

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра «Автоматизації виробничих процесів»

В авторській редакції

РОЗПОДІЛЕНІ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ

Навчально-методичні рекомендації
до виконання курсового проекту

Електронне видання



ДНІПРО
2025

Упорядник:
М. Д. Зінченко

Електронне видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми
«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»
Протокол № 6 від 07.01.2025.

Р 65 Розподілені інформаційно-управляючі системи : навчально-методичні рекомендації до виконання курсового проєкту / упоряд. М. Д. Зінченко ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро: УДУНТ, 2025. – 33 с.

Навчально-методичні рекомендації містять опис та методику виконання завдань, які підлягають опрацюванню під час виконання курсової роботи з «Розподілені інформаційно-управляючі системи» Наведені вихідні дані за варіантами, основні та необхідна довідкова інформація.

Призначаються для студентів, які здобувають освітній ступінь магістра на освітній програмі «Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка».

Іл.15. Табл. 6. Посилань: 3 назв.

ЗМІСТ

Передмова	4
1. Мета та завдання курсового проєкту	5
2. Вихідні дані до курсового проєкту	5
3. Рекомендації щодо виконання завдань	11
3.1. Компонування промислової мережі на базі модулів ADAM	11
3.2. Розробка структурної схеми обчислювальної мережі RS-485 та схеми підключень обраних модулів	19
3.3. Визначення двійкових кодів команди та відповіді, розрахунок контрольної суми	24
4. Структура пояснювальної записки	28
5. Критерії оцінювання курсового проєкту	29
Список літератури	29
Додаток 1. Таблиця ASCII-кодів	30
Додаток 2. Форма титульного аркуша пояснювальної записки	31
Додаток 3. Приклад оформлення схеми підключення модулів до обчислювальної мережі RS-485	32

ПЕРЕДМОВА

Навчальним планом підготовки магістрів за спеціальністю 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка на освітній програмі «Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка» передбачене виконання курсового проєкту з навчальної дисципліни «Розподілені інформаційно-управляючі системи». Курсовий проєкт охоплює навчальний матеріал дисципліни щодо застосування промислових комп'ютерних мереж та відповідних технічних засобів в автоматизованих інформаційних та управляючих системах.

Виконання даного курсового проєкту має на меті досягнення здобувачами вищої освіти запланованого очікуваного результату навчання: «Проектувати та налаштовувати обчислювальні промислові мережі та контури управління на базі послідовних інтерфейсів».

Виконання курсового проєкту базується на відповідному лекційному матеріалі та передбачає застосування студентами практичних навичок з компонування промислових зовнішніх інтерфейсів та налаштування модулів віддаленого збирання інформації ADAM-4000(5000) /RS-485, що набуті ними під час виконання лабораторного практикуму із зазначеної навчальної дисципліни.

У курсовому проєкті передбачене виконання низки завдань з розробки, налаштування та дослідження роботи послідовних інтерфейсів, зокрема, вирішення наступних типових завдань, характерних для роботи фахівця, який опікується створенням систем автоматичного управління із застосуванням послідовних інтерфейсів:

- проєктне компонування промислової мережі;
- розробка схем підключення зовнішніх пристроїв до модулів;
- визначення двійкових кодів команд, які передаються інтерфейсом RS-232, згідно з послідовністю бітів, що отримані за допомогою логічного аналізатора;
- визначення контрольної суми повідомлення.

Методичні рекомендації містять вихідні дані для виконання курсового проєкту за варіантами, опис та методику виконання завдань, які підлягають опрацюванню під час її виконання та критерії оцінювання курсового проєкту.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

1.1 Мета курсового проєкту

Метою курсового проєкту є набуття студентами навичок з:

- компонування та налаштування обчислювальних промислових мереж та контурів управління на базі послідовних інтерфейсів з використанням сучасних технічних засобів, що випускаються провідними світовими виробниками;

- виготовлення схем підключення засобів автоматизації;

- застосування стандартів МЕК щодо послідовних інтерфейсів.

1.2 Завдання курсового проєкту

За кожним варіантом, що містить конкретні вихідні дані для розробки локальної обчислюваної мережі RS-485 із застосуванням модулів віддаленого збору даних ADAM-4000, студентам необхідно:

1) обрати модулі ADAM-4000 та налаштувати згідно із заданим переліком сигналів їх параметри: адресу, швидкість передачі даних, діапазони вхідних та вихідних сигналів та відповідні коди;

2) скласти структурну схему обчислювальної мережі RS-485 та схеми підключень обраних модулів;

3) визначити двійкові коди команд та відповідей згідно із послідовністю бітів, що отримані з логічного аналізатора, та розрахувати відповідну контрольну суму.

2. ВИХІДНІ ДАНІ ДО КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

2.1. Перелік і параметри вхідних та вихідних сигналів для обрання та налаштування модулів ADAM-4000 згідно з варіантами наведені у табл. 2.1.

Перелік вхідних і вихідних сигналів

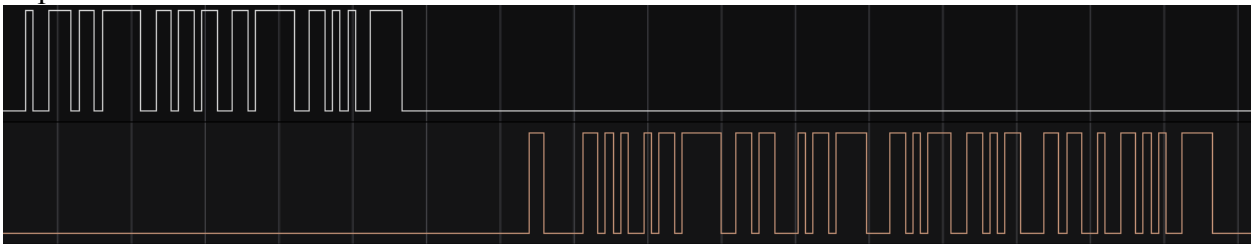
№ варіанту	Кількість вхідних аналогових сигналів			Термопары		Термометри опору		Кількість вхідних дискретних сигналів		Кількість вхідних частотних сигналів	Кількість вихідних аналогових сигналів		Кількість вихідних дискретних сигналів, що комутують кола		Кількість вихідних дискретних сигналів
	0-5 В	4-20, мА	0-100 мВ	ХА	ХК	Cu50	Pt100	=24В	~220В		=24В, 10 кГц	0-5В	4-20мА	=24В		~220В	=24В
1	4	5	3	2	3	2	3	1	10	3	1	2	3	5	4
2	2	7	2	3	2	3	2	2	9	2	2	1	4	6	5
3	1	10	4	4	1	2	3	3	8	4	1	2	6	2	3
4	6	6	1	1	4	1	2	4	7	6	3	1	7	1	2
5	10	2	1	2	3	2	2	5	6	1	2	2	9	1	1
6	9	4	3	3	2	3	2	6	5	4	1	2	8	3	6
7	3	6	5	4	1	4	1	7	4	5	2	1	1	7	5
8	5	7	2	1	4	2	3	8	3	3	1	3	2	8	4
9	8	4	4	2	3	3	2	9	2	7	3	1	5	5	3
10	7	1	6	3	2	1	4	10	1	8	1	2	4	5	7
11	5	3	3	4	1	2	3	5	5	1	2	2	3	7	8
12	3	8	2	2	3	1	4	4	6	2	2	1	6	4	9
13	1	10	4	5	1	3	2	3	7	5	3	1	7	3	3
14	9	2	8	1	4	2	3	2	8	4	1	3	3	6	4
15	4	9	1	2	3	4	1	1	9	3	2	2	2	9	7
16	6	5	5	3	2	3	2	6	4	6	3	2	4	7	2
17	8	4	3	3	3	2	3	7	5	1	1	3	5	6	3
18	7	5	4	4	1	1	5	12	3	2	2	2	1	10	4
19	2	8	3	5	1	3	1	9	4	4	2	2	7	4	5
20	10	2	2	2	4	2	3	8	6	3	1	3	4	8	8

2.2. Задані за варіантами послідовності бітів переданих команд та відповідей для визначення двійкового коду команди з подальшим переведенням його у шістнадцятковий та ASCII коди:

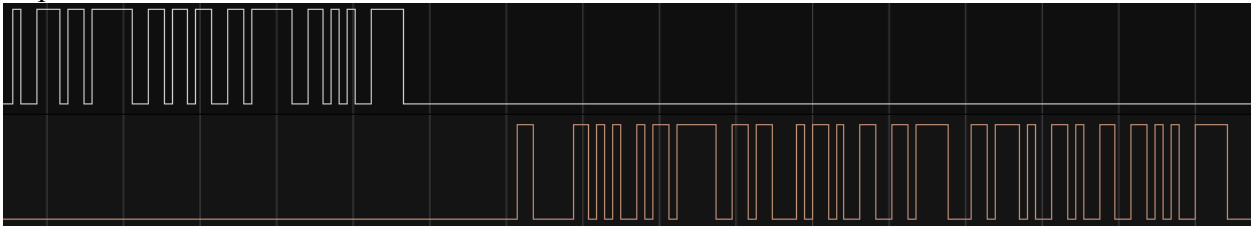
Варіант 1



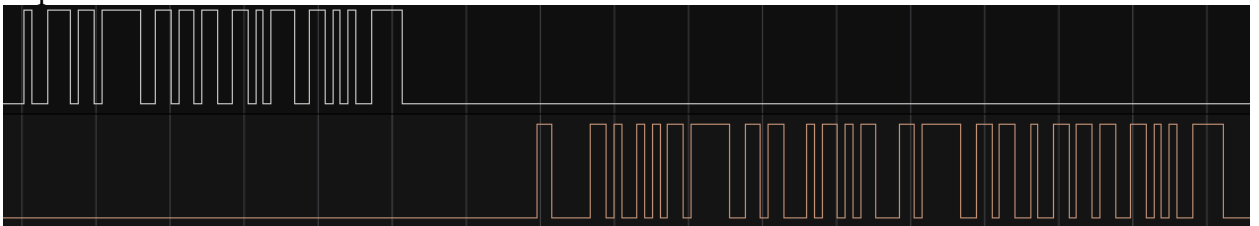
Варіант 2



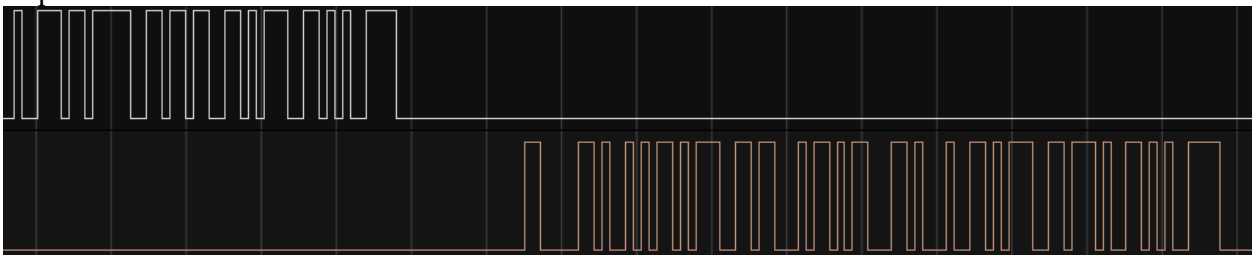
Варіант 3



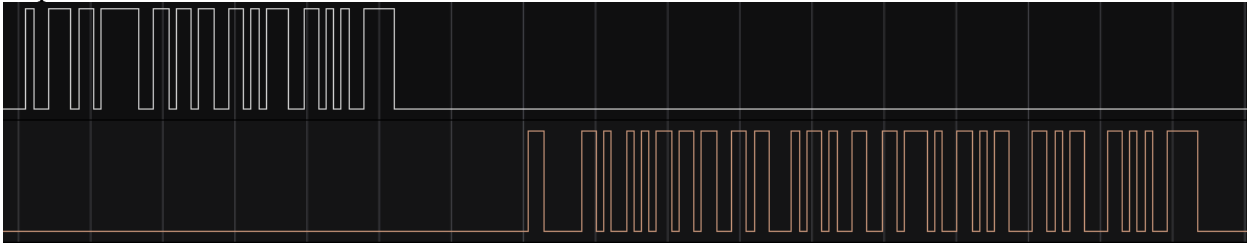
Варіант 4



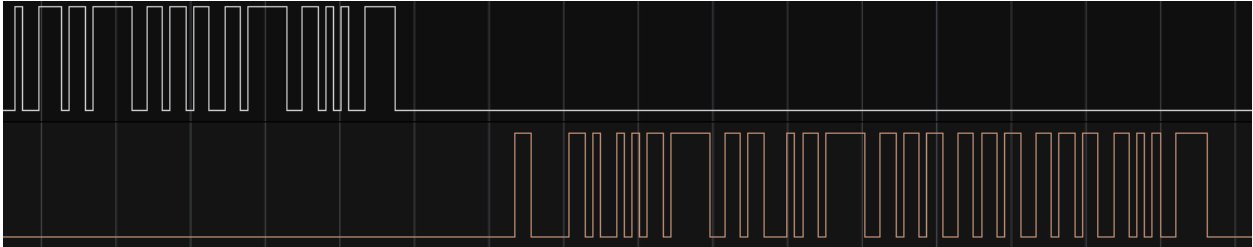
Варіант 5



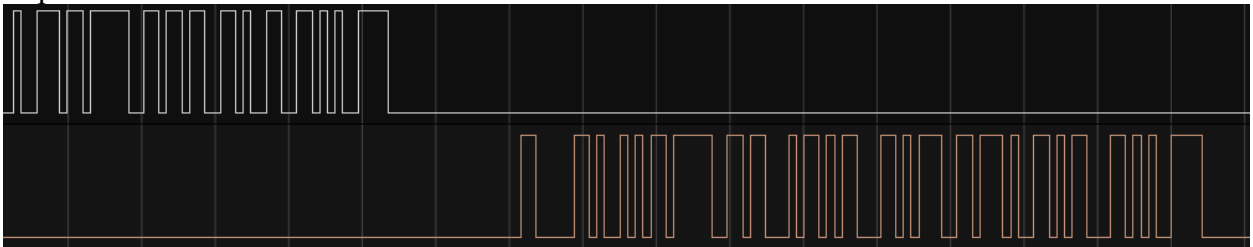
Варіант 6



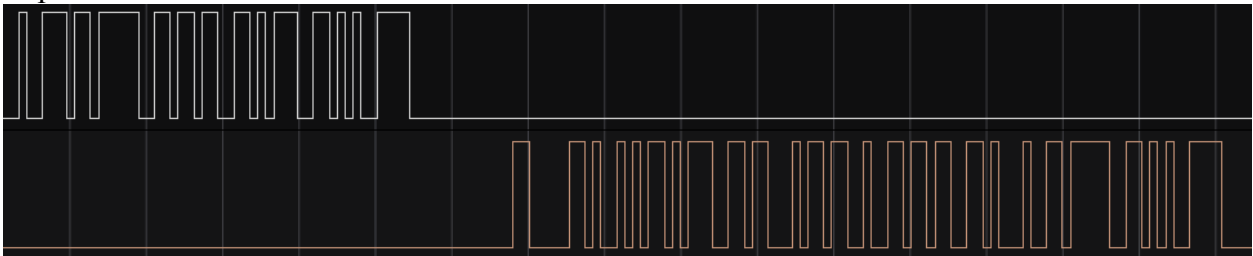
Варіант 7



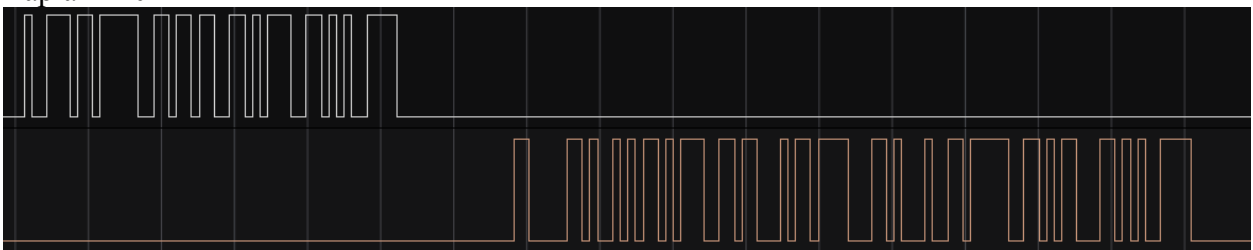
Варіант 8



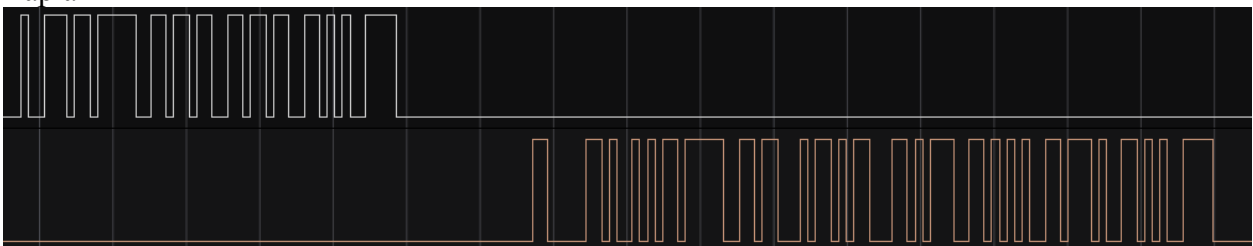
Варіант 9



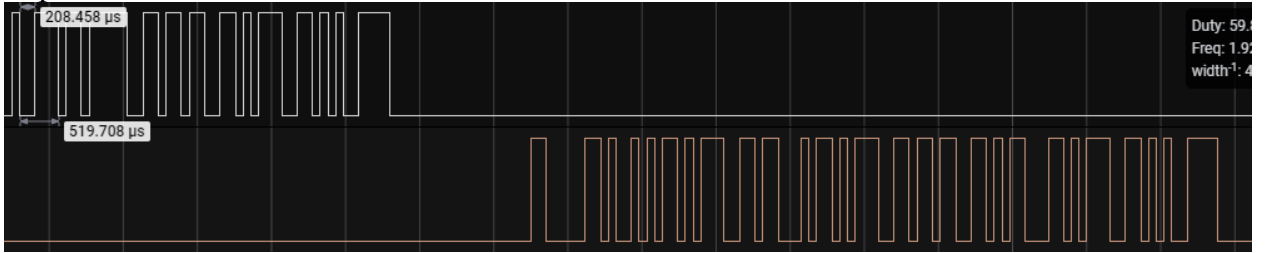
Варіант 10



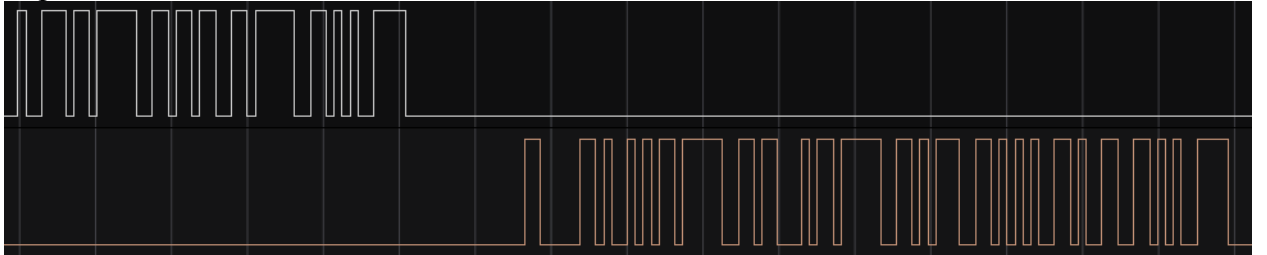
Варіант 11



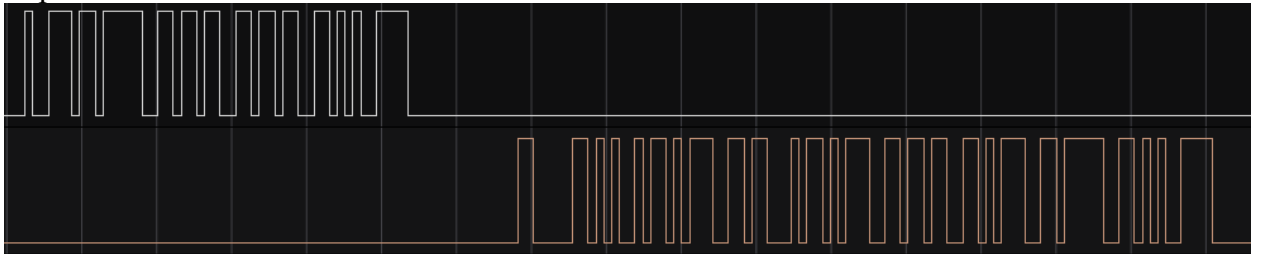
Варіант 12



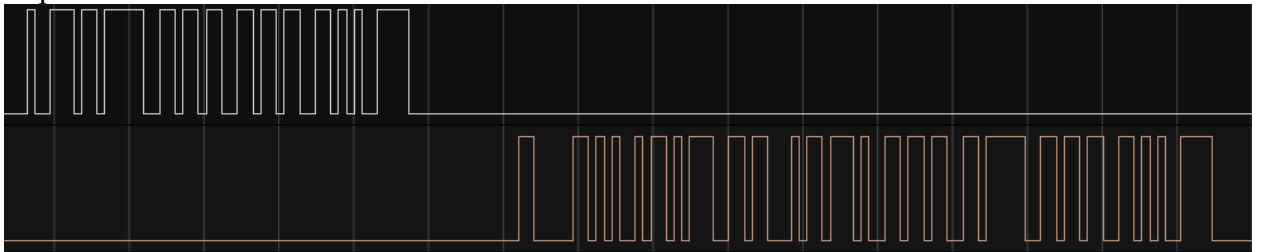
Варіант 13



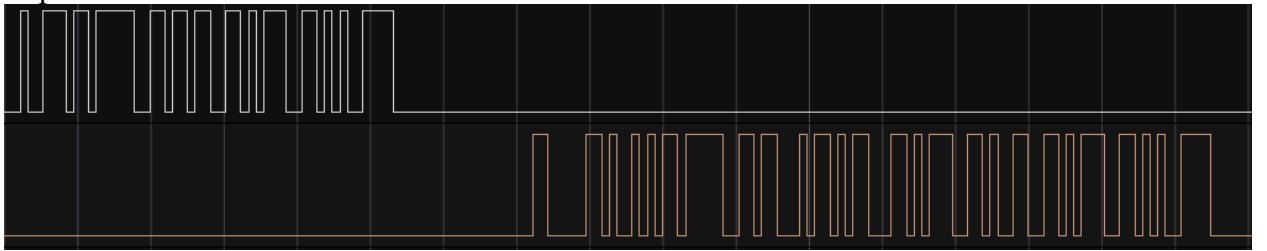
Варіант 14



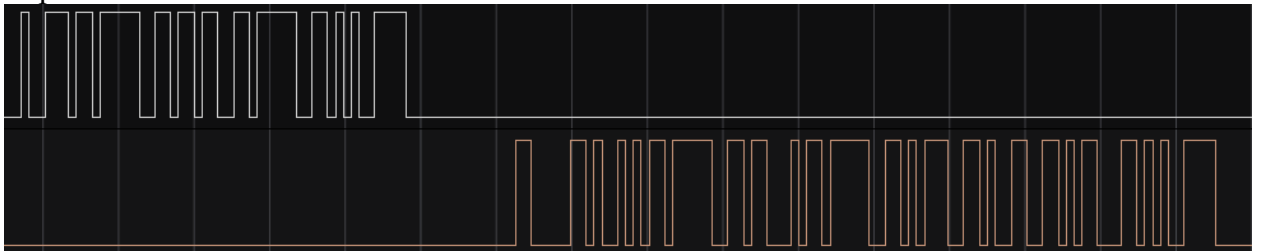
Варіант 15



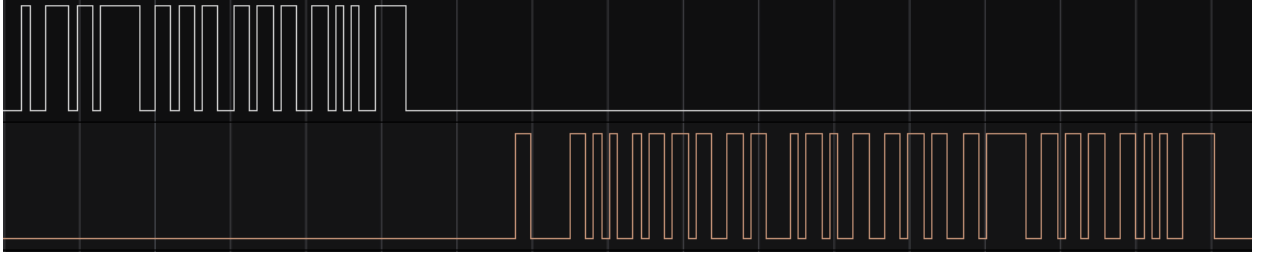
Варіант 16



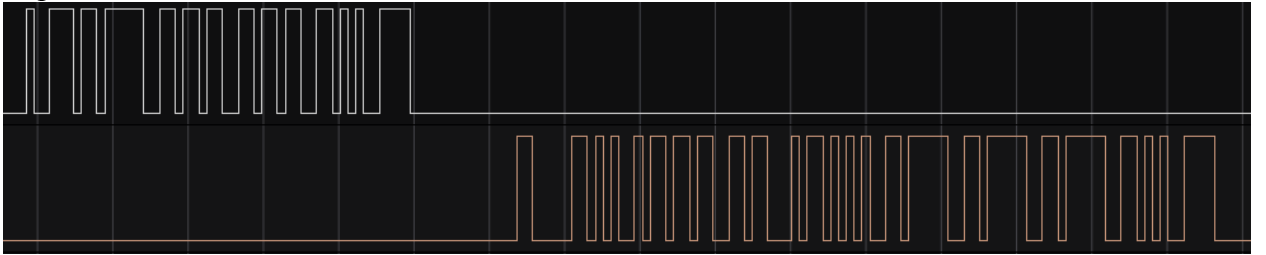
Варіант 17



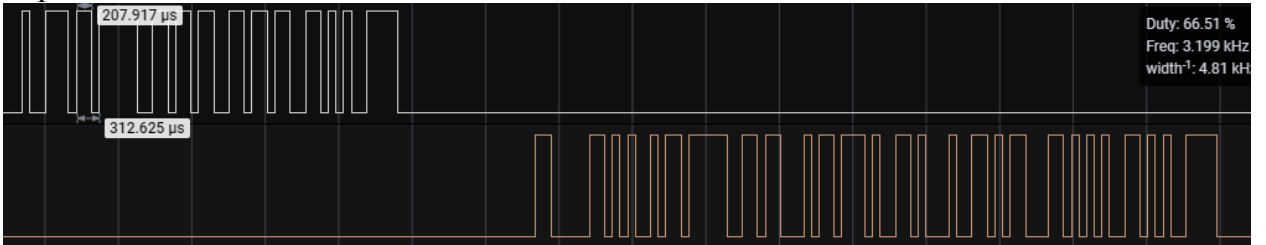
Вариант
18



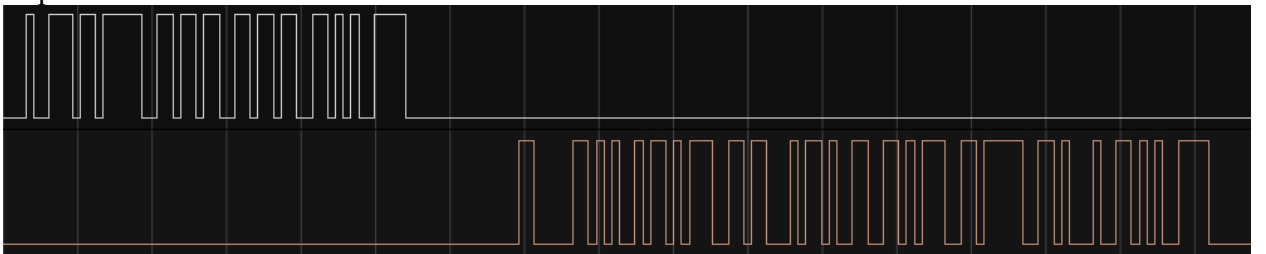
Вариант 19



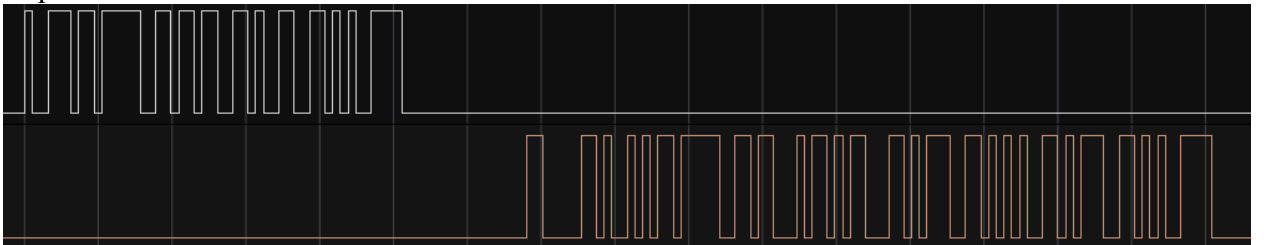
Вариант 20



Вариант 21



Вариант 22



3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ

3.1. Компонування промислової мережі на базі модулів ADAM

3.1.1. Модулі віддаленого збору даних ADAM-4000

Пристрої серії ADAM уявляють собою набір інтелектуальних модулів, які забезпечують інтерфейс датчик-комп'ютер та містять вбудовані мікроконтролери. Модулі дистанційно управляються за допомогою простого набору команд, які видаються в ASCII форматі та передаються по комунікаційному протоколу RS-485.

Модулі забезпечують узгодження сигналів, їх гальванічну ізоляцію, перетворення діапазонів, аналого-цифрове та цифро-аналогове перетворення, порівняння даних та цифрову передачу даних. Для забезпечення управління релейними та TTL-пристроями є модулі цифрового вводу/виводу.

Модулі мають програмне конфігурування та калібрування. Конфігурування виконується командами від системного комп'ютера, які дозволяють встановити один з можливих діапазонів входу за напругою, за струмом, за типом термопар або термометрів опору. Адреса введення / виведення, швидкість передачі, контроль парності, верхні та нижні межі контролю та параметри калібрування можуть бути встановлені дистанційно. Параметри конфігурування та калібрування можуть бути збережені в енергонезалежній пам'яті.

Модулі живляться напругою живлення +24 В від нерегульованих блоків живлення постійного струму. Дозволяється застосовувати будь-які блоки живлення з напругою в діапазоні від +10 В до +30 В постійного струму. Пульсації напруги живлення мають бути обмежені максимальним розмахом амплітуди 5 В, а миттєва величина пульсації напруги має перебувати в інтервалі від +10 В до +30 В.

Модулі ADAM можуть бути з'єднані для обміну інформацією з будь-яким комп'ютером або терміналом за інтерфейсом RS-485. Зв'язок виконується командами у текстовому ASCII-форматі, що дозволяє застосовувати будь-яку мову програмування. Кожний модуль має свій власний набір команд, який містить приблизно десять команд.

Модулі можуть бути встановлені поряд з об'єктом, це забезпечує зниження перешкод підчас вимірювання сигналів з датчиків.

До багатоточкової мережі на базі інтерфейс RS-485 можуть бути підключені до 256 модулів. Застосування повторювачів дозволяє підвищити

максимальну відстань до 1200 м. Підключення до мережі системного комп'ютера виконується через один із COM-портів за допомогою інтерфейсного перетворювача. З'єднання модулів в мережі виконується дводрововим кабелем – екранована вита пара.

Монтаж модулів здійснюється на DIN-рейку або встановлюються пакетом (етажеркою) (рис. 3.1).

Кожний модуль міститься у пластиковому корпусі, який захищає його від корозії, вологи та вібрації. Модулі можуть працювати в широкому температурному діапазоні: від 0 до 70 °С та в умовах відносної вологості до 95 % (за відсутності конденсату).

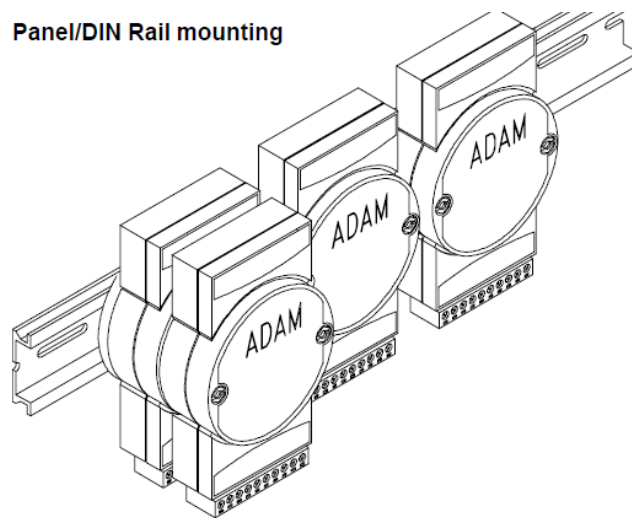


Рис. 3.1. Монтаж модулів на DIN-рейку

3.1.2. Будова модулів ADAM-4000. Схеми підключення модулів

Функціональна схема модуля ADAM-4011 наведена на рис. 3.2. Модуль складається з мультиплексора, підсилювача з можливістю регулювання коефіцієнта підсилювання, фільтра 10 Гц, 16-розрядного аналого-цифрового перетворювача, модуля гальванічної оптронної розв'язки, мікроконтролера, EEPROM пам'яті, одного дискретного входу, двох дискретних виходів, RS-485 com-порту.

Сигнал від датчиків через мультиплексор надходить до підсилювача та далі через фільтр до АЦП. Двійковий код з виходу АЦП через оптронну розв'язку поступає в мікроконтролер, де обробляється та перетворюється у двійковий послідовний код, який через COM-порт з інтерфейсом RS-485 поступає до комп'ютера. Мікроконтролер має шість базових функцій:

- лінеаризація термопар;

- комунікаційне програмне забезпечення та система команд;
- калібрування;
- аварійна сигналізація;
- лічильник подій;
- управління EEPROM пам'яттю, в якій зберігаються системні параметри;
- перетворювання даних.

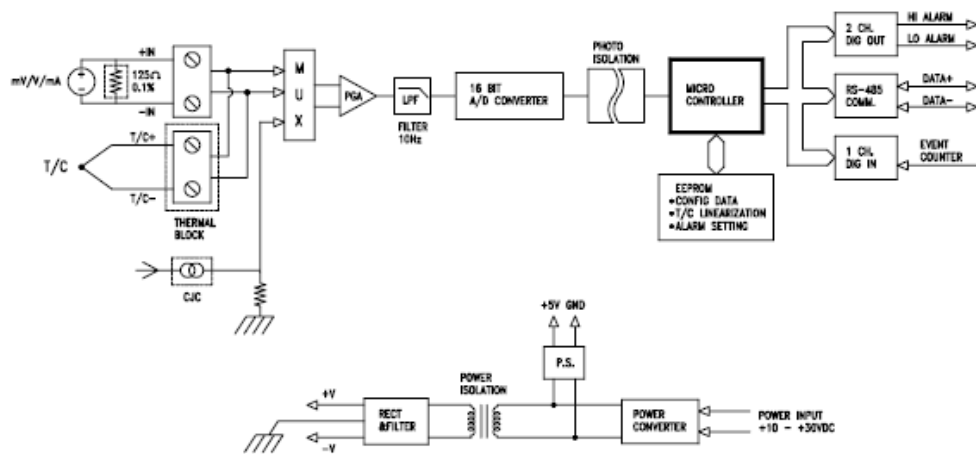


Рис. 3.2. Функціональна схема модуля ADAM-4011

Дискретні входи та виходи забезпечують формування сигналів аварійної сигналізації.

На рис. 3.3 наведена схема підключення модулів до комп'ютера. Модулі до комп'ютера можна підключати різними способами.

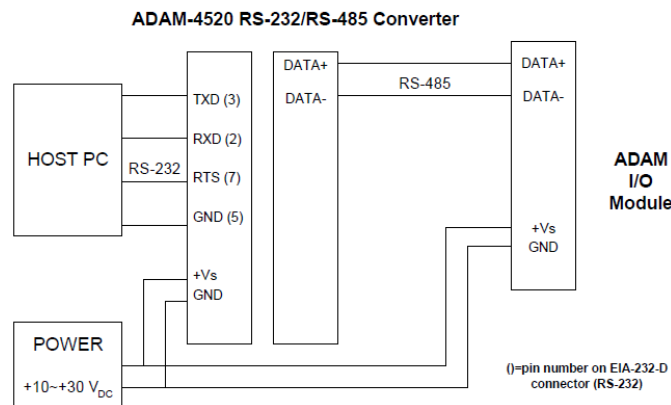


Рис. 3.3. Схема підключення модулів до комп'ютера

Якщо материнська плата або одноплатний комп'ютер має COM-порт з інтерфейсом RS-485, підключення виконується безпосередньо до цього порту.

Коли немає COM-порту з інтерфейсом RS-485, застосовують конвертер ADAM-4520 (RS-485/RS-232), якій підключають до COM-порту з інтерфейсом RS-232 за схемою (рис. 3.3).

Якщо необхідно використовувати декілька портів з інтерфейсом RS-485, застосовують мультипортові плати.

Налаштування модулів полягає у виборі швидкості передачі та установці адреси модуля. Заводська установка швидкості та адреси має такі значення:

- швидкість передачі – 9600 біт/с;
- адреса модуля – 01 (шістнадцятковий код);
- контрольна сума – відсутня (disabled).

Для визначення швидкості передачі модуля та адреси модуля за відсутності цієї інформації необхідно застосувати вхід INIT, за допомогою якого встановлюються такі параметри модуля:

- швидкість передачі – 9600 біт/с;
- адреса модуля – 00 (шістнадцятковий код);
- контрольна сума – відсутня (disabled).

Застосування входу INIT (схема підключення на рис. 3.4) виконується наступним чином:

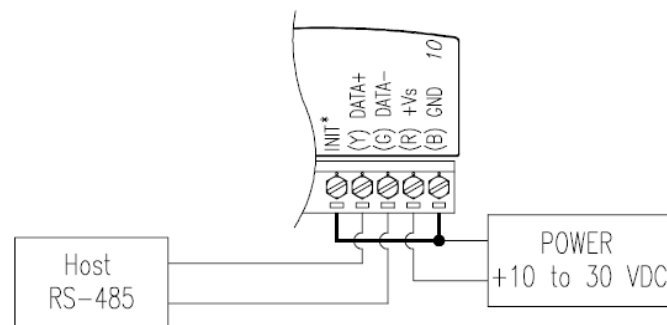


Рис. 3.4. Схема підключення при ініціалізації модулів

- подати живлення на всі компоненти схеми окрім модуля ADAM;
- з'єднати вхід INIT з GND живлення модуля;
- увімкнути модуль;
- зачекати 7 с для самокалібрування модуля;

- вимкнути модуль і зняти перемичку з INIT та GND живлення модуля;
- зачекати 7 с та перевірити параметри в комп'ютері;
- увімкнути модуль та перевірити встановлені параметри.

Приклад застосування модуля ADAM-4011 в системі регулювання температури наведений на рис. 3.5.

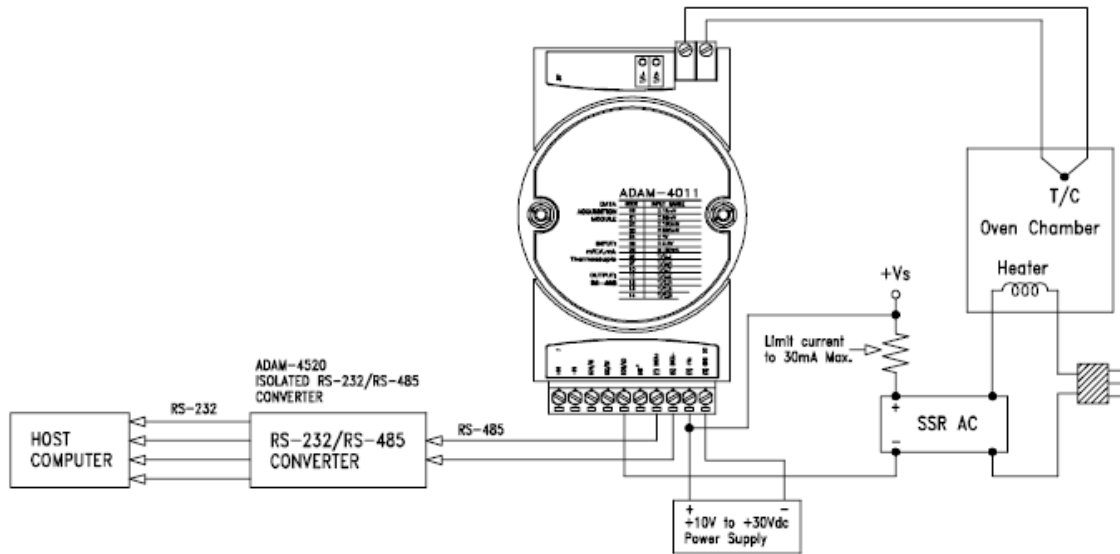


Рис. 3.5. Приклад застосування модуля ADAM-4011 в системі регулювання температури

3.1.3. Конфігурування модулів

Модулі використовують систему команд, синтаксис яких передбачає наступну структуру: [роздільник] [адреса] [команда] [дані] [контрольна сума] [повернення каретки].

Кожна команда починається з роздільника. Роздільник – це двосимвольна адреса, яка визначає тип модуля. Адреса модуля також двосимвольна.

Існує 4 типи роздільників: \$, #, % та @.

Усі команди мають бути записані прописними літерами.

Система команд поділяється на 4 групи:

- команди аналогових вхідних модулів;
- команди аналогових вихідних модулів;

- команди дискретних вхідних/вихідних модулів та релейного вихідного модуля;
- команди лічильників.

Команда конфігурування модуля, яка задається з комп'ютера встановлює адресу, швидкість передачі, формат даних, статус контрольної суми, та/або час інтегрування для аналогових вхідних модулів та має наступний вигляд:

%AANNTTCCFF

Синтаксис - %AANNTTCCFF(cr):

- % - символ роздільника;
- AA – (діапазон 00-FF) 2-символьна шістнадцяткова адреса аналогового вхідного модуля, який конфігурується;
- NN – (діапазон 00-FF) нова шістнадцяткова адреса аналогового вхідного модуля;
- TT- код діапазону вимірювання вхідного сигналу;
- CC – код швидкості передачі;
- FF – шістнадцяткове число, яке дорівнює 8 бітам і задає формат даних, статус контрольної суми, час інтегрування (розміщення 8-бітного параметру наведено на рис. 3.6. Біт 2-5 не застосовуються та встановлюються в «0»);
- (cr) – символ кінця, повернення каретки (0Dh).

7	6	5	4	3	2	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

7 біт – час інтегрування

0 - 50 мс (при частоті живленні 60 Гц)

1 - 60 мс (при частоті живленні 50 Гц)

6 біт – статус контрольної суми

0 – не застосовується (Disabled)

1 – застосовується (Enabled)

5-2 біти – не застосовуються

1-0 біти – формати даних

00 – інженерні одиниці

01 – % від повної шкали

10 – шістнадцятковий код

11 – Ом (для модулів 4013 і 4015)

Рис. 3.6. Схема бітів 8-бітного параметра FF

Відповідь від модуля на команду конфігурування:

– якщо команда уведена правильно

!AA(cr) ;

– якщо був уведений невірний параметр або вивід ІІНІТ не був підключений до GND, коли була здійснена спроба змінити швидкість передачі або налаштування контрольної суми

?AA(cr) .

Синтаксис:

! – символ роздільника вказує, що отримана правильна команда;

? – символ роздільника вказує, що отримана команда невірна;

AA – 2-символьна шістнадцяткова адреса аналогового вхідного модуля(діапазон 00-FF);

(cr) – символ кінця, повернення каретки (0Dh).

Відповідь модуля відсутня, якщо модуль виявляє синтаксичну помилку або помилку зв'язку, або обрана адреса не існує.

Приклад 1:

Команда:

%2324050600(cr)

Відповідь:

!24(cr)

Модуль ADAM-4011 з адресою 23h конфігурується на адресу 24h, вхідний діапазон $\pm 2,5$ В, швидкість передачі 9600, час інтегрування 50 мс (60 Гц), формат даних - інженерні одиниці, перевірки контрольної суми відсутні.

Відповідь вказує, що команда отримана.

Необхідно зачекати 7 с для встановлення нової конфігурації та тільки після цього застосувати нову команду.

Приклад 2:

Команда введення аналогових даних:

#AA

Опис – команда повертає значення входу з обраного модуля з адресою AA в обраному форматі даних.

Синтаксис: #AA(cr);

– символ роздільника;

AA – 2-символьна шістнадцяткова адреса (діапазон 00-FF) аналогового вхідного модуля;

(cr) – символ кінця, повернення каретки (0Dh).

Відповідь:

>(data)(cr)

> – символ роздільника;

(data) – значення входу в обраному форматі опитаного модуля;

(cr) – символ кінця, повернення каретки (0Dh).

Відповідь модуля відсутня, якщо модуль виявляє синтаксичну помилку або помилку зв'язку або обрана адреса не існує.

Приклад 3:

Команда:

#33(cr);

Відповідь:

>+5.8222(cr);

Команда опитує вхідний аналоговий модуль з адресою 33h для зчитування вхідного сигналу.

Аналоговий модуль введення відповідає +5.8222 В (обраний формат даних аналогового вхідного модуля в такому випадку є інженерні одиниці).

3.1.4. Коди параметрів модулів для їх налаштування

Вибір параметрів конфігурування різних модулів здійснюється згідно із кодами, що наведені у таблицях 3.1 – 3.4.

Таблиця 3.1

Коди швидкості передачі

Код швидкості передачі, Hex	Швидкість передачі, біт/с
03	1200
04	2400
05	4800
06	9600
07	19200

Таблиця 3.2

Коди діапазону вимірювання

Код діапазону, Hex	Діапазон вимірювання вхідного сигналу ADAM-4011, ADAM-4018
00	± 15 мВ
01	± 50 мВ
02	± 100 мВ
03	± 500 мВ
04	± 1 В
05	± 2,5 В
06	± 20 мА, резистор 125 Ом
0E	Термопара типа J 0 - 760°C
0F	Термопара типа K 0 - 1000°C
10	Термопара типа T -100 - 400°C
11	Термопара типа E 0 - 1000°C
12	Термопара типа R 500 - 1750°C
13	Термопара типа S 500 - 1750°C
14	Термопара типа B 500 - 1800°C

Таблиця 3.3

Коди діапазону вимірювання

Код діапазону, Hex	Діапазон вимірювання вхідного сигналу ADAM-4012, ADAM-4014D, ADAM-4017
08	± 10 В
09	± 5 В
0A	± 1 В
0B	± 500 мВ
0C	± 150 мВ
0D	± 20 мА, резистор 125 Ом
Код діапазону, Hex	Діапазон вимірювання вхідного сигналу ADAM-4013
20	Pt, $-100 \dots 100^{\circ}\text{C}$
21	Pt, $0 \dots 100^{\circ}\text{C}$
22	Pt, $0 \dots 200^{\circ}\text{C}$
23	Pt, $0 \dots 600^{\circ}\text{C}$
24	Pt, $-100 \dots 100^{\circ}\text{C}$
25	Pt, $0 \dots 100^{\circ}\text{C}$
26	Pt, $0 \dots 200^{\circ}\text{C}$
27	Pt, $0 \dots 600^{\circ}\text{C}$
28	Ni, $-80 \dots 100^{\circ}\text{C}$
29	Ni, $0 \dots 100^{\circ}\text{C}$

Таблиця 3.4

Коди діапазону вихідних сигналів

Код вихідного діапазону, Hex	Вихідний діапазон модуля ADAM 4021
30	0 – 20 мА
31	4 – 20 мА
32	0 – 10 В

3.2. Розробка структурної схеми обчислювальної мережі RS-485 та схеми підключень обраних модулів

3.2.1. Обчислювальна мережа RS-485

Можливість включення модулів до локальної обчислювальної мережі RS-485 уможлиблюється завдяки наявності у них адреси. Мережа має архітектуру Master-Slave. То ж модулі в мережі перебувають в режимі очікування запиту від комп'ютера, який формує відповідні команди. Схема з'єднання наведена на рис. 3.7.

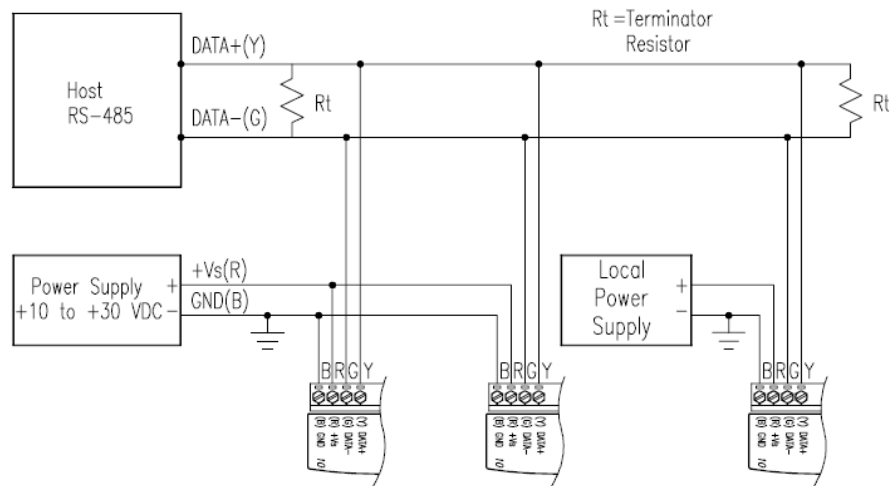


Рис. 3.7. Схема підключення модулів до обчислювальної мережі RS-485

Стандарт Асоціації електронній промисловості (EIA) RS-485 являє собою широко використовуваний промисловий стандарт на двоспрямовану, симетричну лінію передачі. Стандарт був розроблений для промислових багатовузлових систем для забезпечення передачі та прийому даних на високих швидкостях та великих відстанях.

Протокол стандарту EIA RS-485 відрізняють наступні характеристики:

- максимальна довжина лінії в межах одного сегменту мережі: 1200 м;
- пропускна здатність – 10 Мбод та вище;
- диференційна лінія передачі;
- максимальна кількість вузлів у сегменті – 32;
- двоспрямована комунікаційна лінія з функцією арбітражу із кабелем вита пара на фізичному рівні;
- можливість підключення паралельних вузлів.

Модулі ADAM є повністю ізольованими і під час передачі та прийому даних використовують єдину виту пару. Оскільки з'єднання вузлів виконується паралельно, модулі можуть бути відключені від головного комп'ютера на певний час без впливу на функціонування інших вузлів. Застосування екранованої витої пари в промислових умовах є найкращим, через те, що забезпечує велике значення відношення «корисний сигнал / шум».

При спільній роботі вузлів в мережі в ній не відбуваються конфлікти під час передачі даних, тому що використовується проста послідовність: команда / отримане значення. В мережі завжди присутній один ініціатор обміну, який не має адреси, і велика кількість пасивних вузлів, які мають адреси. У більшості випадків ініціатором є персональний комп'ютер, підключений через свій послідовний порт RS-232 до конвертора RS-232/RS-485. Як пасивні вузли обміну даними виступають модулі ADAM. Якщо модулі не передають дані, вони знаходяться в стані очікування.

Головний комп'ютер ініціює обмін даними з одним із модулів шляхом надсилання команди та отримання відповіді. Команда містить адресу модуля, з яким комп'ютер бажає встановити зв'язок. Модуль зі вказаною адресою виконує команду та передає відповідь до комп'ютера.

3.2.2. Типи мережевих з'єднань

Багатоточкова структура мережі RS-485 працює на базі двопровідного з'єднання вузлів у сегменті мережі. Модулі підключаються до цих двох ліній за допомогою відгалужувачів (drop cables). Таким чином, усі підключення виконуються паралельно й будь-які приєднування або від'єднування жодним чином не впливають на роботу мережі в цілому. Модулі ADAM працюють за стандартом RS-485 та використовують команди у форматі ASCII-кодів і можуть приєднуватися та обмінюватися інформацією з різними комп'ютерами та терміналами, які сприймають ці коди. При створенні мережі на базі інтерфейсу RS-485 можуть бути застосовані наступні схеми з'єднань:

- ланцюжком;
- зіркою;
- комбіноване.

З'єднання ланцюжком (дейзі-з'єднання) (рис. 3.8). Останнім модулем мережі є повторювач. Повторювач безпосередньо підключений до двопровідної лінії мережі. Він закінчує один сегмент і починає наступний. До одного ланцюжка може бути підключено до 16 адресованих модулів. Це пов'язано з обмеженими можливостями мережі. При підключенні до сегмента більшої кількості модулів, струм в мікросхемі формувача сигналу падає, що призводить до виникнення помилок в лінії. Усього до однієї мережі

може бути підключено до 256 модулів. Обмеження модулів обумовлене тим, що адреса задається як двосимвольний шістнадцятковий код, який дозволяє задати лише 256 комбінацій. Модулі ADAM, конвертер, повторювач та комп'ютер не мають адреси, а отже не входять до цієї кількості.

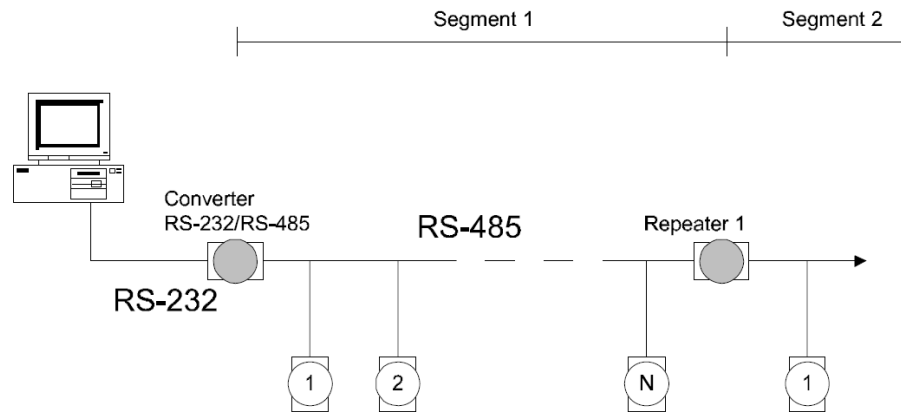


Рис. 3.8. З'єднання ланцюжком

З'єднання зіркою (рис. 3.9). При використанні цієї схеми повторювачі приєднуються до розгалужувачів, які відходять від основної двопровідної лінії першого сегменту й, таким чином, створюється деревоподібна структура мережі. Застосування цієї схеми не рекомендується, якщо використовуються довгі лінії. У цьому випадку буде мати місце велика кількість спотворень сигналу в лінії, які спричинені відбиттям сигналів в декількох точках мережі.

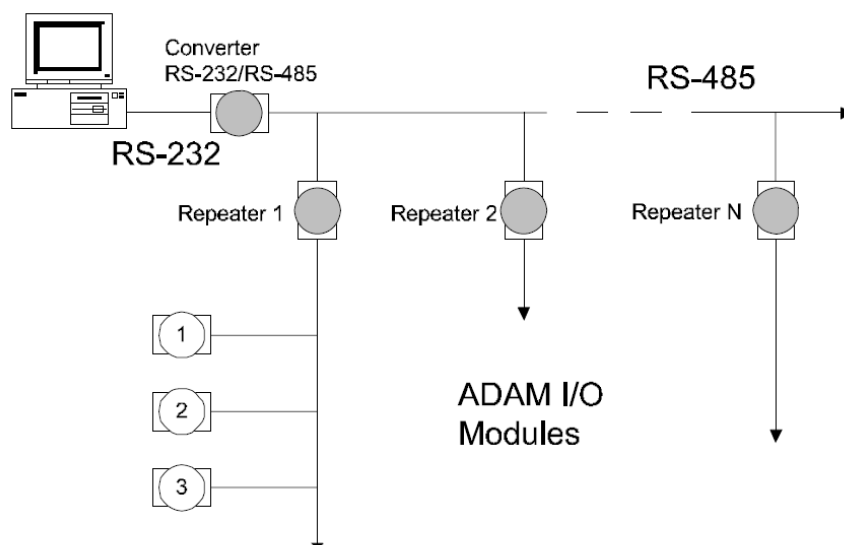


Рис. 3.9. З'єднання зіркою

Комбіноване з'єднання (рис. 3.10) є комбінацією зіркової структури та з'єднання ланцюжком.

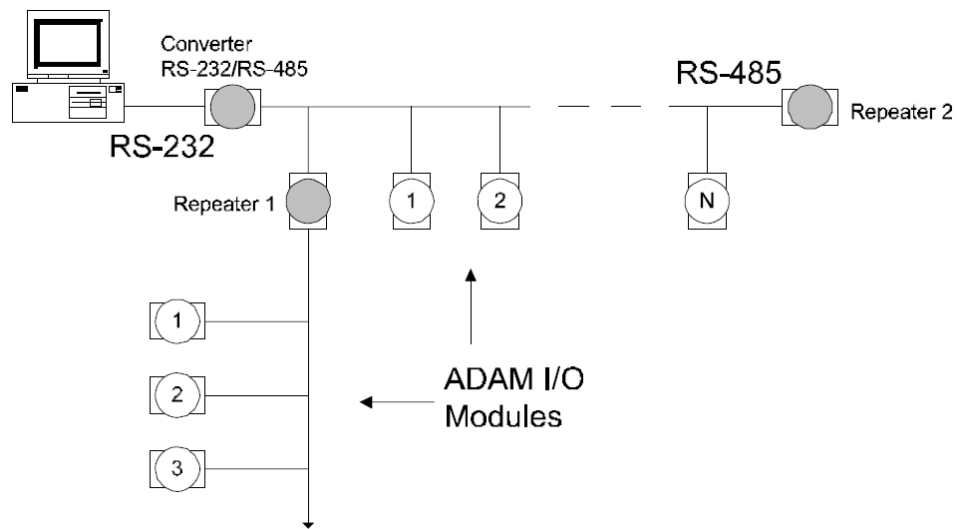


Рис. 3.10. Комбіноване з'єднання

3.2.3. Узгодження лінії

Кожний випадок нерівномірності імпедансу лінії призводить до відбиття і спотворення сигналу, що передається. Якщо нерівномірність імпедансу існує в лінії передачі, це одразу ж призводить до ефекту відбиття сигналу, який спотворює початковий сигнал (рис. 3.11). Особливо цей ефект проявляється на кінцях лінії. Для усунення нерівномірності треба встановити на кінцях лінії резистори, які узгоджують лінію (рис. 3.12). Номінал резистора обирається у 110 Ом.

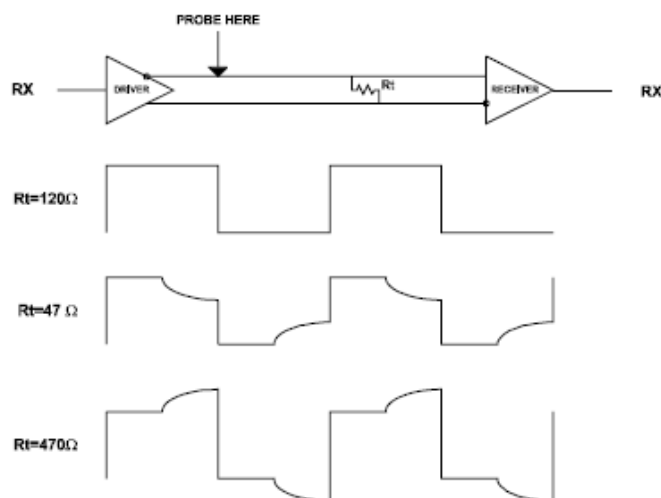


Рис. 3.11. Спотворення сигналу в лінії

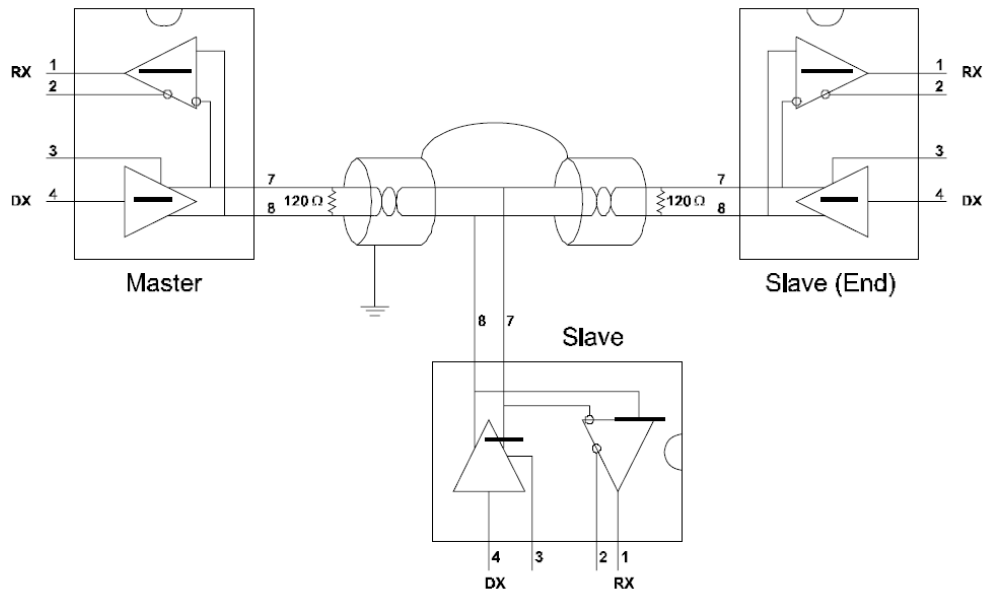


Рис. 3.12. Місце встановлення резистора, що узгоджує

3.3. Визначення двійкових кодів команди та відповіді, розрахунок контрольної суми

3.3.1. Формат передачі символів

Двійкові коди, які можуть бути числами або символами, передаються послідовним інтерфейсом згідно з наступним форматом: «стартовий біт», «біти даних молодшим бітом вперед», «біт паритету», «1, 1.5, 2 стопових біти». За відсутності передачі двопровідна лінія знаходиться в стані логічної одиниці. З появою стартового біту лінія переходить до стану логічного нуля, тобто стартовий біт, який є початком передачі символу, являє перехід зі стану логічної одиниці до стану логічного нуля. Далі за сигналами тактового генератора зчитуються біти даних, а далі – стопові біти.

Синхронізація початку та закінчення передачі символів виконується стартовими та стоповими бітами. Синхронізація всередині символу виконується сигналами тактового генератора, частота яких у 16 разів більше за швидкість передачі. Таким чином, інформація передається послідовним інтерфейсом послідовністю бітів, які треба зчитувати під час прийому даних і правильно інтерпретувати та відображати у вигляді символів.

Такий стан сигналів належить до вихідних сигналів ТТЛ-рівня приймача-передавача комп'ютера, але насправді в лінії зв'язку сигнали мають інвертований вигляд, за яким логічній одиниці відповідає напруга в діапазоні $-3\dots-12\text{В}$, а логічному нулю – $+3\dots+12\text{В}$ (рис. 3.13).

Під час передачі сигналів застосовується NRZ (*Non Return to Zero*) кодування без повернення до нуля впродовж передачі послідовності сигналів одного стану. На рис. 3.13 наведена послідовність бітів під час передачі символу 30h, що відповідає двійковому числу 00110000. Спочатку – стартовий біт, потім 4 молодші біти: 0000, потім 4 старші біти: 1100, потім 1 стоповий біт і знову стартовий біт.

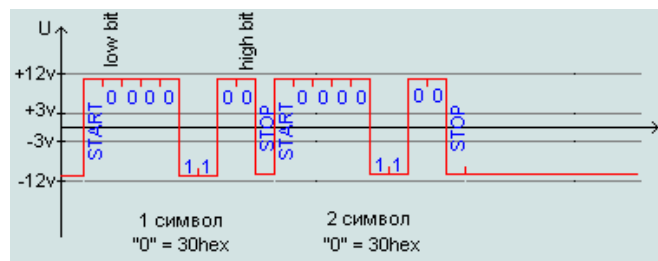


Рис. 3.13. Діаграма сигналів послідовного інтерфейсу RS-232C

Під час передачі можуть виникати помилки, які можуть бути спричинені як помилками в програмному забезпеченні, так і перешкодами в лінії зв'язку, що призводять до неможливості передати або прийняти повідомлення. Отже, необхідно аналізувати передану послідовність бітів, яку можна отримати за допомогою логічного аналізатора, що підключається до лінії зв'язку, зчитує біти та показує їхню послідовність на екрані монітора. Аналіз цієї послідовності надає можливість виявити помилки під час передачі.

3.3.2. Приклад аналізу послідовності бітів

Надана послідовність бітів, що отримана при подачі команди #020 до модуля аналогового введення даних I-7018, який є аналогом модуля ADAM-4018. Команда створена за допомогою пакету DCON Utility Pro V 2.0.0.6.

До лінії зв'язку був підключений логічний аналізатор Analyzer 24MHz8CH та програмний пакет Logic 2 компанії Saleae LLC для обробки отриманих даних.

На рис. 3.14 наведена послідовність бітів в лінії зв'язку, яка отримана під час передачі команди #020. Зверху наведені пояснення, щодо стану двійкового коду, яким ця послідовність бітів відповідає. За відсутності передачі на лінії зв'язку присутній стан логічної одиниці, якому відповідає низький рівень сигналу, адже сигнали інвертовані (рис. 3.13).

Запиту #020 в ASCII-кодах відповідає послідовність шістнадцяткових кодів: 23 30 32 30 0D, де 0D – код символу повернення каретки CR, він додається в кінці командного рядка. Цієї послідовності шістнадцяткових кодів своєю чергою відповідають наступні двійкові коди;

00100011 00110000 00110010 00110000 00001101.

Напочатку передачі даних в лінії зв'язку з'являється стартовий нульовий біт, який позначений на рис. 3.14 літерою «С» якому відповідає високий рівень сигналу. Далі надходять біти даних молодшим бітом вперед. Перший символ #, якому відповідає двійкове число 0010 0011, яке передається як 1100 0100. Після цього передається стоповий біт «с» – кінець символу, що передається, а далі – знов стартовий нульовий біт.

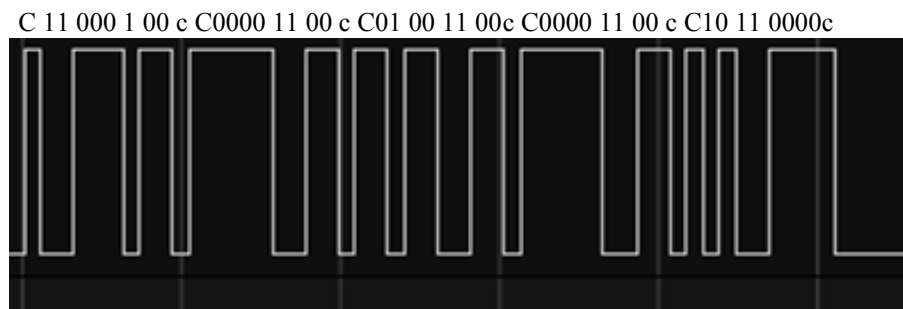


Рис. 3.14. Послідовність кодів, яка відповідає команді #020

У завданні необхідно за заданою послідовністю бітів визначити символи команди, що була передана. Тобто спочатку треба визначити передані двійкові коди, а потім перевести їх у шістнадцяткові та ASCII-коди.

Швидкість передачі символів становить 9600 б/с. Отже, тривалість 1 біта дорівнює 104 мкс, тобто за 1 мс буде передано приблизно 10 бітів. На рис. 3.14 наведені відмітки часу у мс, згідно з якими на діапазон від 4 мс до 5 мс припадає 10 бітів. Таким чином, можна підрахувати кількість бітів у послідовності, якщо біти мають те саме значення, а тривалість біту в середньому становить 100 мкс.

Після виконання команди вимірювання аналогового сигналу модуль надсилає сигнали відповіді, які наведені на рис. 3.15. Послідовність кодів відповіді має наступний вигляд:

```
00111110 00101011 00110000 00110001 00101110 00110010 00111000
00110000.
```

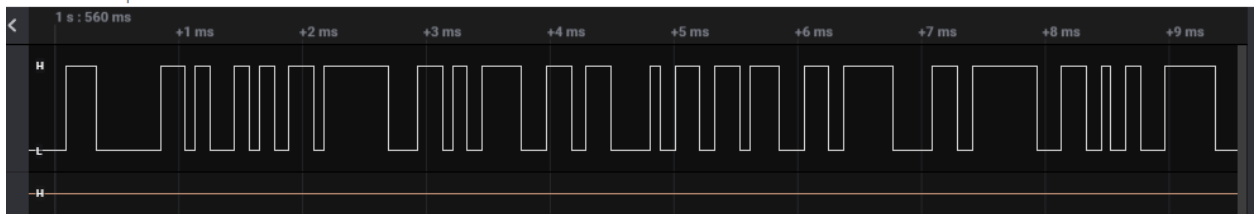


Рис. 3.15. Послідовність кодів, яка відповідає команді відповіді

Після перетворення у шістнадцяткові коди отримуємо:

```
3E 2B 30 31 2E 32 38 30
```

Після представлення відповіді у шістнадцяткових кодах маємо

```
Відповідь: > + 01.280
```

3.3.3. Розрахунок контрольної суми

За визначеними раніше шістнадцятковими значеннями команди та відповіді розрахувати контрольну суму.

Контрольна сума формується у вигляді 2-символьного шістнадцяткового ASCII-коду, який передається безпосередньо перед символом завершення (переведення рядка). Контрольна сума дорівнює сумі за модулем 256 (100h) всіх ASCII-кодів, які введені в команді перед контрольною сумою. Якщо контрольна сума в команді була пропущена або виявилася невірною, модуль не повертає ніякого значення.

Приклад 1. Читання аналогового входу та поверненого модулем значення.

Команда: #0588(cr)

Відповідь: >+3.56719D(cr)

Значення на вхідному каналі модуля з адресою 05h дорівнює +3,5671.

(Формат даних – фізичні одиниці). Контрольна сума (88h) являє собою суму ASCII-кодів наступних символів: #, 0 та 5. Решті відповідає шістнадцятковий код:

$$\# - 23h, 0 - 30h, 5 - 35h.$$

Сума цих кодів дорівнює

$$23h + 30h + 35h = 88h.$$

Контрольна сума, що повертається, (9Dh) є сумою ASCII-кодів наступних символів:

$$>, +, 3, ., 5, 6, 7, 1.$$

$$\langle \rangle - 3Eh, \langle + \rangle - 2Bh, 3 - 33h, \langle . \rangle - 2Eh, 5 - 35h, 6 - 36h, 7 - 37h, 1 - 31h.$$

Вона дорівнює:

$$3Eh + 2Bh + 33h + 2Eh + 35h + 36h + 37h + 31h = 19Dh.$$

Сума за модулем 256 (100h) дорівнює 9D і співпадає з поверненим значенням 9D.

Приклад 2.

Команда: \$07RH25(cr)

Відповідь: !07+2,0500D8(cr)

де: 25 – контрольна сума, яка передається в команді; D8 – контрольна сума, яка передається зі значенням, що повертається.

Контрольна сума командного рядка визначається наступним чином:

$$25h = (24h + 30h + 37h + 52h + 48h) \text{ MOD } 100h$$

Шістнадцяткові ASCII-коди символів \$, 0, 7, R, H відповідно дорівнюють

$$24h, 30h, 37h, 52h, 48h.$$

Сума цих кодів дорівнює 125h.

Сума за модулем 256 (100h) дорівнює 25h.

4. СТРУКТУРА ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Пояснювальна записка до курсової роботи має містити:

- 1) титульний аркуш (додаток 2);
- 2) вихідні дані згідно з варіантом;
- 3) Розділ 1. Вибір модулів віддаленого збору даних ADAM-4000 та налаштування параметрів модулів;

- 4) Розділ 2. Розробка обчислювальної мережі RS-485 та схем підключення сигналів до обраних модулів;
- 5) розділ 3. Визначення команд та відповідей в ASCII-кодах за заданими послідовностями двійкових кодів;
- 6) Розділ 4. Визначення контрольної суми для команди та відповіді.

Графічна частина курсового проєкту має містити схеми підключення модулів ADAM до (додаток 3).

5. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Оцінювання курсового проєкту з розподілених інформаційно-управляючих систем здійснюється за 12-бальною шкалою.

Оцінювання відбувається шляхом накопичення балів за результатами виконання окремих завдань згідно з наведеною табл. 5.1.

Оцінка курсового проєкту визначається як проста сума нарахованих балів.

Таблиця 5.1

Критерії оцінювання курсового проєкту

Результат виконання відповідного завдання (частини) проєкту	Бал
1. Вибір модулів віддаленого збору	2
2. Призначення параметрів конфігурації модулів	1
3. Схема підключення модулів до мережі RS-485	1
4. Схема підключення сигналів до модулів	2
5. Визначення ASCII-кодів команди	2
6. Визначення ASCII-кодів відповіді	2
7. Визначення контрольної суми команди	1
8. Визначення контрольної суми відповіді	1

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ADAM-4000. Data Acquisition Modules User's Manual. 8th Ed. Taiwan, 2003. P. 2001400006.

2. Средства распределенного ввода-вывода ADAM-4000. *RTS-Ukraine*. URL: <https://www.rts.ua/rus/catshop/561/> (дата звернення: 25.10.2024).

3. Модули ввода/вывода с интерфейсом RS-485: серия ADAM-4000. *Advantech*. URL: https://www.advantech.com/ru-ru/products/rs-485-i-o-modules-adam-4000-4100/sub_1-2mlkht (дата обращения: 25.10.2024).

Таблиця ASCII кодів

HEX	ASCII	HEX	ASCII	HEX	ASCII	HEX	ASCII
21	!	40	@	5F	_	7E	~
22	""	41	A	60	'	0D	cr
23	#	42	B	61	a		
24	\$	43	C	62	b		
25	%	44	D	63	c		
26	&	45	E	64	d		
27	'	46	F	65	e		
28	(	47	G	66	f		
29	)	48	H	67	g		
2A	*	49	I	68	h		
2B	+	4A	J	69	i		
2C	,	4B	K	6A	j		
2D	-	4C	L	6B	k		
2E	.	4D	M	6C	l		
2F	/	4E	N	6D	m		
30	0	4F	O	6E	n		
31	1	50	P	6F	o		
32	2	51	Q	70	p		
33	3	52	R	71	q		
34	4	53	S	72	r		
35	5	54	T	73	s		
36	6	55	U	74	t		
37	7	56	V	75	u		
38	8	57	W	76	v		
39	9	58	X	77	w		
3A	:	59	Y	78	x		
3B	;	5A	Z	79	y		
3C	<	5B	[	7A	z		
3D	=	5C	\	7B	{		
3E	>	5D	]	7C	|		
3F	?	5E	^	7D	}		

Форма титульного аркуша пояснювальної записки

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Спеціальність 174 - “Автоматизація,
комп’ютерно-інтегровані технології
та робототехніка

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

з дисципліни: ***“Розподілені інформаційно-управляючі системи”***

Варіант № _____

Виконав: студент групи **AB01-24м** _____

Керівник: **доц. Зінченко М.Д.**

Роботу захищено

з оцінкою _____

“ _____ “ _____ 20 ____ р.

Дніпро 202__

Навчально-методичне видання

Зінченко Михайло Дмитрович

РОЗПОДІЛЕНІ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ

Навчально-методичні рекомендації до виконання курсового проєкту

Електронне видання

Експертний висновок склав канд. техн. наук, проф. О. Потап

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 10 від 10.01.2025)

В авторській редакції
Комп'ютерна верстка О. Ю. Потап

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 1,91. Обл.-вид. арк. 1,94.
Зам. № 8

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазарян 2, Дніпро, 49010