, другий та третій поверх відповідно.
- $ЗП1, ЗП2, ЗП3$ – сигнали керування двигуном ліфта при його русі до першого, другого та третього поверхів відповідно.

Отже, стани абстрактної математичної моделі 1, 2 та 3 відповідно визначають поверх, до якого рухається ліфт. Перейдемо до створення структурної моделі та отримання канонічних рівнянь роботи схеми.

2.2. Розробка структурної математичної моделі та отримання канонічних рівнянь роботи

Перш ніж отримати канонічні рівняння роботи пристрою управління ліфтом, необхідно перетворити абстрактну математичну модель в структурну модель. Щоб забезпечити реалізацію трьох станів абстрактної моделі, потрібно в структурній моделі та згідно формулі $n = \lceil \log_2 3 \rceil = 2$ застосувати два елементи пам'яті, які дозволять задовільнити реалізацію чотирьох станів [6, 7, 8].

Для кодування трьох станів абстрактної математичної моделі скористаємось кодovими комбінаціями:

- 1 – 00;
- 2 – 01;
- 3 – 10.

Застосувавши ці комбінації, отримаємо закодовану структурну математичну модель пристрою управління ліфтом, граф якої приведено на рисунку 2.2.1.

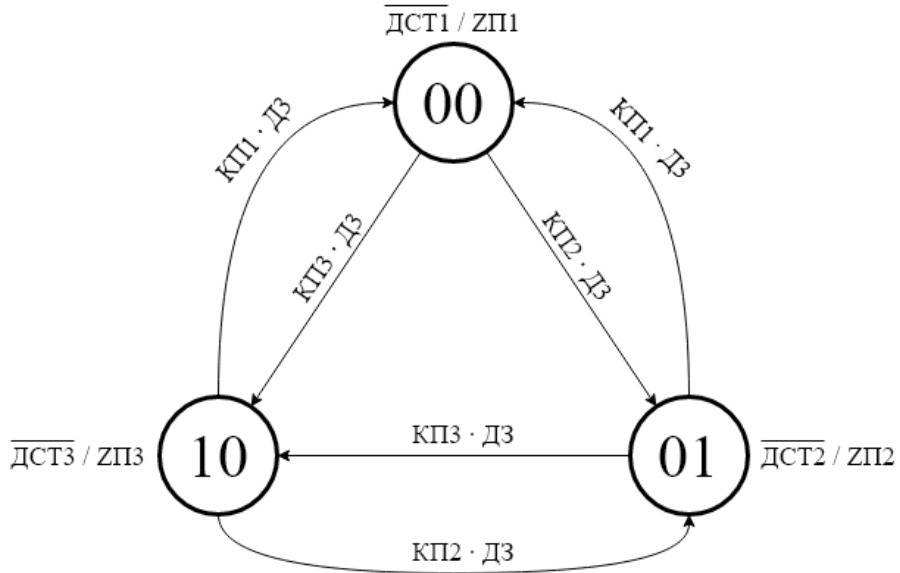


Рис. 2.2.1. Структурна математична модель електронного пристрою управління ліфтом.

Тепер необхідно отримати канонічні рівняння пристрою. Для цього зі структурної математичної моделі побудуємо відмічену таблицю переходів і виходів, які приведена в табл. 2.2.1 і табл. 2.2.2 [7, 8].

Таблиця 2.2.1

Таблиця переходів електронного пристрою управління ліфтом

a_i	q_i	00	01	10
КП2 · ДЗ		01	-	-
КП1 · ДЗ		-	00	00
КП3 · ДЗ		10	10	-
КП2 · ДЗ		-	-	01
$\overline{\text{ДСТ1}}$		-	-	-
$\overline{\text{ДСТ2}}$		-	-	-
$\overline{\text{ДСТ3}}$		-	-	-

Таблиця 2.2.2

Таблиця виходів електронного пристрою управління ліфтом

a_i	q_i	00	01	10
	КП2 · ДЗ			
	КП1 · ДЗ			
	КП3 · ДЗ			
	КП2 · ДЗ			
	$\overline{\text{ДСТ1}}$	ЗП1		
	$\overline{\text{ДСТ2}}$		ЗП2	
	$\overline{\text{ДСТ3}}$			ЗП3

Виходячи з отриманих табличних даних можемо скласти наступні канонічні рівняння, які описують роботу електронного пристрою управління ліфтом:

$$\varphi_1^1 = \text{КП2} \cdot \text{ДЗ};$$

$$\varphi_1^0 = \text{КП1} \cdot \text{ДЗ} \cdot \overline{y_2} \vee \text{КП3} \cdot \text{ДЗ};$$

$$\varphi_2^1 = \text{КП3} \cdot \text{ДЗ};$$

$$\varphi_2^0 = \text{КП1} \cdot \text{ДЗ} \cdot y_1 \vee \text{КП2} \cdot \text{ДЗ};$$

$$\text{ЗП1} = \overline{\text{ДСТ1}} \cdot \overline{y_2} \cdot \overline{y_1};$$

$$\text{ЗП2} = \overline{\text{ДСТ2}} \cdot \overline{y_2} \cdot y_1;$$

$$\text{ЗП3} = \overline{\text{ДСТ3}} \cdot y_2 \cdot \overline{y_1};$$

де φ_1^1 , φ_2^1 і φ_1^0 , φ_2^0 – функції включення і виключення відповідно першого і другого елементів пам'яті структурного автомата;

y_1 , y_2 і $\overline{y_1}$, $\overline{y_2}$ – сигнали на виходах першого і другого елементів пам'яті, які відповідають логічним сигналам «1» і «0» відповідно;

ЗП1, ЗП2, ЗП3 – сигнали управління пристрою.

Функція φ_1 відповідає елементу коду, розміщеному зправа, а φ_2 – відповідно зліва. Рівняння включення першого елемента пам'яті φ_1^1 отримують наступним чином.

У відміченій таблиці переходів розглядають усі переходи кодових станів цієї функції з «0» до «1» під дією вхідних змінних. У кон'юнкцію вхідних змінних також записують і змінну другого елемента пам'яті, якщо вона не міняє свій знак при цьому переході. Якщо цей перехід для функції φ_1^1 відбувається не один раз, а, наприклад, два, то знайдені кон'юнкції змінних об'єднують знаком диз'юнкції [8, 9].

Рівняння виключення першого елемента пам'яті φ_1^0 отримують аналогічно описаному, з тою лише різницею, що при цьому розглядають лише переходи із стану «1» до стану «0». Для решти функцій рівняння отримують аналогічно описаному вище.

З огляду на отримані рівняння видно, що вони не потребують мінімізації, тому етап розробки та обчислення математичної моделі роботи електронної схеми управління ліфтом завершено. Тепер необхідно перейти до аналізу елементної бази та підібрати програмовану логічну матрицю з необхідною кількістю входів/виходів, а також інші допоміжні елементи за необхідності.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОЇ СХЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛІФТОМ

Перш ніж аналізувати існуючі на ринку моделі, необхідно використати отримані раніше дані і сформулювати мінімальні вимоги до ПЛМ, для того, щоб мати чіткі критерії пошуку та відсіювати недоцільні з економічної точки зору варіанти. Такий підхід дозволить найбільш раціонально використовувати ресурси пристрою, оскільки майже всі його елементи будуть задіяні для забезпечення роботи електронної схеми.

Отже, для повного функціонування схеми управління необхідно врахувати такі вхідні та вихідні сигнали для інших елементів системи:

- КП1, КП2, КП3 – сигнали від кнопок управління ліфтом до відповідних поверхів.
- ДЗ – сигнал від датчика закриття дверей ліфта.
- ДСТ1, ДСТ2, ДСТ3 – сигнали від датчиків стопоріння при приході ліфта на поверх.
- y_1, y_2 і $\overline{y_1}, \overline{y_2}$ – сигнали на виходах першого і другого елементів пам'яті, які відповідають логічним сигналам «1» і «0» відповідно;
- ЗП1, ЗП2, ЗП3 – сигнали керування двигуном ліфта.
- φ_1^1, φ_2^1 і φ_1^0, φ_2^0 – функції включення і виключення відповідно першого і другого елементів пам'яті структурного автомата.

Враховуючи усі необхідні сигнали, ПЛМ повинна мати як мінімум 7 входів та 3 виходи, а з урахуванням сигналів для управління елементами пам'яті (наприклад RS-тригерів), входів повинно бути не менше 9, а виходів від 7. Тепер можна розглянути основні пропозиції на ринку електронних компонентів та підібрати доцільну для використання модель ПЛМ.

3.1. Аналіз та підбір елементної бази

До основних комерційних виробників ПЛМ та ПЛІС можна віднести компанії Atmel, Altera, AMD, Intel, Lattice Semiconductor, Xilinx. Згодом компанії Atmel та Xilinx було поглинуто корпораціями Intel та AMD відповідно, які зберегли вже запроваджені розробки та займаються розробкою нових моделей, і на сьогоднішній день вони продовжують випуск подібної лінійки мікросхем [10].

Якщо узагальнити всі сучасні прилади, які містять в собі програмовані логічні матриці, то можна віднести їх до трьох основних категорій [11]:

1. PAL/GAL (programmable array logic – програмовані матриці логіки, generic array logic – загальні матриці логіки) – одна з перших різновидностей цих мікросхем, вважається застарілою та має певні недоліки, порівняно з сучаснішими схемами.
2. CPLD (complex programmable logic device – програмовані логічні інтегралі схеми, або ПЛІС) – покращена версія ПЛМ, яка може мати в собі тисячі та десятки тисяч логічних вентилів одночасно, що дозволяє виконувати на одній схемі пристрої набагато більшої складності.
3. FPGA (field-programmable gate array – програмована користувачем вентильна матриця) – логічне продовження CPLD, але розвиток якого пішов у дещо іншому напрямку. Цей тип мікросхем в певній мірі нагадує мікропроцесори, оскільки складність такої схеми на порядок вища – до декількох мільйонів логічних вентилів. Також, на відміну від ПЛМ застосовуються спеціальні таблиці пошуку, які користувач може запрограмувати за допомогою призначених для цього входів.

Найбільш вдалим вибором для реалізації поставленої задачі є ПЛІС, тому що вони є найбільш сучасними серед тих схем, технічні характеристики яких підходять під мінімальні вимоги, раніше описані в цій роботі. Наявність порівняно великої кількості виробників та розповсюдженість різноманітних моделей на ринку роблять цей тип мікросхем доцільним з економічної та практичної точок зору, оскільки за необхідності можна підібрати схожі за технічними характеристиками прилади у різних виробників.

Провівши аналіз рішень, які пропонують користувачам на комерційній основі, у якості основного елемента було обрано ПЛІС компанії Atmel, модель ATF16V8B-15PU в корпусі PDIP-20. Далі буде розглянуто основні особливості та структуру цієї схеми, приведені з технічного паспорту [12].

Схема ПЛІС має у собі базову структуру програмуємої логічної матриці, яка включає в себе матрицю кон'юнкторів (елементи “І”) та матрицю диз'юнкторів (елементи “АБО”). На рисунку 3.1.1 приведено структурну схему даної ПЛІС.

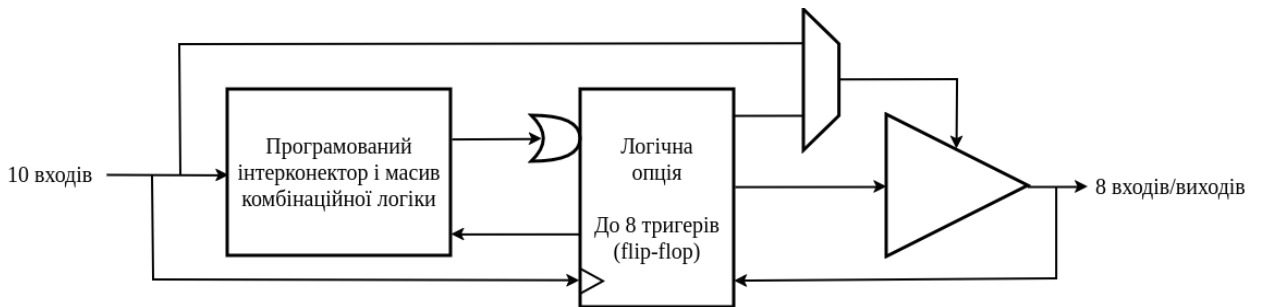


Рис. 3.1.1. Структурна схема ПЛІС ATF16V8B. Рисунок адаптовано з джерела [12].

Як видно зі схеми, вхідні сигнали одразу потрапляють до масиву комбінаційної логіки, а також йдуть на вхід до мультиплексору та тригерів логічних опцій. Інтерконектор та масив комбінаційної логіки мають зворотний зв'язок з тригерами, тому є можливість підключати виходи знову до входів масиву комбінаційної логіки. Після обробки вихідні сигнали потрапляють до операційного підсилювача, звідки можуть бути направлені до тригерів, або ж на вихід з мікросхеми.

Тепер розглянемо умовне графічне позначення мікросхеми для цієї моделі в корпусі формату PDIP-20, яке наведено на рисунку 3.1.2,

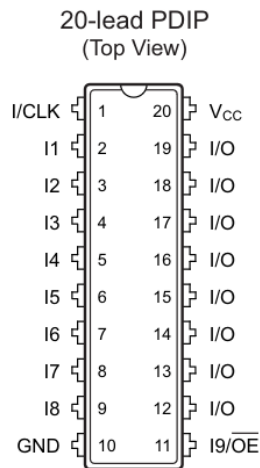


Рис. 3.1.2. Умовне графічне позначення ПЛІС ATF16V8B-15PU. Рисунок адаптовано з джерела [12].

де входи і виходи мікросхеми означають:

- 1 – логічний вхід/вхід тактового сигналу
- 2...9 – постійні логічні входи
- 10 – спільний вихід (подача 0 В)
- 11 – логічний вхід/увімкнення виходу
- 12...19 – постійні логічні входи/виходи
- 20 – вхід джерела живлення (подача +5 В)

Конкретно ця модель може бути запрограмована на роботу в трьох різних режимах, які повністю змінюють поведінку схеми та дозволяють підлаштувати її під різні потреби, такі як, наприклад, симуляція інших ПЛМ. Отже, при програмуванні схеми компілятор коду може обирати наступні програмні режими роботи:

- Registered mode – зареєстрований режим, в ньому кожному макрокомірці можна налаштувати як зареєстрований або комбінаторний вихід, або вхід/вихід, або як вхід. Виводи 1 та 11 налаштовані як вхід тактового сигналу та увімкнення виходу відповідно, і вони не можуть бути переналаштовані у якості виділених логічних входів.

- **Complex mode** – комплексний режим, в ньому можливі комбінаторний вихід і функції вводу/виводу. Виводи 1 і 11 є звичайними входами для масиву. Виводи з 13 по 18 мають зворотний зв'язок з масивом I, що робить можливим повний ввід/вивід. Виводи 12 і 19 (крайні макрокомірки) є тільки виходами. Виводи 1 та 11 стають виділеними логічними входами та використовують ланцюжки 19 та 12 виводів відповідно. Через це, виводи 19 та 12 не можуть бути перенаправленими на вхід в масив логіки за допомогою зворотного зв'язку.
- **Simple mode** – простий режим. У простому режимі виводи 15 і 16 (центральні макрокомірки) постійно налаштовані як комбінаційні виходи. Інші макрокомірки можуть бути як входами, так і комбінаційними виходами зі зворотним зв'язком з I-масивом. Виводи 1 і 11 є звичайними входами. В цьому режимі всі шляхи зворотного зв'язку вихідних виводів прокладені через сусідні виводи. Внаслідок цього виводи 15 та 16 не будуть мати зворотного зв'язку, оскільки вони переналаштовуються в якості виділених комбінаторних виходів.

3.2. Розробка схеми керування

Оскільки мікросхема, яка найбільш підходить вже була обрана, можна перейти до розробки схеми керування. У якості комірок пам'яті є доцільним використання двох RS-тригерів. Також були застосовані резистори для підтягування вихідних сигналів. Виходячи з канонічних рівнянь роботи пристрою, присвоїмо номери входам і виходам, згідно отриманих функцій, де порядковий номер відповідає номеру виводу мікросхеми на умовному позначенні, раніше приведені на рис. 3.1.2:

1 – сигнал ДЗ.

2 – сигнал y_1 першого RS-тригера.

3 - сигнал y_2 другого RS-тригера.

- 4 – сигнал КП1
- 5 – сигнал КП2
- 6 – сигнал КП3
- 7 – сигнал ДСТ1
- 8 – сигнал ДСТ2
- 9 – сигнал ДСТ3
- 10 – подача 0 В
- 11...12 – виводи не використані
- 13 – сигнал ЗП1
- 14 – сигнал ЗП2
- 15 – сигнал ЗП3
- 16 – функція вимкнення другого RS-тригера φ_2^0
- 17 – функція увімкнення другого RS-тригера φ_2^1
- 18 – функція вимкнення першого RS-тригера φ_1^0
- 19 – функція увімкнення першого RS-тригера φ_1^1
- 20 – подача живлення +5 В

Електронна схема пристрою для управління ліфтом, яка виконана із застосуванням ПЛІС та RS-тригерів, приведена на рисунку 3.2.1.

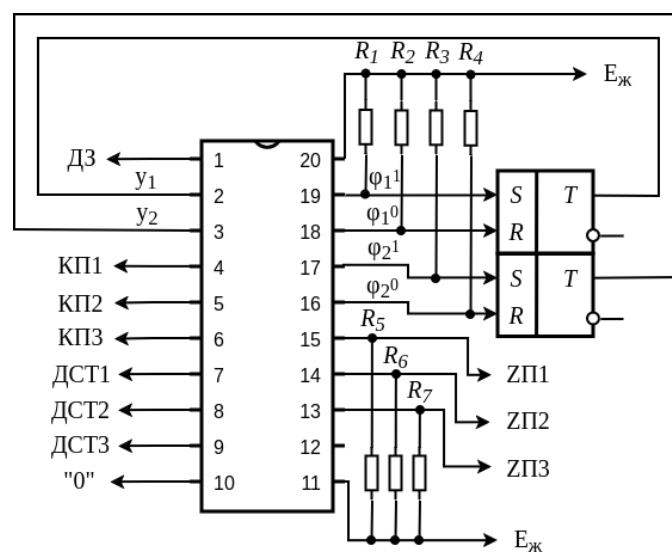


Рис. 3.2.1. Електронна схема пристрою для управління ліфтом.

Програмування цієї моделі ПЛІС відбувається за допомогою спеціальної мови програмування PLD в середовищі WinCUPL, яке входить до програмного пакету відкрито розповсюдженого компанією-розробником ПЛІС Atmel.

Структурно мова нагадує звичайні математичні рівняння, поєднані з англійськими словами, тому написання коду не викликає значних труднощів, що є значною перевагою даного типу ПЗ.

Кожна інструкція починається з нового рядка і обов'язково повинна закінчуватись крапкою з комою. Для з'єднання виводу з необхідною змінною, використовується ключове слово *Pin*, після чого пишеться порядковий номер виводу, а через знак дорівнює вказується назва змінної латинськими літерами. Присвоєння значення змінної відбувається схожим чином, лише за тою відмінністю, що додаткові ключові слова не потрібні і назва змінної одразу пишеться на початку рядка. Логічні оператори виражені за допомогою спецсимволів, таких як:

- ! – оператор NOT;
- # – оператор OR;
- & – оператор AND;
- \$ – оператор XOR.

Для того, щоб написати код, який буде виконувати необхідну логіку, потрібно здійснити деякі перетворення розрахованих раніше даних. Отже, канонічні рівняння буде переведено в програмний код, де кожному входу і виходу буде присвоєно відповідні назви, які будуть транслітеровані латинськими літерами, оскільки ця мова програмування не підтримує українські літери. Враховуючи вищесказане, готовий програмний код буде виглядати наступним чином.

Програма починається з “заголовку”, де вказано інформацію про назву

проекту, модель ПЛІС, автора, дату розробки, ревізію і т.п.:

Name Lift;

PartNo 00;

Date 17/05/2024;

Revision 01;

Designer Pinchuk;

Company None;

Assembly None;

Location None;

Device g16v8a;

Далі перелічено виводи мікросхеми, яким назначено змінні з відповідними назвами входів і виходів схеми:

Pin 1 = DZ;

Pin 2 = y1;

Pin 3 = y2;

Pin 4 = KP1;

Pin 5 = KP2;

Pin 6 = KP3;

Pin 7 = DST1;

Pin 8 = DST2;

Pin 9 = DST3;

Pin 13 = ZP3;

Pin 14 = ZP2;

Pin 15 = ZP1;

Pin 16 = fi_2_0;

Pin 17 = fi_2_1;

Pin 18 = fi_1_0;

Pin 19 = fi_1_1;

Завершальною частиною програми є безпосередньо логіка роботи схеми, яка в даному випадку представлена у вигляді логічних рівнянь, які

були отримані шляхом перетворення канонічних рівнянь на програмний код із застосування раніше згаданого синтаксису:

```
fi_1_1 = KP2 & DZ;
fi_1_0 = KP1 & DZ & !y2 # KP3 & DZ;
fi_2_1 = KP3 & DZ;
fi_2_0 = KP1 & DZ & y1 # KP2 & DZ;
ZP1 = !DST1 & !y2 & !y1;
ZP2 = !DST2 & !y2 & y1;
ZP3 = !DST3 & y2 & !y1;
```

Готовий програмний код необхідно скомпілювати за допомогою середовища WinCUPPL в спеціальний JEDEC формат, який є готовим до використання в універсальних програматорах, одним з яких є TL866II+. Процес компіляції, налаштування програматора та завантаження файлу прошивки в ПЛІС не описано в даній роботі, оскільки це виходить за рамки тематики даної роботи.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було поставлене завдання розробити електронну схему для управління ліфтом. Даний пристрій було розроблено із застосуванням теорії алгоритмів, математичної логіки, теорії скінченних автоматів та теорії програмування логічних матриць.

Було розглянуто загальні відомості про будову та принцип роботи ліфтів, а також проведено аналіз сучасних схем керування пристроями та розроблено алгоритм роботи, спрямований на мінімізацію кількості використовуваних елементів пам'яті та логічних вузлів.

Були створені абстрактна та структурна математичні моделі роботи електронної схеми, а також отримані канонічні рівняння на основі структурної схеми. Після аналізу отриманих канонічних рівнянь було виявлено, що для їх реалізації найкраще підходять програмуємі логічні матриці (ПЛІМ).

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз основних пропозицій на ринку сучасної елементної бази, який показав, що найбільш доцільним є застосування ПЛІС для виконання поставленої задачі. Після чого було підібрано модель ПЛІС з мінімально необхідними технічними характеристиками, а саме ATF16V8B-15PU виробника Atmel.

На основі вибраної ПЛІС було розроблено електронну схему для управління ліфтом, та реалізовано прошивку мікросхеми для виконання потрібної логіки роботи у вигляді програмного коду середовища WinCUPL.

Отримані результати свідчать про успішність застосування використаних методів та технологій у процесі розробки сучасних електронних систем. Розроблена модель у подальшому може бути використана для розроблення принципової електричної схеми приладу для управління ліфтом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міщук Д. О., Балака М. М. Ліфти і підйомники. *Конспект лекцій*, м. Київ / КНУБА. Київ, 2020. – 92 с.
2. Конспект лекцій [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/ptm/2020/Конспект_Лекцій_Літфи_і_підйомники.pdf.
3. Ермишкин В. Г. Техническое обслуживание лифтов / В. Г. Ермишкин. – М.: Недра, 1977. – 326 с
4. Принципова електрична схема вантажних ліфтів загального призначення [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://translift.com.ua/ua/statti/shema-vantajnogo-lifta.html>.
5. Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://ir.nmu.org.ua/jspui/bitstream/123456789/158793/1/КР_Панасенко.pdf.

6. Жабін В. І., Жуков І. А., Клименко І. А., Ткаченко Прикладна теорія цифрових автоматів. К.: Видавництво НАУ, 2007. - 364с.
7. Матвієнко М. П. Комп'ютерна логіка. – К.: Ліра-К, 2012. – 286 с.
8. Матвієнко М. П. Комп'ютерна логіка. – К.: Ліра-К, 2017. – 324 с.
9. Бабич М. А., Жуков И. А. Компьютерная схемотехника – К.: МК-Пресс, 2004 – 576с
10. Programmable Array Logic [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_Array_Logic
11. Programmable Logic Device [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_device
12. Atmel ATF16V8B, ATF16V8BQ*, and ATF16V8BQL - High-performance EE PLD Datasheet [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-0364-PLD-ATF16V8B-8BQ-8BQL-Datasheet.pdf>