

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв

(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: «Розробка розподіленої системи автоматизованого управління  
технологічною ділянкою з підтримкою мережевих протоколів  
(комплексна тема).»

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи КАс-41  
спеціальності 151 «Автоматизація

та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва спеціальності)

Русак Д.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Франц А.І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Козбур І.Р.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Козбур І.Р.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Савків В.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Королюк Р.І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2023

## АНОТАЦІЯ

Створена мікроконтролерна система керування з розподіленими параметрами, де функціонально розмежовані обчислювальні ресурси по окремим модулям.

Система підтримує більшість стандартів та протоколів промислових мереж та мережних інтерфейсів, що дозволяє розміщувати локальні пункти управління та об'єднувати їх центральним пунктом, призначеним для загального керування та збору і обробки загальної інформації.

Система об'єднана крос-платами, якісний склад модулів можна визначати з потреб системи.

Комплект системи можна складається з кількох основних груп модулів, що відрізняються по функціональному призначенню:

- Обчислювачі.
- Інтерфейсні модулі.
- Модулі сигнальних входів/виходів.
- Модулі силових виходів.
- Модулі аналогового вводу-виводу.
- Кроси, клемні і макетні модулі.
- Модуль програматора.
- Модулі живлення.

Створену систему легко розширювати та реконфігурувати як апаратно та програмно виходячи з наявних потреб.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	6
ЗМІСТ .....	7
ВСТУП.....	10
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	13
1.1. Мережі і операційні системи масштабу промислових підприємств. Мережі масштабу підприємства .....	13
2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА .....	22
2.1 Комплект MCU .....	22
2.1.1. Функціональний склад MCU4.....	22
2.2. Модуль одноплатного контролера MCU4-5 .....	25
2.2.1. Призначення.....	25
2.2.2. Технічні характеристики .....	26
2.2.3. Склад.....	27
2.2.4.Співпроцесор вводу / виводу PIC16F87X. ....	34
2.2.4.Обробка переривання від співпроцесора вводу-виводу PIC16F87X. ....	34
2.2.5. Підтримувані послідовні інтерфейси. ....	35
2.2.6. Включення.....	39
2.2.7. Лінії вводу/виводу .....	39
2.2.8 Формувач імпульсів. ....	43
2.3. Модуль RS2-1 .....	44
2.3.1. Технічні характеристики .....	44

2.3.2. Склад одноплатного контролера RS 2-1 .....	45
2.3.3. Призначення виводів з'єднувачів.....	46
2.4. Модуль для роботи з РКІ і клавіатурою / энкодером IND1-1.x.....	50
2.4.1. Короткі характеристики.....	50
2.4.2. Варіанти виконання.....	51
2.6. Активний модуль 16 силових виходів постійного струму OUT9-1 .....	52
2.7. Модуль АЦП із диференціальним входом 18 розрядів × 18 каналів PCU18 .....	53
2.8. Аналоговий / накопичувальний модуль.....	59
2.8.1. Призначення.....	59
2.8.2. Технічні характеристики .....	59
2.8.3. Склад.....	60
2.9. Модуль живлення POW .....	61
2.10. Модуль перетворювача напруги для пристроїв з гальванічною розв'язкою DC2 .....	62
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	63
3.1. Програмування з використанням FR-BASIC.....	63
3.2. Програмування убудованої в AT89S53 Flash пам'яті. ....	66
3.3. Програмування модуля RS2-1 у режимі slave-пристрою промислової мережі MODBUS .....	68
3.3.1 Загальні відомості.....	68
3.3.2 Формати команд .....	68

3.3.3 Алгоритм обчислення контрольного циклічного коду (CRC16).....	73
3.3.4 Програмування мережної адреси.....	74
3.3.5 Збереження конфігурації модуля у внутрішній енергонезалежній пам'яті. ....	75
3.3.6 Керування зовнішнім модулем ІО1-3.....	76
3.3.7 Програмування модуля RS2 у режимі перетворювача інтерфейсу I2C – RS232/RS422/RS488 .....	77
3.3.8 Розрахунок і установка швидкості: .....	78
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....</b>	<b>80</b>
4.1 Визначення оптимальних умов праці інженера-оператора системи автоматизованого управління .....	80
4.2 Розрахунок освітленості робочого місця .....	84
4.3 Розрахунок вентиляції .....	87
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....</b>	<b>95</b>

## ВСТУП

На сучасному етапі розвитку засобів автоматизації в різних галузях особлива роль належить мікроелектроніці і мікропроцесорній техніці. Використання мікропроцесорних засобів та пристроїв у системах автоматичного управління (САУ) забезпечує різкий скачок в оцінці їх можливостей.

Це забезпечується не тільки покращенням точнісних характеристик, підвищенням надійності і відмовостійкості, забезпеченням стабільного функціонування, але системи автоматичного управління і контролю набувають принципово нових якостей, таких, як гнучкість і переналагоджуваність структури, адаптивність, здатність вирішувати логічні і обчислювальні задачі, забезпечують власний самоконтроль та ін.

Використання в системах автоматичного контролю та управління мікропроцесорних пристроїв та створених на їх основі мікропроцесорних систем, пристрої та блоків забезпечує суттєве підвищення їх ефективності.

Запровадження мікропроцесорних пристроїв у традиційні системи автоматичного контролю та управління створює умови для принципових змін їх структури та характеристик, відповідно, домінуючими в галузі стали багатопроцесорні системи, структури систем управління з децентралізацією, системи з переналогоджуваними структурами, на базі котрих реалізуються адаптивні та оптимальні алгоритми управління і регулювання. Змінюються підходи, методи та технічні засоби створення і проектування САУ.

Вище згадані факти пов'язані із рядом особливостей мікропроцесорних пристроїв у якості функціональних елементів керуючих пристроїв САУ, до яких належать їх перепрограмованість, достатньо великі обчислювальні потужності у поєднанні із малими

габаритними розмірами, масою, високою надійністю, низькими вартістю і енергоспоживанням.

Перепрограмованість мікропроцесорних пристроїв визначає можливість їх гнучкого оперативного переналагодження у сенсі зміни алгоритмів роботи систем автоматичного управління і контролю, так і можливість змін їх структури з метою адаптації їх до динамічно змінних умов роботи. При цьому, зміни котрі вносяться в систему зводяться переважно до заміни однієї мікросхеми пам'яті на іншу, або заміною прошивок IOS. Властивості перепрограмованості забезпечують можливість застосування змін до структури та програмного забезпечення систем автоматичного управління на усіх етапах розробки та впровадження – від ескізних проектів до експлуатації серійних зразків.

Обчислювальні потужності мікропроцесорних пристроїв і створені на їх базі САУ дають хороші результати при застосуванні їх у швидкодіючих системах реального часу.

Використання мікропроцесорних пристроїв у системах автоматичного управління і контролю піднімає на якісно вищий рівень такі характеристики, як надійність, живучість, відмовостійкість. Так, живучість, або здатність систем зберігати працездатний стан в умовах наявності різноманітних відмов, забезпечують введенням апаратної, програмної та інформаційної надлишковості.

Достатньо широко у теперішній час використовують системи з резервуванням, системи з програмною реконфігурацією структури котрі використовують самокоригуюче програмне забезпечення. Для контролю і діагностування у мікропроцесорних системах дедалі ширше використовують вбудовані засоби програмно-апаратного контролю, котрий реалізується за допомогою застосування додаткових ресурсів.

Використання мікропроцесорних пристроїв у системах автоматичного управління і контролю вимагає вирішення цілого ряду задач, особливості яких вимагають використання розподілених ресурсів

управління у реальному масштабі часу та цифрової оброблюваної інформації. У зв'язку з цими питаннями актуальною є проблема вибору структури багатопроцесорної системи автоматичного управління та контролю, котра дозволить забезпечувати необхідну продуктивність, топологію, відмовостійкість і живучість системи, а також розробка ефективних алгоритмів оброблення даних, їх зберігання і формування сигналів управління, котрі задовольняють задані критерії якості функціонування.

У зв'язку з численними перевагами мікропроцесорів та мікропроцесорних систем автоматичного управління створених на їх основі, розробка і використання в галузях господарства потенційно більш ефективних систем цифрового управління і контролю на основі мікроконтролерів та мікропроцесорних комплектів великих інтегральних схем набуває все більшого поширення.



## **1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА**

### **1.1. Мережі і операційні системи масштабу промислових підприємств.**

#### **Мережі масштабу підприємства**

##### ***APPLE COMPUTER***

##### ***APPLESHARE***

AppleShare - операційна система для локальної мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS, Windows і Macintosh із транспортними протоколами AppleTalk у мережах Ethernet, Token Ring і FDDI . Надає сервіси файлів і друку. Підтримує до 150 користувачів на сервер, дискову пам'ять обсягом до 56 Гбайт і до 32000 файлів на диск.

##### ***ARTISOFT***

##### ***LANTASTIC DEDICATED SERVER 1.1***

LANtastic Dedicated Server 1.1 - операційна система для локальної мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS і Windows у мережах Arcnet, Ethernet і Token Ring. Надає сервіс файлів і друку. Підтримує до 100 користувачів, дискову пам'ять обсягом до 32 Тбайт і до 100000 файлів.

##### ***LANTASTIC FOR OS/2***

LANtastic for OS/2 - операційна система для однорангової локальної мережі, підтримує клієнтів OS/2 із транспортними протоколами в мережах Arcnet, Ethernet і Token Ring . Надає сервіс файлів і друку. Підтримує до 500 користувачів, дискову пам'ять обсягом до 2 Гбайт на FAT і до 95000 файлів

##### ***LANTASTIC 6.0***

LANtastic 6.0 - операційна система для локальної однорангової мережі, підтримує клієнтів DOS і Windows із транспортними протоколами NetBIOS у мережах Arcnet, Ethernet і Token Ring . Надає сервіс файлів, друку і

повідомлень. Підтримує до 500 користувачів, дискову пам'ять обсягом до 2 Гбайт на FAT і до 5100 файлів. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

### ***LANTASTIC POWER SUITE***

LANtastic Power Suite - операційна система для локальної однорангової мережі, підтримує клієнтів DOS і Windows із транспортними протоколами NetBIOS у мережах Arcnet, Ethernet і Token Ring . Надає сервіс файлів, друку, повідомлень і комунікацій. Підтримує до 500 користувачів, дискову пам'ять обсягом до 2 Гбайт на FAT і до 5100 файлів. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

### ***AT&T GLOBAL INFORMATION SOLUTIONS***

#### ***STARGROUP LAN MANAGER***

StarGroup LAN Manager - операційна система для локальної мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS, Windows, OS/2 і Unix із транспортними протоколами TCP/IP, Named Pipes, NetBIOS, NetBEUI і OSI у мережах Arcnet, Ethernet і Token Ring і FDDI. Надає сервіси файлів, друку, WAN, комунікацій і маршрутизації. Підтримує до 500 користувачів, дискову пам'ять обсягом до 2 Гбайт і до 5100 файлів.

### ***BANYAN SYSTEMS***

#### ***VINES 6.0 & ENS 6.0 FOR NETWARE***

VINES 6.0 & ENS 6.0 for NetWare - операційна система для локальної мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS, Windows, Windows NT, Macintosh, OS/2 і Unix із транспортними протоколами TCP/IP, AppleTalk, IPX/SPX, Named Pipes, NetBIOS, NetBEUI і VINES IP у мережах Arcnet, Ethernet і Token Ring і FDDI. Надає сервіси файлів, друку, WAN, комунікацій, каталогів, маршрутизації, резервування і доступу до хостам SNA. Підтримує необмежена кількість користувачів, дискову пам'ять обсягом до 20

Гбайт і невизначена кількість файлів. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

### ***CBIS***

#### ***DESK TO DESK***

Desk to Desk - операційна система для локальної однорангової мережі, підтримує клієнтів DOS і Windows із транспортними протоколами NetBIOS у мережах Arcnet, Ethernet, 100 Мбіт/с Arcnet, Ethernet і Token Ring . Надає сервіси файлів і друку і підтримує до 250 користувачів. Підтримується до 255 файлів. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

### ***D-LINK SYSTEMS***

#### ***LANSMART FOR DOS, WINDOWS***

LANsmart for DOS і LANsmart for Windows, операційні мережі для однорангової локальної мережі, підтримує клієнтів DOS, Windows, Windows NT, Macintosh, OS/2 і Unix із транспортними протоколами IPX/SPX і NetBIOS у мережах Arcnet, Ethernet, 100 Мбіт/с Arcnet, Ethernet і Token Ring , FDDI, ATM і інших. Надає сервіси файлів, друку, повідомлень, комунікацій і каталогів. Підтримує 1024 користувачів, дискову пам'ять обсягом до 1 Гбайт і 1024 файлу. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

### ***EFA***

#### ***EFA1000 NOVELL PERSONAL NETWARE KIT***

EFA 1000 - операційна система для локальної однорангової мережі, підтримує клієнтів DOS, Windows і Windows NT у мережах Ethernet.

### ***GLOBAL DATA SUPPLY***

#### ***INVISIBLE LAN***

Invisible LAN - операційна система для локальної однорангової мережі, підтримує клієнтів DOS і Windows із транспортними протоколами TCP/IP і NetBIOS у мережах Arcnet, Ethernet і Token Ring, ATM і інших. Надає сервіси файлів, друку, повідомлень і баз даних. Підтримує до 256 користувачів, до 1000 чи файлів 32768 файлів з додатковим Ultra Server. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

### ***HELIOS SOFTWARE***

#### ***ETHERSHARE***

Entershare - операційна система для локальної мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів Macintosh із транспортними протоколами AppleTalk у мережах Ethernet, 100 Мбіт/с Arcnet, Ethernet і Token Ring і FDDI. Надає сервіси файлів, друку, повідомлень, комунікацій і маршрутизації. Підтримує до 250 паралельних користувачів, дискову пам'ять необмеженого обсягу і до 4 мільйонів файлів на тім.

#### ***PCSHARE***

PCShare - операційна система для локальної мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS і Windows із транспортними протоколами TCP/IP і NetBIOS у мережах Ethernet, 100 Мбіт/с Arcnet, Ethernet і Token Ring і FDDI. Надає сервіси файлів, друку, комунікацій, каталогів і маршрутизації. Підтримує необмежена кількість користувачів, дискову пам'ять необмеженого обсягу і до 4 мільйонів файлів на тім. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

### ***IBM***

#### ***OS/2 LAN SERVER 4.0***

IBM OS/2 LAN Server 4.0 – операційна система для локальної мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS, Windows, Windows NT, Macintosh і OS/2 із транспортними протоколами TCP/IP, Named Pipes, NetBIOS і NetBEUI

у мережах Ethernet, 100 Мбіт/с Ethernet, Token Ring і FDDI. Надає сервіси файлів, друку, повідомлень, каталогів, зображень, резервування і відео. Підтримує до 1000 користувачів на сервер, дискову пам'ять обсягом до 64 Гбайт і 64000 файлів одночасно. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

### ***INVISIBLE SOFTWARE***

#### ***INVISIBLELAN (ADAPTER DEPENDENT)***

InvisibleLAN - операційна система для локальної однорангової мережі, підтримує клієнтів DOS і Windows із транспортними протоколами TCP/IP, NetBIOS і Transbios у мережах Ethernet, Token Ring, ATM і інших. Надає сервіси файлів, друку, повідомлень і баз даних. Підтримує до 256 користувачів на сервер. Підтримується до 1000 файлів і поставляється керуюче програмне забезпечення.

#### ***INVISIBLELAN (ADAPTER INDEPENDENT)***

InvisibleLAN - операційна система для локальної однорангової мережі, підтримує клієнтів DOS і Windows із транспортними протоколами TCP/IP і NetBIOS у мережах Ethernet, Token Ring. Надає сервіси файлів, друку, повідомлень і баз даних. Підтримує до 256 користувачів. Підтримується до 1000 файлів. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

#### ***INVISIBLELAN ULTRA SERVER***

InvisibleLAN Ultra Server - операційна система для локальної мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS і Windows із транспортними протоколами TCP/IP і NetBIOS у мережах Ethernet, Token Ring, ATM і інших. Надає сервіси файлів, друку, повідомлень, зображень і баз даних. Підтримує до 256 користувачів і до 32768 файлів. Поставляється керуюче програмне забезпечення. Ultra Server вимагає InvisibleLAN.

## ***IOLA NETWORK TECHNOLOGIES***

### ***IOLA***

IOLA - операційна система для локальної однорангової мережі, підтримує клієнтів DOS і Windows із транспортними протоколами NetBIOS у мережах Arcnet, Ethernet і IolaNet. Надає сервіс файлів, друку, повідомлень і комунікацій. Підтримує до 254 користувачів і до 10000 файлів на невиділеному сервері. Доступні функції відкладеного поділу і використання мережних ресурсів, автоматичне відновлення зв'язку між вузлами, кешування дисків на читання і запис, підключення до мережі вилучених чи користувачів об'єднання сегментів мережі по RS-232. Підтримуються СУБД dBase, Clipper, FoxPro, Paradox, Clarion; доступні шлюзи для зв'язку з NetWare, LANtastic і PC-NFS. Необхідно 20 Кбайт пам'яті на робочій станції і 46 Кбайт на невиділеному сервері.

## ***LOCUS COMPUTING***

### ***PC-INTERFACE***

PC-Interface - операційна система для локальної однорангової мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS, Windows і Macintosh із транспортними протоколами TCP/IP, UDP, AppleTalk, IPX/SPX і NetBIOS у мережах Ethernet, Token Ring і FDDI. Надає сервіси файлів і друку. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

## ***LONGSHINE MICROSYSTEM***

### ***LASERNET***

Lasernet - операційна система для локальної мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS і Windows із транспортними протоколами TCP/IP. Надає сервіси файлів, друку й відмовостійкості сервера, підтримує до 32 користувачів на сервер.

## ***MICRO COMPUTER SYSTEM***

### ***NETBIOS/IX***

NetBIOS/IX - операційна система для локальної однорангової мережі, підтримує клієнтів DOS, Windows, Windows NT, OS/2 і Unix із транспортними протоколами TCP/IP, IPX/SPX, NetBIOS, NetBEUI і TOP у мережах Token Ring, Ethernet. Надає сервіси файлів і друку, підтримує до 255 користувачів.

## ***MICROSOFT***

### ***WINDOWS NT SERVER***

Windows NT Server - операційна система, локальна мережа з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS, Windows, Windows NT, Macintosh, OS/2 і Unix із транспортними протоколами TCP/IP, DECnet, AppleTalk, IPX/SPX, NetBIOS і NetBEUI у 16- і 32-бітних мережах Ethernet і Token Ring. Надає сервіси файлів, друку, каталогів, резервування й відмовостійкості сервера. Підтримує необмежена кількість користувачів, дискову пам'ять обсягом до 408 мільйонів Тбайт і до 17 мільярдів файлів одночасно. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

## ***MIRAMAR SYSTEM***

### ***PERSONAL MACLAN CONNECT***

Personal MacLAN Connect - операційна система для локальної однорангової мережі, підтримує клієнтів Windows і Macintosh із транспортними протоколами AppleTalk у мережах Ethernet, 100 Мбіт/с Ethernet, Token Ring і FDDI. Надає сервіси файлів і друку, повідомлень і баз даних, а також підтримує до 5 користувачів.

## ***MOTOROLA***

### ***WINDOWS NT SERVER***

Windows NT Server - операційна система для локальної однорангової чи мережі локальної мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS, Windows, Windows NT, Macintosh, OS/2 і Unix із транспортними протоколами TCP/IP, UDP, AppleTalk, IPS/SPX, Named Pipes, NetBIOS і NetBEUI у мережах Ethernet і Token Ring. Надає сервіси файлів, друку, повідомлень, WAN, комунікацій, каталогів, баз даних, маршрутизації, резервування і доступу до хостам SNA. Підтримує необмежена кількість користувачів, дискову пам'ять обсягом до 408 мільйонів Тбайт і необмежена кількість файлів. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

### ***NOVELL***

#### ***NETWARE***

NetWare – операційна система для локальної мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS, Windows, Windows NT, Macintosh, OS/2 і Unix із транспортними протоколами TCP/IP і IPS/SPX у мережах Ethernet, 100 Мбіт/с Ethernet, Token Ring, FDDI і LocalTalk. Надає сервіси файлів, друку, повідомлень, WAN, комунікацій, каталогів, зображень, баз даних, маршрутизації, резервування, телефонного зв'язку, відео, відмовостійкості сервера і доступу до хостів SNA. Підтримує необмежена кількість користувачів, дискову пам'ять обсягом до 32 Тбайт і 3097152 каталогів на тім. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

### ***PERFORMANCE TECHNOLOGY***

#### ***POWERLAN***

PowerLAN - операційна система для локальної однорангової чи мережі локальної мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS і Windows із транспортними протоколами NetBIOS і NetBEUI у мережах Arcnet, Ethernet і Token Ring. Надає сервіси файлів, друку, повідомлень, комунікацій, каталогів і відмовостійкості сервера. Підтримує 255 користувачів на плату адаптера,



дисківу пам'ять обсягом до 4 Гбайт і 10000 файлів. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

## ***THE SANTA CRUZ OPERATION***

### ***SCO OPENSERVER***

SCO OpenServer - операційна система для локальної мережі з виділеним сервером, підтримує клієнтів DOS, Windows, Windows NT, Macintosh, OS/2 і Unix із транспортними протоколами TCP/IP, UDP, IPS/SPX, Named Pipes, NetBIOS і NetBEUI у мережах Ethernet, 100 Мбіт/с Ethernet, Token Ring, FDDI, ISDN і асинхронних мережах. Надає сервіси файлів, друку, повідомлень, WAN, комунікацій, каталогів, маршрутизації, резервування й відмовостійкості сервера, підтримує більш 1000 користувачів. Поставляється керуюче програмне забезпечення.

## 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Комплект MCU

Як уже згадувалося, контролер MCU4-5 є частиною комплекту модульних контролерів MCU4. Комплект являє собою набір функціонально закінчених модулів. Модулі уніфіковані по розмірах, кріпленню, розніманням і сигналам, що дозволяє їх легко поєднувати в єдиний пристрій, систему. Номенклатура модулів містить у собі практично усі вузли необхідні для побудови ведучих, відомих і автономних пристроїв автоматики. При створенні системи на базі MCU4 спочатку набирається потрібна кількість модулів з конкретними властивостями і за допомогою кросу поєднується у систему. Далі записується алгоритм роботи системи, шляхом посилки тексту програми в обчислювач і система готова до перших випробувань.

#### 2.1.1. Функціональний склад MCU4.

Комплект MCU4 можна розділити на кілька основних груп модулів, що відрізняються по функціональному призначенню:

##### **Обчислювачі.**

Модулі обчислювачів забезпечують довгострокове збереження і виконання основної BASIC-програми.

Убудованими супервізорами забезпечується спостереження за живленням і у випадку його порушення програма коректно зупиняється. Після нормалізації живлення процесор автоматично запускає робочу BASIC-програму.

Обчислювачі взаємодіють з іншими модулями через крос з використанням інтерфейсів RS232, I2C, SPI, MicroLan чи прямо використовуючи функції своїх ліній вводу/виводу. Наявних ліній вводу/виводу в парі з пасивними модулями сполучення може вистачити для рішення багатьох задач. У деяких типах обчислювачів є годинник реального часу з

батареїним підживленням. Завантаження / корекція програми виробляється через убудований RS232.

### **Інтерфейсні модулі.**

Інтерфейсні модулі забезпечують сполучення логічних рівнів модулів з рівнями і струмами необхідними в даному інтерфейсі. При необхідності забезпечується гальванічна розв'язка інтерфейсу.

Активні інтерфейсні модулі дозволяють додавати необхідну кількість різних інтерфейсів до системи.

### **Модулі сигнальних входів/виходів.**

Модулі забезпечують сполучення зовнішніх сигналів із сигналами/інтерфейсами системи зібраної на базі MCU4. Забезпечується також захист ліній від перенапруги/переплюсовки. Якщо в складі модуля є власний мікроконтролер (Активний модуль), то лінії введення/виводу обслуговуються цим мікроконтролером і обмін інформацією з іншими модулями ведеться по послідовному інтерфейсі, як правило, по I2C. У такому модулі мікроконтролер може мати спеціалізовану програму обслуговуючу лінії введення/виводу без участі основного обчислювача. Обмін по послідовній шині дозволяє збільшувати число входів/виходів системи шляхом включення на одну шину великої кількості активних модулів, при цьому кожний з модулів має свою власну адресу і може вести індивідуальний обмін з обчислювачем.

### **Модулі силових виходів.**

Модулі забезпечують сполучення сигналів/інтерфейсів системи MCU4 з вихідними ключами. Вихідні ключі модулів комутують навантаження з напругою до 800В и струмами до декількох амперів.

Є варіанти ключів для роботи з постійним і змінним струмом. При необхідності забезпечується гальванічна розв'язка з виходами і між ними. Пасивні вихідні модулі здійснюють лише узгодження вихідних ключів з

лініями виводу чи обчислювача резервними лініями активних модулів. Активні модулі керують групою виходів і резервних ліній, одержуючи команди від обчислювача через послідовний інтерфейс. Наявність в активних модулях власного мікроконтролера дозволяє використовувати групи виходів у різних режимах (ШІМ, фазове регулювання з зовнішньою синхронізацією, сканування світлодіодних матриць і т.д.) Обмін по послідовній шині дозволяє збільшувати число виходів системи шляхом включення на одну шину безлічі активних модулів, при цьому кожний з модулів має свою власну адресу і може вести індивідуальний обмін з обчислювачем.

#### **Модулі аналогового вводу-виводу.**

Модулі АЦП забезпечують перетворення аналогових сигналів у цифровий код і передачу цього коду в обчислювач. Модулі ЦАП забезпечують зворотне перетворення і видачу аналогового сигналу у виді струму чи напруги. При необхідності забезпечується гальванічна розв'язка між об'єктом і контролером.

Обмін інформацією з обчислювачем ведеться через шини SPI і I2C у залежності від типу модуля.

#### **Модулі живлення.**

Модулі перетворюють нестабілізовану постійна чи змінну напруга в стабілізовану напругу для живлення модулів комплекту MCU4. Такі модулі потрібні у випадках, коли кількість модулів у системі велика і убудований стабілізатор обчислювача не в змозі забезпечити потрібний струм для живлення модулів розширення. У групу модулів живлення входять також і модулі перетворювачів напруги для пристроїв з гальванічною розв'язкою. Ці модулі перетворюють і передають напруга живлення на гальванічно - розв'язану сторону для живлення схем на сусідніх модулях, де використовується незалежне живлення.

### **Кроси, клемні і макетні модулі.**

Кроси використовуються для об'єднання електричних ланцюгів модулів. Вони мають регулярну структуру і з'єднують “pin to pin” модулі між собою. При цьому забезпечується з'єднання ліній живлення, інтерфейсних і індивідуальних ліній вводу/виводу.

### **Модуль програматора.**

Модуль потрібний для програмування / перепрограмування модулів у складі яких є PIC-контролер. Модуль забезпечує потрібні напруги і сполучає керуючі ключі з інтерфейсними лініями обчислювача.

## **2.2. Модуль одноплатного контролера MCU4-5**

### **2.2.1. Призначення**

Модуль MCU4-5 являє собою одноплатний контролер. MCU4-5 входить до складу комплекту модульних контролерів MCU4. Модуль призначений для рішення задач керування різними вузлами електронної чи апаратури для застосування в системах на базі комплекту MCU4. Убудований інтерпретатор FR-BASIC дозволяє швидко створювати і налагоджувати програми, не піклуючись про особливості процесора і схемотехніки контролера. Конструктору для створення керуючого вузла на базі MCU4-5 досить ознайомитися з переліком сигналів на роз'ємах і декількома спеціальними операторами FR-BASIC орієнтованими на зручне сполучення з об'єктом керування. Бейсік

Іншими словами, інженер знайомий з азами програмування на Бейсіку може застосувати MCU4-5 як мікросхему з убудованим Бейсіком. Програма пишеться в звичайному текстовому редакторі і передається в контролер через стандартний COM - порт. Після подачі команди SAVE програма записується в EEPROM і зберігається там при вимиканні живлення, а після включення автоматично завантажується в ОЗП і запускається на виконання. Перезапис може бути здійснена не менш 100 000 разів. Модуль має потужну систему введення-виводу. 24 лінії можуть бути використані або як окремі входи /

виходи (у т.ч. аналогові), або як комбінація ліній введення-виводу і послідовних інтерфейсів. FR-BASIC підтримує інтерфейси : RS422, RS232C, I2C, SPI, MicroLan. Модуль може застосовуватися в складних системах з великим числом ліній вводу-виводу. У цьому випадку він доповнюється необхідними модулями розширення, що підтримуються FR-BASIC. FR-BASIC так само підтримує роботу модуля в мережах, як одного з ведучих чи відомих вузлів. Малі розміри, невелика вартість, убудований інтерпретатор FR-BASIC, мале споживання , індустриальне виконання - усе це в комплексі дозволяє підвищити якісний рівень і значно скоротити терміни розробок.

### 2.2.2. Технічні характеристики

Процесор	AT89S53(55) / 22,1184 МГц
Обсяг Flash	12(20) кБайт
Співпроцесор вводу/виводу	PIC16F877(874) / 4(20) МГц
ОЗП 62С1024 / використовується	64 кБайта
Підживлення ОЗП при відсутності живлення	Так
SEEPROM	24LC256 (512)/ 32(64) кБайта
Супервізор / Watchdog	ADM691(695)
Годинник реального часу	PCF8583
Драйвер	RS232C MAX232A
Батарея	CR2032
Користувальницькі інтерфейси	RS232C, I2C, SPI, MicroLan
RS232C <-> AT89S53	До 250 кБод / дуплекс
I2C	100-400 кгц / 7 біт адреса
/мультимастер	
SPI	До 2 МГц / 3 біт адреса
Кількість інтерфейсних ліній	24 (не вважаючи I2C і RS232/RS422)
Навантажувальна здатність інтерфейсних ліній	1.6/-0.060 ма, +20/-20 ма
Електроживлення	10-30В

Типовий струм споживання	50 ма
Захист від перенапруги / переплюсовки	Так
Світлодіодна індикація	Power Good, Watchdog
Температурний діапазон індустриального виконання	-40 +85° С
Габаритні розміри, мм	76(82) x 76(82) x 19

### 2.2.3. Склад

1. Однокристальний мікроконтролер AT89S53 (сполучимо з MSC-51, 12 кбайт FLASH, 256 Байт ОЗП, 3 16-бітних таймери-лічильники, апаратний порт SPI, watchdog);

2. Співпроцесор вводу/виводу PIC16F87X (RISC- процесор, Flash 4...8К 14-бітних слів, 128...256 байт EEPROM, 192...368 байт ОЗП, 3 таймери, 33 лінії введення/виводу з високою навантажувальною здатністю +-25мА, АЦП 10 біт 8 каналів, ШІМ 10 біт 2 канали, USART, I2C, SPI)

3. ОЗП 62C1024 (процесор адресує 64 кбайта ОЗП, де розміщені дані, програми в кодах, програма на FR-BASIC; FR-BASIC використовує для своїх цілей частину пам'яті – інше ОЗП цілком надане користувачу, при вимиканні живлення ОЗП здійснюється резервною батареєю);

4. SEEPROM 24LC256 (32 кбайта використовуються для енергонезалежного збереження програми на FR-BASIC, даних);

5. Годинник реального часу PCF8583 (годинник, календар будильник, можливість переривання процесора, при вимиканні живлення включається резервна батарея);

6. Супервізор / watchdog ADM691 (забезпечує нормальне скидання процесора при включенні живлення і спостереження за напругою живлення в процесі роботи, при падінні живлення нижче припустимого штатно зупиняє процесор, переключає живлення ОЗП і годинник на резервне, при зниканні напруги живлення, здійснює скидання процесора при «зависанні»);

7. Драйвер RS232C MAX232A (забезпечує перетворення логічних рівнів UART AT89S53 у стандартні двохполярні рівні RS232C)

8. Вузол живлення (забезпечує стабілізацію напруги живлення, захист від імпульсних перешкод, захист модуля від переплюсовки і перевищення вхідної напруги живлення понад 30В, забезпечує живлення модулів розширення);

9. Індикатор “OK” VD4 (зелене світіння означає, що живляча напруга процесора знаходиться в нормі 5В±5%);

10. Індикатор “Reset” VD3 (червоне світіння означає, що сигнал RESET активний);

11. Індикатор “Wait” VD2 (жовте світіння означає, що вхідна напруга живлення контролера нижче 10В и BASIC-програма припинена до нормалізації живлення контролера);

12. Індикатор “RX” VD6 (зелене світіння означає, що передаються дані в контролер);

13. Індикатор “TX” VD5 (червоне світіння означає, що контролер передає дані);

14. З'єднувачі і джампери (забезпечують керування різними режимами модуля і підключення його до модулів чи розширення до керованого вузла).

Таблиця 2.1

### Призначення виводів з'єднувачів

Номер виводу	Найменування / Бітова адреса	Тип виводу	Опис
Рознімання X1 (Живлення)			
1	GND	POW	Ланцюг живлення 0В
2	10...30...30У	POW	Ланцюг живлення +10...30...30В
Рознімання X2 (RS232C)			
1	DCD	I / O	З'єднано з DTR і DSR
2	RXD	O	Дані RS232C з контролера
3	TXD	I	Дані RS232C у контролер



4	DTR	I / O	З'єднано з DTR і DSR
5	SGND	I / O	Сигнальна земля
6	DSR	I / O	З'єднано з DTR і DSR
7	RTS	I / O	З'єднано з CTS
8	CTS	I / O	З'єднано з RTS
9	RI	NC	
10	-	NC	
Рознімання X3			
1	+5V	POW	Ланцюг живлення +5В (якщо знятий джампер J6, то вивід не використовується)
2	RC0 07h Bit0	I / O	Лінія 0 порту RC PIC16F87X; може бути використана, як вхід таймера T1 PIC16F87X
3	RC1 07h Bit1	I / O	Лінія 1 порту RC PIC16F87X; може бути використана, як вихід ШІМ PIC16F87X чи вхід засувки
4	NC		Не використовується
5	RC3 07h Bit3	I / O	Лінія 3 порту RC PIC16F87X; З'єднаний з P13 AT89S53; використовується як SCL інтерфейсу I2C (! Тільки)
6	RC4 07h Bit4	I / O	Лінія 4 порту RC PIC16F87X; З'єднаний з P14 AT89S53; використовується як SDA інтерфейсу I2C (! Тільки)
7	RC5 07h Bit5	I / O	Лінія 5 порту RC PIC16F87X; може бути використана, як вихід для керування напрямком драйверів RS422/485 при використанні UART PIC16F87X
8	RC6 07h Bit6	I / O	Лінія 6 порту RC PIC16F87X; може бути використана, як вихід передачі при використанні UART PIC16F87X
9	RC7 07h Bit7	I / O	Лінія 5 порту RC PIC16F87X; може бути використана, як вхід прийому при використанні UART PIC16F87X
10	GND	POW	Ланцюг живлення 0В
11	+5V	POW	Ланцюг живлення +5В (якщо знятий джампер J6, то

			вивід не використовується)
12	RB0 06h Bit0	I / O	Лінія 0 порту RB PIC16F87X; може бути використана, як вхід переривання PIC16F87X
13	RB1 06h Bit1	I / O	Лінія 1 порту RB PIC16F87X
14	RB2 06h Bit2	I / O	Лінія 2 порту RB PIC16F87X
15	RB3 06h Bit3	I / O	Лінія 3 порту RB PIC16F87X
16	RB4 06h Bit4	I / O	Лінія 4 порту RB PIC16F87X при замкнутому джампері J11; може бути використана, як вхід переривання PIC16F87X при зміні стану цієї лінії при замкнутому джампері J11; використовується при програмуванні/перепрограмуванні пам'яті програм PIC16F87X при розімкнутому джампері J11 і J7 замкнутому в положення 1-2
17	RB5 06h Bit5	I / O	Лінія 5 порту RB PIC16F87X; може бути використана, як вхід переривання PIC16F87X при зміні стану цієї лінії
18	RB6 06h Bit6	I / O	Лінія 6 порту RB PIC16F87X; може бути використана, як вхід переривання PIC16F87X при зміні стану цієї лінії; використовується при програмуванні/перепрограмуванні пам'яті програм PIC16F87X при розімкнутому джампері J11 і J7 замкнутому в положення 1-2
19	RB7 06h Bit7	I / O	Лінія 7 порту RB PIC16F87X; може бути використана, як вхід переривання PIC16F87X при зміні стану цієї лінії; використовується при програмуванні/перепрограмуванні пам'яті програм PIC16F87X при розімкнутому джампері J11 і J7 замкнутому в положення 1-2
20	GND	POW	Ланцюг живлення 0В
Рознімання X4			
1	+5V	POW	Ланцюг живлення +5В (якщо знятий джампер J6, то вивід не використовується)
2	P10 90h	I / O	Лінія 0 порту 1 AT89S53; може бути використана, як рахунковий вхід таймера T2 AT89S53; при

			використанні SPI адреса A0
3	P11 91h	I/O	Лінія 1 порту 1 AT89S53; може бути використана, як керуючий вхід таймера T2 AT89S53; при використанні SPI адреса A1
4	P12 92h	I/O	Лінія 2 порту 1 AT89S53; при використанні SPI адреса A2
5	P13 93h	I/O	Лінія 3 порту 1 AT89S53; З'єднаний з RC3 PIC16F87X; використовується як SCL інтерфейсу I2C (! Тільки)
6	P14 94h	I/O	Лінія 4 порту 1 AT89S53; З'єднаний з RC4 PIC16F87X; використовується як SDA інтерфейсу I2C (! Тільки)
7	P15 95h	I/O	Лінія 5 порту 1 AT89S53; при використанні SPI - MOSI
8	P16 96h	I/O	Лінія 6 порту 1 AT89S53; при використанні SPI - MISO
9	P17 97h	I/O	Лінія 7 порту 1 AT89S53; при використанні SPI - SCK
10	GND	POW	Ланцюг живлення 0В
11	+5V	POW	Ланцюг живлення +5В (якщо знятий джампер J6, то вивід не використовується)
12	RA0 05h Bit0	I/O	Лінія 0 порту RA PIC16F87X; може бути використана, як аналоговий вхід убудованого 10 біт АЦП PIC16F87X
13	RA1 05h Bit1	I/O	Лінія 1 порту RA PIC16F87X; може бути використана, як аналоговий вхід убудованого 10 біт АЦП PIC16F87X
14	RA2 05h Bit2	I/O	Лінія 2 порту RA PIC16F87X; може бути використана, як аналоговий вхід убудованого 10 біт АЦП PIC16F87X чи як негативний вхід опорної напруги убудованого 10 біт АЦП PIC16F87X
15	RA3 05h Bit3	I/O	Лінія 3 порту RA PIC16F87X; може бути використана, як аналоговий вхід убудованого 10 біт АЦП PIC16F87X чи як позитивний вхід опорної

			напруги убудованого 10 біт АЦП PIC16F87X
16	NC		Не використовується
17	RA5 05h Bit5	I / O	Лінія 5 порту RA PIC16F87X при замкнутому джампері J8; може бути використана, як аналоговий вхід убудованого 10 біт АЦП PIC16F87X при замкнутому джампері J8; якщо знятий джампер J8, то вивід може бути використаний для контролю резервного елемента живлення
18	CLK PCF8583	I	Лінія при замкнутому джампері J9 може бути використана, як тактовий вхід PCF8583
19	INT1 0B3h	I	Лінія 7 порту 3 AT89S53 при замкнутому джампері J10 (використовується тільки як вхід зовнішнього переривання INT1)
20	GND	POW	Ланцюг живлення 0В
Рознімання X5 (RS232 до додаткових модулів )			
1	T0 0B4h	O	Лінія 4 порти 3 AT89S53; вихід для керування напрямком драйверів RS422/485
2	TX 0B1h	O	Лінія 1 порту 3 AT89S53; вихід UART AT89S53
3	RX 0B0h	I	Лінія 0 порту 3 AT89S53; вхід UART AT89S53
4	GND	POW	Ланцюг живлення 0В
Рознімання X6 (PKI / енкодер / клавіатура)			
1	+5V	POW	Ланцюг живлення +5В (вихід наплатного стабілізатора) 2 контакт PKI (+5V)
2	RB0 06h Bit0	I / O	Лінія 0 порту RB PIC16F87X; 4 контакт PKI (A0)
3	RB1 06h Bit1	I / O	Лінія 1 порту RB PIC16F87X 5 контакт PKI (W/R)
4	RB2 06h Bit2	I / O	Лінія 2 порти RB PIC16F87X 6 контакт PKI (E)
5	RB3 06h Bit3	I / O	Лінія 3 порти RB PIC16F87X
6	RB4 06h Bit4	I / O	Лінія 4 порти RB PIC16F87X 11 контакт PKI (D4); 1 контакт енкодера (фаза1) (приєднувати через 1кому !)
7	RB5 06h Bit5	I / O	Лінія 5 порту RB PIC16F87X; 12 контакт PKI (D5);3 контакт енкодера (фаза2) (приєднувати через 1кому !)
8	RB6 06h Bit6	I / O	Лінія 6 порту RB PIC16F87X; 13 контакт PKI (D6);

			5 контакт енкодера (кнопка) (приєднувати через 1кому !)
9	RB7 06h Bit7	I / O	Лінія 7 порту RB PIC16F87X; 14 контакт ПКІ (D7)
10	GND	POW	Ланцюг живлення 0В, 1 контакт ПКІ (GND); 2 і 4 контакти енкодера (загальний).
Джампери і контрольні крапки			
J1	watchdog.		Контрольна крапка (імпульси скидання з AT89S53 на watchdog). 1-GND, 2-сигнал
J2	POW Int		Живлення мікроконтролерів і логіки 1-2-від батареї, 2-3-від убудованого стабілізатора; відсутність неприпустима; за замовчуванням установлений 2-3
J3	RES AT89S53		Скидання AT89S53 1-2-скидання затиснуте в активному, 2-3-скидання йде із супервізора, відсутність - працює тільки внутрішня схема скидання AT89S53 0.1мкф; за замовчуванням установлені 2-3
J4	Time		Контрольна крапка (при калібруванні - секундні імпульси від PCF8583) 1-GND, 2-сигнал
J5	WR Protect		Замкнутий - запис у SEEPROM заблокована, розімкнутий - запис у SEEPROM дозволена; за замовчуванням розімкнутий
J6	POW Ext		Замкнутий - шини живлення +5V контролера і X1 з'єднані, розімкнутий – роз'єднані; за замовчуванням замкнутий
J7	RES PIC16F87X		Скидання PIC16F87X 1-2-до кросу для програмування, 2-3-до супервізору; за замовчуванням установлений 2-3
J8	RA5		Замкнутий - RA5 PIC16F87X з'єднаний із кросом; за замовчуванням розімкнутий
J9	CLK PCF8583		Замкнутий – вхідний ланцюг тактування PCF8583 з'єднаний із кросом; за замовчуванням розімкнутий
J10	INT1		Замкнутий – ланцюг INT1 з'єднаний із кросом; за замовчуванням розімкнутий
J11	RB4		Замкнутий – RB4 PIC16F87X з'єднаний із кросом

			(розмикається при програмуванні PIC16F87X); за замовчуванням замкнутий
J12	Halt		Замкнутий – безумовний вихід у термінал після RESET; за замовчуванням розімкнутий

#### **2.2.4.Співпроцесор вводу / виводу PIC16F87X.**

Контролер має двохпроцесорну архітектуру. Основний процесор AT89S53 забезпечує роботу BASIC- програми. Співпроцесор PIC16F87X забезпечує роботу з інтерфейсом I2C у мультимастерному режимі і додає в ресурси контролера значну кількість ліній вводу/виводу в т.ч. аналогових. Зв'язок між процесорами здійснюється по паралельній байтовій шині AD0-AD7, до якої підключені виводи RD0-RD7 порту RD PIC-контролера. Ще три виводи RE0-RE2 використовуються для керування потоками даних. Для доступу до паралельного slave-порту наприкінці адресного простору мікроконтролера AT 89S53 зарезервоване вікно розміром 256 байт. Ініціюється обмін включенням у програму оператора xreg при записі чи даних однойменної функції при читанні. Ці конструкції мови FR-BASIC є основним, але як буде показано нижче, не єдиним засобом програмного доступу до ресурсів співпроцесора вводу-виводу. Іншим можливим каналом міжконтролерного зв'язку є системна двохпровідна шина I2C.

#### **2.2.4.Обробка переривання від співпроцесора вводу-виводу PIC16F87X.**

При необхідності співпроцесор може перервати роботу основного процесора, формуючи короткий імпульс по лінії INT1.

Можливі причини переривання зрозумілі з розгляду структури регістра флагів (адреса 64h)

- 0p – 1 прийнята посилка по I2C
- 1p – 1 прийнята посилка по RS23C
- 2p – 1 крок енкодера(у будь-якому напрямку)
- 3p – натиснута кнопка енкодера

- 4p – віджата кнопка енкодера
- 5p - 1 переривання по входу RB0
- 6p – 1 переривання по зміні стану виводів RB4-RB7

Існує механізм маскування переривань. Структура регістра маски (адреса 55h) схожа на регістр флагів, тільки стан конкретного біта тепер дозволяє (одиниця) чи забороняє (нуль) вимогу від відповідного джерела. За замовчуванням усі запити дозволені.

### **2.2.5. Підтримувані послідовні інтерфейси.**

Оскільки контролер MCU4-5 має обмежені розміри і як наслідок невелика кількість ліній вводу/виводу, при його розробці робився акцент на підтримку послідовних інтерфейсів.

#### **RS232C.**

В обох мікроконтролерах (AT89S53 і PIC16F87X) є по одному убудованому UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter).

"UART мікроконтролера AT89S53 використовується, як основний канал обміну з зовнішніми об'єктами. Через нього виробляється завантаження BASIC-програм у контролер. BASIC використовує його, як термінальний. У складі модуля є драйвер MAX232A, що дозволяє підключати контролер до апаратури з інтерфейсом RS232C прямо без додаткових пристроїв сполучення.

Мікросхема MAX232A забезпечує перетворення напруги живлення контролера +5В в двохполярну напругу +-10В необхідну для перетворювача рівнів сигналів.

Драйвер забезпечує максимальну швидкість роботи RS232C – до 250 кбод. На платі контролера розташовані світлодіоди індикації прийому і передачі по інтерфейсі RS232C.

Червоний світлодіод VD5 індикує передачу даних з контролера.

Зелений VD6 прийом даних у контролер.

При роботі з RS232C контролер використовує тільки два сигнали – TX і RX. Інші сигнали зкомутовані в положення «за замовчуванням». Процесор

після скидання налаштовується на швидкість 19200 бод з параметрами – 1 стоп біт без парності. Ці параметри користувач може змінити у своїй програмі.

Якщо використовувати убудований UART AT89S53 для підключення до RS422/RS485 чи до RS232C з гальванічною розв'язкою, то необхідне використання інтерфейсних модулів розширення. У цьому випадку крім сигналів TX і RX ще використовується лінія T0. Ця лінія служить для керування вихідним драйвером інтерфейсів, коли контролер передає дані, пізнавши свою адресу в мережі.

Для зручності роботи з UART у FR-BASIC -е передбачені спеціальні команди, що дозволяють проводити обмін інформацією з контролером, у тому числі прозора для роботи BASIC-програми.

Формування часових діаграм і протоколів процесор робить самостійно, користувач тільки оперує адресами пристроїв і даними.

!"UART мікроконтролера PIC16F87X використовується при необхідності.

## **I2C.**

Модуль MCU4-5 має 24 лінії введення/виводу для підключення зовнішніх пристроїв. Тому може встати задача по збільшенню цього числа, а так само по підключенню спеціалізованих пристроїв вводу / виводу. Для цих цілей передбачений варіант підключення модулів розширення з використанням послідовної шини I2C (Inter Integrated Circuit).

Ця шина розроблена фірмою Philips Semiconductors. Сьогодні багато фірм випускають прилади з убудованим портом I2C: мікроконтролери, мікросхеми постійної й оперативної пам'яті, таймери/годинник реального часу, ЦАП, АЦП, і т.д.

Різноманіття приладів з такою шиною, висока швидкість обміну (100 кГц, 400 кГц), передача адреси і типу операції без додаткових ліній - по тим же лініям що і дані, можливість мультимастерного режиму, зручне з'єднання до



128 пристроїв – усе це привело нас до вибору шини I2C як основної для обміну між модулями комплексу MCU4.

Для підтримки цієї шини виділені 2 лінії AT89S53 - P13 і P14 і 2 лінії PIC16F87X - RC3 і RC4. Оскільки при проектуванні архітектури комплексу MCU4 шина I2C закладалася як основний інформаційний канал обміну між модулями, то вважається, що у всіх конфігураціях шина присутня, навіть якщо не використовуються модулі розширення і вище названі лінії не можна використати за іншому призначенням.

Шина містить у собі всього дві лінії – це лінія синхросигналу SCL (P13 AT89S53, RC3 PIC16F87X) і двохнаправлена лінія даних SDA (P14 AT89S53, RC4 PIC16F87X). Контролер програмно й апаратно підтримує шину I2C на швидкості 100-400 кГц у мультимастерному режимі і дозволяє адресувати до 128 пристроїв.

I2C шина використовується для завантаження програми при включенні живлення з енергонезалежної пам'яті і при обміні з чипом годинника реального часу. Енергонезалежна пам'ять (EEPROM) розташована за адресою 0A2H I2C, годинник за адресою 0A0H I2C співпроцесор PIC16F87X за адресою 0AЕH I2C.

Для зручності роботи із шиною в FR-BASIC-і передбачені спеціальні команди, що дозволяють проводити обмін інформацією з I2C пристроями.

Формування часових діаграм і протоколів процесор робить самостійно, користувач оперує тільки адресами пристроїв і даними.

### **Шина SPI**

Контролер апаратно підтримує шину SPI (Serial Peripheral Interface) на швидкості до 2 МГц.

Шина є розробкою фірми Motorola. Безліч фірм випускає свої прилади з такою шиною. Особливо часто ця шина використовується в пристроях аналогового введення/виводу.

Архітектура контролера MCU4-5 і комплекту MCU4 у цілому дозволяє підключати до 8 модулів з такою шиною. Для підтримки шини SPI зарезервовані 6 ліній AT89S53 - P10, P11, P12 і P15, P16, P17.

Перші три лінії використовуються для передачі адреси пристрою (всього 8 адрес), останні – сама шина. Ця шина також використовується в спеціальному режимі контролера для програмування Flash-пам'яті AT89S53 (див. п.п.8).

Для зручності роботи із шиною в FR-BASIC –і передбачені спеціальні команди, що дозволяють звістки обмін інформацією з SPI пристроями.

Формування часових діаграм процесор робить самостійно, Ви тільки оперуєте тільки адресами пристроїв і даними. У випадках, коли в системі немає пристроїв SPI, лінії зарезервовані для її підтримки можуть бути використані для інших цілей.

### **Шина MicroLan.**

Процесор програмно підтримує інтерфейс MicroLan. Інтерфейс розроблений фірмою Dallas Semiconductor.

Ця фірма випускає безліч приладів з можливістю підключення по MicroLan. Це термометри і термостати, різні варіанти ключів для вилученого керування/зчитування стану різних вузлів апаратури, прилади Touch Memory, АЦП, електронні мітки – ідентифікатори.

Для підтримки інтерфейсу потрібна всього одна лінія введення/виводу. MicroLan - прилади допускають живлення від інтерфейсної лінії. Це дозволяє підключати кілька приладів усього по двох проводах (вводу/вивід і земля). Контролер MCU4-5 дозволяє підключити промінь мережі MicroLan до ліній AT89S53 - P10, P11, P12 і P15, P16, P17. Променів може бути кілька.

Для зручності роботи з MicroLan у FR-BASIC-і передбачені спеціальні команди, що дозволяють звістки обмін інформацією з MicroLan пристроями. Формування часових діаграм і протоколів процесор робить самостійно, оператор тільки оперує адресами пристроїв і даними.

### 2.2.6. Включення

Для того щоб уключити контролер досить подати на нього живлячу напруга в діапазоні від 10 до 30 Вольт з дотриманням полярності на рознімання живлення X1. На контролері установлені світлодіоди для визначення поточного стану контролера. У таблиці приведені основні діагностовані стани контролера.

Таблиця 2.2.

Включення контролера

VD2 Wait Жовтий	VD3 Reset Червоний	VD4 ОК Зелений	VD5 TX Червоний	VD6 RX Зелений	Стан контролера
-	-	світиться	-	-	Нормальна робота
-	-	світиться	мигає	-	UART AT89S53 передає дані
-	-	світиться	-	мигає	UART AT89S53 приймає дані
світиться	-	світиться	не важливо	не важливо	Напруга живлення контролера менше 10В, робота BASIC-програми припинена до нормалізації напруги живлення
-	мигає	мигає	не важливо	не важливо	AT89S53 з якоїсь причини не скидає watchdog AD691 і той його перезапускає
світиться	світиться	-	не важливо	не важливо	Напруга живлення контролера менше 7.5В, Контролер у стані скидання
не важливо	-	-	не важливо	не важливо	Не подане живлення чи контролер несправний

### 2.2.7. Лінії вводу/виводу

Таких ліній доступних користувачу в контролері 248 з них приходяться на AT89S53 і 16 на PIC16F87X.

Схемотехніка ліній P10-P17 AT89S53 однакова. При підключенні пристроїв до цих ліній потрібно звернути увагу на несиметричність їхніх вихідних каскадів.

- Якщо потрібно використовувати лінію як вхід, то треба установити одиницю за адресою біта відповідного цієї лінії. Це необхідно зробити один раз перед використанням лінії як входу. Після цього можна читати стан цієї лінії по цій же адресі. Якщо буде виведений нуль за адресою цього біта, то лінія перейде в стан виходу і при читанні Ви будете читати нуль. Після скидання контролера всі доступні лінії введення/виводу переходять у стан входу. При читанні «висячого» (нікуди не підключеного) входу буде читатися «1».
- Якщо потрібно використовувати лінію як вихід, то досить за адресою біта відповідної лінії виводити потрібний стан. "При виводу нуля, включається ключ, що з'єднує відповідну лінію і землю. Цей ключ залишається включеним доти, поки за адресою цієї лінії не буде виведена чи одиниця не відбудеться скидання контролера. При підключенні навантажень до контролера треба пам'ятати, що максимальний сумарний струм, що втікає, по всіх лініях не повинний перевищувати 15 мА, а по окремій лінії 10 мА.

При виводі одиниці, на короткий час (кілька тактів процесора) включається ключ з'єднуючий відповідну лінію з лінією живлення +5В. Це необхідно для швидкого скидання заряду на ємності утвореній вихідними ланцюгами і навантаженням. Після цього працює тільки резистор "підтяжки" підключаючий лінію до лінії живлення +5В. Опір цього резистора порядку 100 кОм.

### **2.2.8 Лінії вводу/виводу RA0 RA3, RA5, RB0 RB7, RC0, RC1, RC5-RC7 PIC16F87X.**

Усі перераховані лінії є двохнаправленими. Щоб визначити їх як цифрові входи чи виходи потрібно встановити в одиницю чи скинути в нуль

відповідний біт у регістрах TRISA(85h) для RA0-RA3,RA5; TRISB(86h) для RB0-RB7 TRISC(87h) для RC5-RC7. Однак для універсальних виводів порту А, буде потрібно додаткова установка регістра ADCON1(9Fh). Надалі операції проводяться з “засувками” портів PORTA(5h), PORTB(6h), PORTC(7h). У мові FR-BASIC передбачені оператори і функції , що дозволяють обробляти не тільки вміст усього порту (xreg,i2c), але і конкретний біт (xregb,i2cb).

Аналогові входи ліній RA0 RA3, RA5 PIC16F87X. Лінії можуть використовуватися як стандартні входи чи виходи в якості аналогових (0...+5В) входів. Крім того до виводів RA3 / RA3,RA2 може бути підключене зовнішнє джерело опорної напруги, якщо не задовольняють характеристики джерела живлення Vdd, напруга якого звичайно служить опорним для аналого-цифрового перетворення. Конфігурація виводів здійснюється програмуванням керуючого регістра ADCON1(9Fh) і регістра напрямків TRISA(85h) мікроконтролера PIC16F87X.

При зміні вмісту ADCON1 варто зберегти визначену функцію ліній RE0-RE3, як цифрових входів/виходів, тому що вони використовуються для керування обміном даними з портом D. Час перетворення АЦП із дозволом у 10 розрядів складає не менш 12T<sub>AD</sub>, де T<sub>AD</sub> установлюється при записі в регістр ADCON0(1Fh) для чого попередньо вибирається з ряду 2T<sub>osc</sub>; 8T<sub>osc</sub>; 32T<sub>osc</sub> чи 4 мкс, якщо аналоговий модуль тактується частотою вбудованого RC-генератора. (T<sub>osc</sub> – частота синхронізації PIC16F87X, котра може знаходитися в межах від 4 до 20 МГц.).

### **2.2.9 Підключення РКІ і енкодера до ліній RB0 RB7 PIC16F87X.**

Стандартне прошивання PIC16F87X дозволяє підключати алфавітно-цифрові РКІ з контролерами сумісними з HD44780 (Hitachi) без додаткових пристроїв сполучення. Програма формує всі необхідні часові діаграми – залишається оперувати тільки повідомленнями і їхнім форматом. Для обміну з РКІ контролер використовує 7 ліній.

Три лінії використовуються як керуючі, чотири для обміну даними. Живлення індикатора здійснюється від контролера MCU4-5. Прозоро для роботи РКІ можна використовувати зручний засіб ручного введення – енкадер чи клавіатурну матрицю.

Енкадер являє собою прилад схожий на змінний резистор, ручка якого по кроках обертається без обмежень у будь-яку сторону і крім цього натискається. Конструкція енкадера дозволяє по замиканнях контактів визначити в яку сторону і на скільки кроків повернені ручка і чи натиснута вона. Енкадер підключається до ліній обміну даними з РКІ. Зверніть увагу – енкадер підключається до ліній даних через резистори опором 1кОм. Вбудована програма PIC16F87X робить обробку сигналів отриманих з енкадера і надає користувачу готові дані у виді біта стану кнопки і збільшення кількості кроків, зроблених з минулого звертання за цими даними.

У таблиці зазначено як робити з'єднання РКІ і енкадера з MCU4-5.

Таблиця 2.4.

Лінія X6 MCU4-5	Лінія X3 MCU4-5	Функція лінії MCU4-5	Номер контакту РКІ	Функція лінії РКІ (зазначені тільки необхідні лінії)	Контакт енкадера
1	11	+5В	2	Напруга живлення +5В	розташуєте енкадер ручкою нагору, контактами до себе, тоді нумерація: три верхніх контакти ліворуч праворуч – 1,2,3, два нижніх ліворуч праворуч – 4,5  (приєднувати до MCU4-5 через 1 кОм.)
2	12	RB0	4	A0 – ознака команда / дані	
3	13	RB1	5	W/R – запис / читання	
4	14	RB2	6	E – вибір пристрою	
5	15	RB3	-	-	
6	16	RB4	11	D4 – лінія даних 1	

7	17	RB5	12	D5 – лінія даних 3	(приєднувати до MCU4-5 через 1 кОм)
8	18	RB6	13	D6 – лінія даних 5	(приєднувати до MCU4-5 через 1 кОм)
9	19	RB7	14	D7 – лінія даних	-
10	20	GND	1	Земля	2, 4
-	-	-	3	VCO – вхід регулювання контрастності(для кімнатної температури оптимально підключити через резистор 0...1...16 кОм до землі)	-

РКІ в парі з енкодером - зручний засіб вводу виводу параметрів системи.

### 2.2.10 Формувач імпульсів.

Співпроцесор PIC16F87X може формувати імпульси інфранизької частоти, з активним низьким рівнем, на лінії RA2. Період таких імпульсів програмується в діапазоні від 1 до 65535 сек, а тривалість від 1 до 65535 мс. Щоб використовувати формувач необхідно в байті конфігурації установити в одиницю біт 4.(адреса байта 36h) У цьому режимі активно використовуються таймери 0 і 2, що виключає можливість одночасного використання широтно-імпульсних перетворювачів. Для часової зупинки формувача досить встановити тривалість імпульсу рівною нулю.

## 2.3. Модуль RS2-1

Модуль RS2-1 здатний функціонувати в наступних режимах:

1. Slave-пристрій у промисловій мережі MODBUS (режим замовчування, забезпечується доступ до власних ресурсів і до ресурсів зовнішніх модулів по локальній шині I2C у режимі Master)
2. Перетворювач інтерфейсу I2C – RS485/422/232

Таблиця 2.5.

### 2.3.1. Технічні характеристики

Процесор	AT89S53(5) / 22,1184 МГц
Обсяг	Flash 12 кБайт
Співпроцесор уведення/виводу	PIC16F874(7) / 4...20...20 МГц
ОЗП	62С1024 / використовується 64 кБайта
Підживлення ОЗП при відсутності живлення	Так
SEEPROM	24LC256 / 32 кБайта
Супервізор / Watchdog	ADM691
Годинник реального часу	PCF8583
Батарея	CR2032
Користувальницькі інтерфейси	RS232, I2C, SPI, MicroLan
RS232	До 250 кБод / дуплекс
I2C	100-400 кгц / 7 біт адреса / мультимастер
SPI	До 2 МГц / 3 біт адреса
Кількість інтерфейсних ліній	24 (не вважаючи I2C і RS232/RS422)
Навантажувальна здатність інтерфейсних ліній	1.6/-0.060 ма, +20/-20 ма
Електроживлення	10-30В
Типовий струм споживання	40 ма
Захист від перенапруги / переплюсовки	Так
Світлодіодная індикація	Power Good, Watchdog
Температурний діапазон індустріального виконання	-40 +85° С
Габаритні розміри,	мм 76(82) x 76(82) x 19



### 2.3.2. Склад одноплатного контролера RS 2-1

1. Однокристальний мікроконтролер AT89S53 (оснащена MSC-51, 12 кбайт FLASH, 256 Байт ОЗП, 3 16- бітних таймера-лічильника, апаратний порт SPI, watchdog);
2. Співпроцесор уведення/виводу PIC16F87X (RISC- процесор, Flash 4...8K 14-бітних слів, 128...256 байт EEPROM, 192...368 байт ОЗП, 3 таймери, 33 лінії введення/виводу з високою навантажувальною здатністю  $\pm 25\text{mA}$ , АЦП 10 біт 8 каналів, ШІМ 10 біт 2 канали, USART, I2C, SPI)
3. ОЗП 62C1024 (процесор адресує 64 кбайта ОЗП, де розміщені дані, програми в кодах, програма на FR-BASIC; FR-BASIC використовує для своїх цілей частину пам'яті – інше ОЗП цілком надане користувачу, при вимиканні живлення, живлення ОЗП здійснюється резервною батареєю);
4. EEPROM 24LC256 (32 кбайта використовуються для енергонезалежного збереження програми на FR-BASIC, даних);
5. Годинник реального часу PCF8583 (годинник, календар будильник, можливість переривання процесора, при вимиканні живлення включається резервна батарея);
6. Супервізор / watchdog ADM691 (забезпечує нормальне скидання процесора при включенні живлення і спостереження за напругою живлення в процесі роботи, при падінні живлення нижче припустимого штатно зупиняє процесор, переключає живлення ОЗП і годинник на резервне, при провалі напруги живлення, скидає процесор при «зависанні»);
7. Вузол живлення (забезпечує стабілізацію напруги живлення, захист від імпульсних перешкод, захист модуля від переплюсовки і перевищення вхідного напруги живлення понад 30В, забезпечує живлення модулям розширення);
8. Індикатор power good (зелене світіння означає, що живляча напруга процесора знаходиться в нормі  $5\text{V} \pm 5\%$ );
9. Індикатор watchdog (червоне світіння означає, що спрацював watchdog);

10. З'єднувачі і джампери (забезпечують керування різними режимами модуля і підключення його до модулів чи розширення до керованого вузла).

### 2.3.3. Призначення виводів з'єднувачів

Таблиця 2.5.

Номер виводу	Найменування / Бітова адреса	Тип виводу	Опис
<b>Роз'єм X1 (з 10 ліній використовуються тільки 2 для подачі живлення)</b>			
(1)	+5В	POW	Ланцюг живлення +5В (вихід наплатного стабілізатора) ( може бути відсутнім)
(2)	+5В	POW	Ланцюг живлення +5В (вихід наплатного стабілізатора) (може бути відсутнім)
(3)		NC	Не використовується
(4)	RX1 0B0h	I	Лінія 0 порту 3 AT89S53; вхід UART AT89S53 (може бути відсутнім)
(5)	INT1 0B3h	I	Лінія 7 порту 3 AT89S53 (використовується тільки як вхід зовнішнього переривання INT1) (може бути відсутнім)
(6)	TX1 0B1h	O	Лінія 1 порту 3 AT89S53; вихід UART AT89S53 (може бути відсутнім)
7	10...30...30В	POW	Ланцюг живлення +10...30...30В
(8)	T010B4h	O	Лінія 4 порти 3 AT89S53; вихід для керування напрямком драйверів RS422/485 (може бути відсутнім)
9	GND	POW	Ланцюг живлення 0В
(10)	GND	POW	Ланцюг живлення 0В (може бути відсутнім)
<b>Роз'єм X2 (для міжмодульного з'єднання з модулем живлення)</b>			
1	+5В	POW	Ланцюг живлення +5В (вихід наплатного стабілізатора)
2	+5В	POW	Ланцюг живлення +5В (вихід наплатного стабілізатора)
3		NC	Не використовується
4	RX1 0B0h	I	Лінія 0 порту 3 AT89S53; вхід UART AT89S53
5	INT1 0B3h	I	Лінія 7 порту 3 AT89S53 (використовується тільки як вхід зовнішнього переривання INT1)
6	TX1 0B1h	O	Лінія 1 порту 3 AT89S53; вихід UART AT89S53
7	10...30...30В	POW	Ланцюг живлення +10...30...30В
8	T010B4h	O	Лінія 4 порти 3 AT89S53; вихід для керування напрямком драйверів RS422/485
9	GND	POW	Ланцюг живлення 0В

10	GND	POW	Ланцюг живлення 0В
<b>Роз'єм X3</b>			
1	+5V	POW	Ланцюг живлення +5В (якщо знятий джампер J6, то висновок не використовується)
2	RC0 07h Bit0	I/O	Лінія 0 порту RC PIC16F87X; може бути використана, як вхід таймера T1 PIC16F87X
3	RC1 07h Bit1	I/O	Лінія 1 порту RC PIC16F87X; може бути використана, як вихід ШІМ PIC16F87X чи вхід засувки
4		NC	Не використовується
5	RC3 07h Bit3	I/O	Лінія 3 порту RC PIC16F87X; використовується як SCL інтерфейсу I2C (Тільки)
6	RC4 07h Bit4	I/O	Лінія 4 порту RC PIC16F87X; використовується як SDA інтерфейсу I2C (Тільки)
7	RC5 07h Bit5	I/O	Лінія 5 порту RC PIC16F87X; може бути використана, як вихід для керування напрямком драйверів RS422/485 при використанні UART PIC16F87X
8	RC6 07h Bit6	I/O	Лінія 6 порту RC PIC16F87X; може бути використана, як вихід передачі при використанні UART PIC16F87X
9	RC7 07h Bit7	I/O	Лінія 5 порту RC PIC16F87X; може бути використана, як вхід прийому при використанні UART PIC16F87X
10	GND	POW	Ланцюг живлення 0В
11	+5V	POW	Ланцюг живлення +5В (якщо знятий джампер J6, то висновок не використовується)
12	RB0 06h Bit0	I/O	Лінія 0 порту RB PIC16F87X; може бути використана, як вхід переривання PIC16F87X
13	RB1 06h Bit1	I/O	Лінія 1 порту RB PIC16F87X
14	RB2 06h Bit2	I/O	Лінія 2 порту RB PIC16F87X
15	RB3 06h Bit3	I/O	Лінія 3 порту RB PIC16F87X
16	RB4 06h Bit4	I/O	Лінія 4 порту RB PIC16F87X при замкнутому джампері J11; може бути використана, як вхід переривання PIC16F87X при зміні стану цієї лінії при замкнутому джампері J11; використовується при програмуванні/перепрограмуванні пам'яті програм PIC16F87X при розімкнутому джампері J11 і J7 замкнутому в положення 1-2
17	RB5 06h Bit5	I/O	Лінія 5 порту RB PIC16F87X; може бути використана, як вхід переривання PIC16F87X при зміні стану цієї лінії

18	RB60 6h Bit6	I / O	Лінія 6 порту RB PIC16F87X; може бути використана, як вхід переривання PIC16F87X при зміні стану цієї лінії; використовується при програмуванні/перепрограмуванні пам'яті програм PIC16F87X при розімкнутому джампері J11 і J7 замкнутому в положення 1-2
19	RB7 06h Bit7	I / O	Лінія 7 порту RB PIC16F87X; може бути використана, як вхід переривання PIC16F87X при зміні стану цієї лінії; використовується при програмуванні/перепрограмуванні пам'яті програм PIC16F87X при розімкнутому джампері J11 і J7 замкнутому в положення 1-2
20	GND	POW	Ланцюг живлення 0В
<b>Роз'єм X4</b>			
1	+5V	POW	Ланцюг живлення +5В (якщо знятий джампер J6, то висновок не використовується)
2	P10 90h	I / O	Лінія 0 порту 1 AT89S53; може бути використана, як рахунковий вхід таймера T2 AT89S53; при використанні SPI адреса A0
3	P11 91h	I / O	Лінія 1 порту 1 AT89S53; може бути використана, як керуючий вхід таймера T2 AT89S53; при використанні SPI адреса A1
4	P12 92h	I / O	Лінія 2 порту 1 AT89S53; при використанні SPI адреса A2
5	P13 93h	I / O	Лінія 3 порту 1 AT89S53; використовується як SCL інтерфейсу I2C (! Тільки)
6	P14 94h	I / O	Лінія 4 порту 1 AT89S53; використовується як SDA інтерфейсу I2C (! Тільки)
7	P15 95h	I / O	Лінія 5 порту 1 AT89S53; при використанні SPI - MOSI
8	P16 96h	I / O	Лінія 6 порту 1 AT89S53; при використанні SPI - MISO
9	P17 97h	I / O	Лінія 7 порту 1 AT89S53; при використанні SPI - SCK
10	GND	POW	Ланцюг живлення 0В
11	+5V	POW	Ланцюг живлення +5В (якщо знятий джампер J6, то висновок не використовується)
12	RA0 05h Bit0	I / O	Лінія 0 порту RA PIC16F87X; може бути використана, як аналоговий вхід убудованого 10 біт АЦП PIC16F87X
13	RA1 05h Bit1	I / O	Лінія 1 порту RA PIC16F87X; може бути використана, як аналоговий вхід убудованого 10 біт

			АЦП PIC16F87X
14	RA2 05h Bit2	I / O	Лінія 2 порти RA PIC16F87X; може бути використана, як аналоговий вхід убудованого 10 біт АЦП PIC16F87X чи як негативний вхід опорної напруги убудованого 10 біт АЦП PIC16F87X
15	RA3 05h Bit3	I / O	Лінія 3 порти RA PIC16F87X; може бути використана, як аналоговий вхід убудованого 10 біт АЦП PIC16F87X чи як позитивний вхід опорної напруги убудованого 10 біт АЦП PIC16F87X
16		NC	Не використовується
17	RA5 05h Bit5	I / O	Лінія 5 порту RA PIC16F87X при замкнутому джампері J8; може бути використана, як аналоговий вхід убудованого 10 біт АЦП PIC16F87X при замкнутому джампері J8; якщо знятий джампер J8, то висновок може бути використаний для контролю резервного елемента живлення
18	CLK PCF8583	I	Лінія при замкнутому джампері J9 може бути використана, як тактовий вхід PCF8583
19	INT1 0B3h	I	Лінія 7 порту 3 AT89S53 при замкнутому джампері J10 (використовується тільки як вхід зовнішнього переривання INT1)
20	GND	POW	Ланцюг живлення 0В
<b>Роз'єм X5 (RS232)</b>			
1	T0 0B4h	O	Лінія 4 порти 3 AT89S53; вихід для керування напрямком драйверів RS422/485
2	TX 0B1h	O	Лінія 1 порту 3 AT89S53; вихід UART AT89S53
3	RX 0B0h	I	Лінія 0 порту 3 AT89S53; вхід UART AT89S53
4	GND	POW	Ланцюг живлення 0В
<b>Джампери і контрольні крапки</b>			
J1	watchdog		Контрольна крапка (імпульси скидання з AT89S53 на watchdog) 1-GND, 2-сигнал
J2	POW Int		Живлення мікроконтролерів і логіки 1-2-від батареї, 2-3-від убудованого стабілізатора; відсутність неприпустима; за замовчуванням установлений 2-3
J3	RES AT89S53		Скидання AT89S53 1-2-скидання затиснуте в активному, 2-3-скидання йде із супервізора, відсутність - працює тільки внутрішня схема скидання AT89S53 0.1мкф; за замовчуванням установлені 2-3
J4	Time		Контрольна крапка (при калібруванні - секундні імпульси від PCF8583) 1-GND 2-сигнал
J5	WR Protect		Замкнутий - запис у SEEPROM заблокована,

			розімкнутий - запис у SEEPROМ дозволена; за замовчуванням розімкнутий
J6	POW Ext		Замкнутий - шини живлення +5V контролера і X1 з'єднані, розімкнутий – роз'єднані; за замовчуванням замкнутий
J7	RES PIC16F87X		Скидання PIC16F87X 1-2-до кросу для програмування, 2-3-до супервізору; за замовчуванням установлений 2-3
J8	RA5		Замкнутий - RA5 PIC16F87X з'єднаний із кросом; за замовчуванням розімкнутий
J9	CLK PCF8583		Замкнутий – вхідний ланцюг тактування PCF8583 з'єднаний із кросом; за замовчуванням розімкнутий
J10	INT1		Замкнутий – ланцюг INT1 з'єднаний із кросом; за замовчуванням розімкнутий
J11	RB4		Замкнутий – RB4 PIC16F87X з'єднаний із кросом (розмикається при програмуванні PIC16F87X); за замовчуванням замкнутий

## 2.4. Модуль для роботи з РКІ і клавіатурою / енкодером IND1-1.x

Ряд модулів IND1-1.x призначений для підключення РКІ і клавіатурних чи матриць енкодерів до пристроїв із шиною I2C. Модуль підтримує роботу з алфавітно-цифровими і графічними РКІ.

### 2.4.1. Короткі характеристики

Підключення до шини I2C на швидкостях до 400 кГц

Підтримка алфавітно-цифрових РКІ з контролером сумісним з HD44780

Підтримка графічних РКІ з контролером сумісним з SED1520

Робота з графічними примітивами точка, лінія по координатах

Вивід символів на графічному індикаторі

Для графічного РКІ вивід у режимах відбій, накладення, інверсія, негатив і т.д.

Pin-to-pin рознімання для підключення алфавітно-цифрових і графічних РКІ

Убудований перетворювач –5В

Програмне регулювання напруги на виводі контрастності від –5В до +4В

Програмне регулювання струму підсвічування РКІ від 0 до 300 мА

Обробка даних з енкодера з чи кнопкою кнопок «+», «-», «ENTER»

Робота з клавіатурними матрицями до 3\*8 (без РКІ 5\*8)

Версія модуля з часами реального часу і батареєю + SEEPROM 32 кБайта  
Управляючий Flash-мікроконтролер PIC16F876 може бути перепрограмований  
для автономної роботи чи роботи зі спеціальним алгоритмом.

Живлення +5В +/-10%

Розмір 25.4\*76.2\*20 мм

#### **2.4.2. Варіанти виконання**

Усі варіанти виконання мають інтерфейс I2C.

IND1-1.1C - робота з РКІ і клавіатурою/енкодером

IND1-1.2C - робота з РКІ і клавіатурою/енкодером + годинник реального часу з батареєю + SEEPROM 32кбайта

IND1-1.3C - годинник реального часу з батареєю

Варіант IND1-1.3C використовує розведення друкованої плати IND1-1 і є тільки годинник реального часу з батареєю.

#### **2.5. Пасивний модуль опторозв'язок OPT1-1**

Модуль призначений для сполучення сигналів між різними пристроями потребуючими гальванічної розв'язки. Модуль має 8 каналів з індивідуальною гальванічною розв'язкою входів від виходів не гірше 2.5кВ. Стан кожного з каналів індидується світлодіодом.

OPT1-1.X має чотири основних виконання :

OPT1-1.1 - 8 входів +4...15мА/+5...16В;

OPT1-1.2 - 8 виходів +5мА/35В;

OPT1-1.3 - 4 входи +4...30мА/+5...16В & 4 виходи +5мА/35В;

OPT1-1.4 - 8 входів +/- 4...30мА / +/- 5...16В.

Розташовані на платі з'єднувачі дозволяють зручно сполучати шлейфом модуль з модулями IO1-3.X , KL6-1.X , KL16-1.X по вхідному і вихідному роз'ємах. Джамперне поле дозволяє з'єднати 8 ліній з потрібними лініями на кросі.

Модуль має стандартні розміри (25\*76мм).

## 2.6. Активний модуль 16 силових виходів постійного струму OUT9-1

Модуль OUT9-1 призначений для керування навантаженнями зі струмами до 1А. Модуль має 16 силових виходів. Кожний з виходів являє собою N-канальний ключ з параметрами 50В / 3А. При необхідності виходи можуть паралелитись.

Підключення модуля до системи виробляється через крос з використанням інтерфейсу I<sup>2</sup>C. У системі може бути присутнім безліч таких модулів тому що кожний з них має індивідуальну адресу, записана в EEPROM (адреса й інші параметри можуть бути змінені користувачем).

У модулі використаний мікроконтролер PIC16F87X, що забезпечує роботу з інтерфейсами I<sup>2</sup>C і RS232 через крос.

Режим роботи кожної лінії вивод визначається індивідуально шляхом оперативного запису у відповідні регістри PIC16F87X через I<sup>2</sup>C. Модуль, при включенні, забезпечує завантаження попередньо збережених у EEPROM усіх регістрів і ОЗП PIC16F87X, що дозволяє зберігати обрані режими і не витратити час на їхню ініціалізацію при кожному включенні.

Завдяки використанню PIC16F87X модуль може виконувати спеціалізовану програму - без модуля обчислювача, але для цього потрібно корекція убудованої програми для конкретного застосування. У разі потреби на модулі може бути встановлена SEEPROM .

Таблиця 2.6.

### Короткі характеристики:

Частота процесора	до 20 МГц
Кількість виходів	16
Користувальницький інтерфейс	I <sup>2</sup> C
I <sup>2</sup> C	400 кГц / мультимастер



Максимальна комутувана напруга	+50 В
Максимальний струм виходу	1А
Електроживлення	5 В +-10%
Споживання	<20 ма
Температурний діапазон	-40 +85° С
Габаритні розміри	25,4*76,2*30

## **2.7. Модуль АЦП із диференціальним входом 18 розрядів × 18 каналів PCU18**

Прецизійний вимірювальний пристрій на основі чипа 18-розрядного інтегруючого АЦП MAX132. Виріб являє собою достатньо “інтелектуальну” вимірювальну мікросистему, здатну працювати під керуванням комп'ютера типу РС, взаємодіючи з ним по стандартному послідовному інтерфейсу RS232С. Крім зазначеного інтерфейсу пристрій має канал обміну І<sup>2</sup>С і може бути використано як додатковий пристрій введення аналогової інформації для контролера МСU. Пристрій може працювати також і автономно, роблячи виміри з заздалегідь заданою періодичністю і накопичувати інформацію в енергонезалежній пам'яті. Інтерфейсна і вимірювальна частини пристрою мають гальванічну розв'язку, причому напруга ізоляції складає не менш 5 КВ, а електрична ємність між зазначеними частинами - не більш 3пф. Такий ступінь ізоляції дозволяє застосовувати пристрій у медичній практиці.

У виробі застосовані мікросхеми фірм MAXIM, Microchip, Dallas, Hewlett Packard, Atmel, Philips. Для виключення втрати точнісних характеристик мікросхеми MAX132, при розробці цілком враховані рекомендації фірми MAXIM. Конструктивний пристрій виконаний на одній друкованій платі. Габаритні розміри (152x56x25)мм. З “інтерфейсної” сторони встановлені з'єднувачі - розетки DB9 для підключення RS232С и RJ11 для І<sup>2</sup>С. З “вимірювальної” сторони встановлена розетка DB25 для підключення

вимірюваних сигналів і допоміжних пристроїв по допоміжному послідовному інтерфейсу. У залежності від варіанту виконання виробу, допоміжний інтерфейс може бути виконаний по стандартах SPI(Motorola), I<sup>2</sup>C(Philips) чи MicroLAN(Dallas). На мал.2.1 приведена структурна схема пристрою.



Рисунок 2.1– Структурна схема

Для більш детального ознайомлення приведемо основні технічні параметри й особливості розглянутого виробу.

**Висока роздільна здатність**, (256000), мала вага одиниці молодшого розряду (2мкв) дозволяють використовувати пристрій для прямого виміру вихідних сигналів з датчиків характеристик, що володіють малою крутістю, перетворення - термопар, металевих термометрів опору, тензометричних датчиків.

**Низький рівень власних шумів**, типове значення якого при температурі 25°С складає 15мкв, дозволяє досягати граничної точності при не більш ніж 10-и вимірах.

**Час інтегрування, рівний періоду частоти 50Гц**, дозволяє компенсувати наведення з частотою сіткової напруги.

**Частота вимірів - 16 разів у секунду.** Можливе підвищення частоти до 100 вимірів у секунду зі зниженням кількості достовірних розрядів результату виміру до 14.

**Діапазон вимірюваних напруг** складає  $\pm 512$  мВ. Можливе розширення діапазону за рахунок деякого збільшення погрішності.

**Малі вхідні струми вимірювальних входів** (не більш 10 пікоампер при температурі 25°C) дають можливість підключення до джерел сигналів з великими вихідними опорами без буферних перетворювачів.

**Прецизійне джерело опорної напруги MAX6225** з температурною стабільністю не гірше 10ppm/°C забезпечує гарну повторюваність і вірогідність вимірів.

**Вхідний комутатор** на 4 диференціальних вимірювальних канали розширює можливості пристрою в частині підключення джерел сигналів.

**Гальванічна розв'язка** (для ізоляції використані мікросхеми HP6N139op020) дозволяє “відключитися” від перешкод з боку інтерфейсу і забезпечити необхідну для медичних застосувань міцність ізоляції.

**Електроживлення інтерфейсної частини** здійснюється напругою 5В, споживаний струм - не більш 50мА. При автономній роботі пристрою живити інтерфейсну частину немає необхідності.

**Автономне живлення вимірювальної частини** від розташованого прямо на платі літієвого елемента CR2430 дозволило відмовитися при розробці виробу від складного у виробництві трансформатора, що розв'язує, знизити ємність і забезпечити можливість самостійного (при відключеному інтерфейсі) функціонування пристрою. Для випадків, коли час роботи пристрою без зміни літієвого елемента виявиться недостатнім, передбачена можливість підключення зовнішньої касети з двома елементами живлення формату AA. Напруга на елементі живлення безупинно контролюється, відображається кольором індикатора і може бути зчитане по інтерфейсу.

**Мікроконтролер PIC16F84** на “вимірювальній” стороні пристрою керує роботою АЦП MAX132, виробляє команди для включення і вимикання

перетворювачів напруги живлення на час виміру, контролює напруга елемента автономного живлення, забезпечує роботу допоміжного послідовного інтерфейсу (SPI, I<sup>2</sup>C чи MicroLAN - у залежності від варіанта виконання).

**Допоміжний послідовний інтерфейс** на “вимірювальній” стороні пристрою призначений для керування зовнішніми комутаторами і може бути використаний для введення інформації, наприклад, з цифрових датчиків температури фірми DALLAS (для компенсації “холодних” спаїв термопар).

**Таймер-календар реального часу PCF8583** будить “сплячий” мікроконтролер у заздалегідь заданий момент часу для добутку чергового виміру.

**Енергонезалежна пам'ять** (мікросхема SEEPROM AT24C256, 32Кб) служить для нагромадження результатів вимірів при роботі пристрою в автономному режимі. Можливе збільшення обсягу пам'яті до 1Мбайт (за бажанням замовника).

**Передбачено можливість підключення декількох пристроїв** на один інтерфейсний канал. Зазначена функція реалізована за допомогою ще одного мікроконтролера PIC16F84, що встановлений на “інтерфейсній” стороні пристрою для розпізнавання адреси й обслуговування каналів RS232C, I<sup>2</sup>C. Підключення декількох пристроїв на інтерфейс I<sup>2</sup>C можна робити безпосередньо, а для об'єднання по RS232C можна використовувати перетворювачі RS232C в RS422, що допускає з'єднання передавачів. У випадку, коли є необхідність мати відображення вимірюваних величин на місці монтажу пристрою PCU18, до каналу I<sup>2</sup>C може бути підключений ЖК індикатор.

### **АЦП PCU18.X 18 розрядів+/-**

Периферійний пристрій керування (PCU18.X) являє собою закінчений пристрій для вимірювання сигналів з великою точністю: +/-18 біт і передачі інформації з гальванічно розв'язаного інтерфейсу RS232C чи I<sup>2</sup>C у ведучий чи комп'ютер контролер.

PCU18.X призначено для роботи в пристроях, де потрібно вимірювання дуже малих сигналів і/чи важливий великий динамічний діапазон.

Важливою особливістю приладу є гальванічна розв'язка вимірювальної і інтерфейсної частин з великою напругою ізоляції: 5 кв.

Для підключення PCU18.X до IBM PC чи до контролерів по інтерфейсу RS232C не потрібно ніяких додаткових апаратних засобів, підключення виробляється через модемний кабель.

Користувач може використовувати свої пристрої на стороні вимірника (гальванічно розв'язаної з інтерфейсною стороною) для попереднього узгодження / перетворення вхідних чи сигналів побудови своїх схем керування. Для цього на вхідному рознімачі йому надані стабілізовані напруги живлення +/-5 В и гальванічно розв'язаний інтерфейс I<sup>2</sup>C. При відсутності звертань до пристрою, PCU18.X автоматично переходить у режим SLEEP.

При розробці і виготовленні PCU18.X використані рекомендації фірми MAXIM по застосуванню АЦП MAX132 і вимірювальна частина пристрою цілком зібрана на комплекті чипів фірми MAXIM.

Таблиця 2.7.

#### Склад:

• вхідні дільники-фільтри	Пасивний двоступінчастий
• диференціальний мультиплексор 4->1	MAX399
• АЦП	MAX132
• перетворювач напруги 0,8-5 В -> 5 В	MAX866
• інвертор напруги +5 В -> -5 В	MAX1044
• прецизійне джерело опорної напруги	MAX872
• контролер вимірювальної частини	PIC16F84
• час-календар реального часу*	PCF8583
• EEPROM *	24LC256

- Батарея CR2430
  - Опторозв'язка HP 6N139 op020
  - Контролер інтерфейсної частини PIC16F84
  - Перетворювач рівнів DS232
- \*установлюються при необхідності

Таблиця 2.8.

**Короткі характеристики:**

- Розрядність АЦП +/- 18 біт
- Кількість диференціальних входів 4
- вхідний діапазон (при відсутності вхідного дільника) +/- 512 мВ
- вхідний струм (при відсутності вхідного дільника) +/- 2 пА
- точність при 16 перетворень / секунду +/-0,006%
- напруга ізоляції 5 кВ
- користувальницькі інформаційні інтерфейси на I<sup>2</sup>C вимірювальній стороні
- інтерфейси на інтерфейсній стороні RS232C, I<sup>2</sup>C
- ємність EEPROM 0...32 кБайт
- Електроживлення інтерфейсної частини 5 В +/-10% / 0,15А
- Електроживлення вимірювальної частини від убудованого CR2032 чи 2.7...5.0В
- Споживання від літієвого елемента (у сплячому режимі) 50 мкА
- Габаритні розміри (152 x 56 x 25) мм

## **2.8. Аналоговий / накопичувальний модуль.**

Модуль має два основних застосування:

- 1) Запис, збереження і відтворення аналогових фрагментів;
- 2) Запис та довготривале зберігання великих масивів даних

На модулі встановлюється від 1 до 4 Мбайт Flash пам'яті.

Модуль SPK1-1.1 має один чип AT45D081, сумарний обсяг пам'яті - 1 Мбайт.

Модуль SPK1-1.2 має один чип AT45D161, сумарний обсяг пам'яті - 2 Мбайта.

Модуль SPK1-1.3 має два чипа AT45D161, сумарний обсяг пам'яті - 4 Мбайта.

При роботі в аналоговому режимі PIC контролер через убудований ШІМ відтворює обраний фрагмент, що через УНЧ подається на вихід. Можлива робота з двома незалежними НЧ виходами.

### **2.8.1. Призначення**

Модуль IO1-2 являє собою одноплатний контролер, побудований на базі PIC16F87X, PIC16C63 чи PIC16C73. IO1-2 входить до складу комплексу модульних контролерів MCU4. Модуль призначений для збільшення кількості ліній вводу/виводу в системах на базі комплексу MCU4 і інших пристроях, що використовують інтерфейс I2C. Убудоване програмне забезпечення дозволяє через канал I2C одержати доступ до всіх ресурсів мікроконтролера PIC16XXX. Користувач може прочитати/записати будь-який осередок ОЗП чи реєстрового файлу (крім декількох використовуваних програмою). Це дозволяє користувачу визначати режими роботи ліній вводу/виводячи індивідуально для кожної і конфигурирувати потрібним образом реєстри процесора і його периферії.

### **2.8.2. Технічні характеристики**

Процесор PIC16F87X чи PIC16C63 чи PIC16C73/4 (20) МГц

Обсяг Flash програмної пам'яті 4 (8) до \* 14біт

ОЗП 192 (368) Байт

SEEPROM (установлюється при необхідності) 2...32 кбайт

Апаратно підтримувані інтерфейси RS232, I2C

Програмно підтримувані інтерфейси I2C, (MicroLan) I2C 100-400 кГц / 7 біт адреса / мультимастер

Кількість ліній вводу/виводу 16 (не вважаючи I2C і RS232)

У тому числі ліній АЦП 8(10) біт 5

У тому числі ліній ШІМ 6-10 біт 2

Захист ліній вводу/виводу від перенапруги / переплюсовки

Убудовані захисні діоди PIC16XXX (можлива установка зовнішнього діодного захисту)

Навантажувальна здатність інтерфейсних ліній +20 / -20 мА

Електроживлення 5В±10%

Типовий струм споживання (без врахування вихідних струмів) 4 (20) мА

Температурний діапазон індустріального виконання -40 +85° С

Габаритні розміри, мм 25 x 76(82) x 15

### 2.8.3. Склад

1. Однокристальний мікроконтролер **PIC16XXX** (RISC- процесор, Flash 4...8...8К14-бітних слів, 128...256 байт

EEPROM(тільки для PIC16F87X), 192...368 байт ОЗП, 3 таймери, 22 лінії введення/виводу з високої навантажувальною здатністю ±20ма,

АЦП 8 біт(для PIC16F87X 10біт), 5 каналів, ШІМ 10 біт 2 канали, USART, I2C, SPI)

2. 16 осередків, що сполучають, (підключають зовнішню лінію :: вхід, вхід «сухий контакт» - з підтяжкою до +5В, вхід дільник, вхід RC , вихід, вихід з послідовним резистором)

3. SEEPROM **24LC16...256**(2...32кбайта може бути встановлене для енергонезалежного збереження даних);

4. з'єднувачі і джампери (забезпечують керування різними режимами модуля і підключення його до керуючих модулів і з'єднання з зовнішніми ланцюгами).



## 2.9. Модуль живлення POW

Призначений для перетворення нестабілізованої вхідної постійної чи змінної напруги у вихідну стабілізовану напругу 0...+12В.

Модуль, як і всі модулі комплекту MCU4, підключається до системи через крос. Убудований процесор PIC16F87X забезпечує роботу модуля і сполучення його з інтерфейсом I<sup>2</sup>C для можливого керування його режимами обчислювачем і передачі в обчислювач діагностичної інформації. Модуль може бути включений чи виключений таймером обчислювача (при живленні системи від батарей). POW1-2.11 має захист по струму і температурі (при цьому величини порогів задаються користувачем).

У модулі встановлений багатобарвний світлодіодний індикатор для відображення основних режимів роботи.

Таблиця 2.9.

### Короткі характеристики:

Частота процесора	20 МГц
Користувальницький інтерфейс	I <sup>2</sup> C
I <sup>2</sup> C	400 кГц / мультимастер
Частота роботи ШІМа	78 кГц
Струм навантаження	=<1 А
КПД (при вхідній напрузі 24 В)	>80%
Постійна вхідна напруга	9.5 - 30 В
Змінна вхідна напруга	7 - 22 В
Вихідна напруга	0-12 В +-2%
Температурний діапазон	-40 +85° С
Габаритні розміри	(25 x 76 x 25) мм

## **2.10. Модуль перетворювача напруги для пристроїв з гальванічною розв'язкою DC2**

**Модуль DC2** призначений для спільної роботи з іншими модулями і забезпечує гальванічно розв'язане живлення цих модулів. На платі встановлений перетворювач, що, використовуючи живлення кроса, передає енергію через трансформатор, що розв'язує, на ізольовану сторону.

До одного модуля **DC2** можливе підключення багатьох плат потребуючих "підживлення", що передбачено спеціально розташованими роз'ємами на **DC2** і цих модулях.

Модуль має різні модифікації, що відрізняються як напругою ізоляції(1,5-5кВ), так і кількістю напруг на виході(1-2), їх номіналами(3 - 15В).

Габаритні розміри модуля 25\*76\*25.

## 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1. Програмування з використанням FR-BASIC.

При створенні програми Ви можете застосовувати підпрограми написані в кодах MSC51. Якщо необхідно, то і все програмне забезпечення може бути написане в кодах MSC51, а FR-BASIC використовуватися лише як засіб завантаження кодів.

Для того щоб записати програму на Fr-BASIC у контролер чи виправити вже наявну, треба:

1. Запустити термінальну програму на комп'ютері. Підійде практично будь-яка термінальна програма. Наприклад, Hyper Terminal(WIN), убудований термінал DOS Навігатора, убудований термінал Norton Commander і т.д.
2. Налаштувати параметри цієї програми : вибрати той COM-порт до якого Ви підключили кабель, швидкість 19200 бод, 1 стоповий біт, без контролю парності, апаратний контроль передачі (CTS/RTS, DTR/DSR), забрати AT-послідовності, що використовуються при ініціалізації модемів. У випадку, коли в контролері вже працює Ваша програма, що змінила ці установки UART AT89S53, треба встановлювати параметри відповідно до змін.
3. Підключити інформаційний кабель від комп'ютера до рознімання X2. Розведення рознімання цілком збігається зі стандартним розведенням 9-ти пінового рознімання RS232C див. п.4.
4. Якщо необхідне підключення контролера до RS232C з гальванічною чи розв'язкою підключення до RS422 чи RS485 , то додатково буде потрібно відповідний інтерфейсний модуль. За допомогою кроса обраний інтерфейсний модуль RS2-1.1X з'єднати з MCU4-5 . При використанні крос модулів потрібні лінії поєднуються автоматично див. таблицю. Якщо необхідно використовувати лінії № 7, 8, 9 рознімань X4 і X3 MCU4-5 для інших цілей, то на кросі між з'єднаннями X5 і X4 MCU4-5 ці лінії розриваються. Відповідно лінії, підключені до X5 MCU4-5, несуть функцію RS, а лінії підключені до X4 і X3 MCU4-5 іншу необхідну функцію.

Таблиця 3.1.

## Розподіл сигналів по лініях та індикація

Номер контакту кроса	Функція лінії	RS2-1.1X X2	MCU4-5 X5	MCU4-5 X4
1	Живлення +5В	+5В	відсутній	+5В
2	вільна		відсутній	
3	вільна		відсутній	
4	вільна		відсутній	
5	SCL		відсутній	
6	SDA		відсутній	
7	готовність	EN	Т0	
8	передача	TXD	TX	
9	прийом	RXD	RX	
10	GND	GND	GND	GND
11	Живлення +5В	+5В	відсутній	+5В
12	вільна		відсутній	
13	вільна		відсутній	
14	вільна		відсутній	
15	вільна		відсутній	
16	вільна		відсутній	
17	вільна		відсутній	
18	вільна		відсутній	
19	вільна		відсутній	
20	GND	GND	відсутній	GND

При з'єднанні модулів без використання кроса виділені лінії треба з'єднати обов'язково (з'єднання робляться “pin to pin” тобто пострічково).

При живленні модулів RS2-1.1X від MCU4-5 максимальна напруга живлення MCU4 5 12-вольт

5. Подати живлення одним з вищеописаних способів(Ж6 повинний бути замкнутий, інакше на пристрої підключені до кроса не буде подане живлення).

6. У вікні термінала Ви побачите :

повідомлення:

```
FR BASIC XXXXX3
```

```
Ready
```

```
>
```

XXXXX3 - номер версії прошивання,

де XXXXX дата створення версії:

(XX – число, XX – місяць, X -остання цифра року).

Контролер готовий до прийому чи команд до завантаження програми;

- Ви нічого не побачили чи там з'явилася якась інша інформація, це значить, що контролер виконує програму. Його можна перервати, натиснувши <Ctrl C>. Після зупинки Ви побачите повідомлення «READY»;
- Якщо по <Ctrl C> зупинка не відбулася, то процесор знаходиться в режимі мережного обміну див. опис Fr-BASIC

### **Продовження роботи:**

- набрати програму пострічково в командному рядку;
- переглянути програму командою LIST;
- відредагувати окремі рядки програми, набравши їх у командному рядку;
- зберегти зміни командою SAVE;
- стерти програму командою NEW;
- очистити пам'ять і зберегти це # після NEW Ви повинні зробити SAVE;
- завантажити нову програму з задалегідь створеного Вами текстового файлу # подати команду NEW (допускається подача цієї команди спочатку тексту Вашої програми).

Використовуючи програму loadbas.exe, послати текст нової програми в контролер. Для цього набрати

loadbas.exe

<ім'я файлу> [номер COM порту].

*Наприклад*

“loadbas.exe test.bas 1” – це означає посилку файлу test.bas через порт COM1 у контролер. Якщо номер порту не вказувати явно, посилка буде зроблена через COM2. При завантаженні у вікні терміналу Ви побачите процес завантаження у виді що біжить лістинг Вашої програми.

- запустити програму командою RUN. Зверніть увагу, що після завантаження програма розмішена в ОЗП і вимикання живлення приведе до її стирання. Щоб цього уникнути збережіть програму в довгостроковій пам'яті SEEPROM командою SAVE;
- після переривання програми <Ctrl C> у командному рядку виконати деякі команди, переглянути/відредагувати значення перемінних;
- продовжити виконання програми командою CONT чи “\”.

### **3.2. Програмування убудованої в AT89S53 Flash пам'яті.**

Цей варіант має на увазі, що замість FR-BASIC-а буде записуватись програма в кодах. При цьому буде використовувати від контролера тільки “залізо”. Доведеться самотійно піклуватися про засоби введення / виводу, скидання watchdog і багато про що інше. Ядро мікроконтролера AT89S53 цілком аналогічно MCS51. Крім ресурсів стандартного MCS51 у AT89S53 є додаткові ресурси. Опис AT89S53 можна знайти на [www.atmel.com](http://www.atmel.com).

Програмування внутрішньої Flash- пам'яті AT89S53 ведеться через три лінії шини SPI – P15, P16, P17. Для низькорівневого програмування використовують модуль MCU42-2 зі стандартним прошиванням FR-BASIC-а. Програма, написана на FR-BASIC, що дозволяє записати файл у програмувальний контролер. Ніяких програматорів і додаткових джерел

живлення не буде потрібно. Для програмування, шини контролерів треба об'єднати, зняти джампер J3 на програмувальному контролері і з'єднати вивід 1 J7 (сигнал T0) програмуючого контролера з виводом 2 J3 (сигнал RES) на програмувальному контролері. Процес програмування займає близько 40 секунд. Після програмування потрібно усе виключити і відновити нормальне положення джампера J3.

9. Програмування убудованої в PIC16F87X Flash пам'яті. При необхідності можна переписати цілком програмну пам'ять PIC16F87X. Якщо на контролері встановлений чип PIC16F877, то можна використовувати резервні 4К\*14 біт слів для доповнення вже наявної програми. Якщо чип PIC16F874 – то можливий тільки перезапис тому що в ньому всього 4К\*14 біт слів програмної пам'яті і вона уже використовується стандартною програмою. Мікроконтролери PIC16F87X фірми Microchip сумісні з мікроконтролерами 16-ої серії фірми Microchip. Опис PIC16F87X можна знайти на [www.microchip.com](http://www.microchip.com).

Головною відмінністю цих мікроконтролерів від іншої серії є наявність неоднократно програмованої програмної пам'яті, з багаторазово перепрограмованою Flash – пам'яттю.

Програмування здійснюється через лінії RB4, RB6 ,RB7. Для програмування буде потрібно модуль програматора PRG1-X, модуль обчислювача серії MCU4X і відповідна програма. Перед програмуванням треба на програмувальному модулі установити джампер J7 у положення 1-2 , замкнути J6 і зняти джампер J11. Об'єднати шини програмуючого MCU4X і PRG1-X, з'єднати вилку X3 програмувальні контролери з розеткою PRG1-X. Подати живлення на програмуючий обчислювач MCU4X (живлення на програмувальний модуль надійде через модуль програматора) і скористатися програмою, котра запише потрібний файл у PIC16F87X. Процес програмування займає не більш 2-х хвилин.

Після програмування потрібно виключити живлення і відновити положення джамперів «за замовчуванням».

### **3.3. Програмування у режимі slave-пристрою промислової мережі MODBUS модуля RS2-1**

#### **3.3.1 Загальні відомості**

Модуль виконує функцію периферійного “Slave” пристрою. У цьому режимі дані, що надходять по послідовному каналі, розглядаються внутрішньою програмою, як пакетне повідомлення від центрального пристрою (“Master”) у форматі Modbus RTU (усі поля – двійкові дані). У заголовку пакета (перший байт) “Ведучий” завжди передає код адресованого пристрою. Мережна адреса модуля зберігається за адресою 27h у реєстровому файлі PIC-контролера і його значення завжди повинне бути парним.

Нульовий біт заголовка визначає ресурси до яких звертається убудована програма при виконанні команди (докладніше в розділі 3.2) Значення за замовчуванням для вмісту цього регістра не вибирається, тому що всі модулі повинні “відгукуватися “ на нульову адресу. Для захисту від помилок у лінії зв'язку в дейтограмі передбачене поле контрольної суми, що визначається по методу CRC (Cyclical Redundancy Check) . Алгоритм підрахунку контрольної суми приводиться в розділі 3. Прийняті дані обробляються модулем (виконується команда і формується відповідь чи квитанція) тільки при збігу підрахованого і прийнятого значення контрольної суми і за умови, що повідомлення адресоване конкретному модулю. Границі пакета визначають часові інтервали в переданому байтовому потоці. Часова затримка передачі чергового байта не перевищує часу передачі 1.5 байт. Пауза між послідовними пакетами перевищує час передачі 3.5 байт.

#### **3.3.2 Формати команд**

Внутрішня програма модуля підтримує виконання чотирьох команд:

- команда 6 - запис регістра типу 4
- команда 1610 – запис регістрів типу 4
- команда 3 - читання регістрів типу 4



– команда 4 – читання регістрів типу 3

Обробка інших команд полягає у формуванні квитанції з кодом помилки 1 (невірна команда). При обробці “свого” пакету убудована програма аналізує нульовий біт заголовка. Якщо задана адреса парниа - операція виконується при звертанні до власних ресурсів RS2-1, інакше за допомогою циклів шини I2C на ресурсах зовнішніх модулів.

Кількість адресованих регістрів для всіх команд не перевищує 256. Значення старшого байту адреси регістра для команд 3, 4 і 16 при операціях безпосередньо з RS2-1 повинні бути нульовим. Для команд зі звертанням по шині I2C, на місці старшої адреси регістра розташовується Slave-адреса зовнішнього модуля. По специфікаціях протоколу MODBUS регістри типу 3 і 4 мають ємність два байти. Організація реєстрового файлу PIC-контролерів - байтова.

Під час читання “майстер” може просто ігнорувати прийнятий “зайвий” байт, а для зручності запису одного байта даних прийнята наступне згода по виконанню команди 6: убудована програма обробляє тільки молодший байт даних, якщо нульовий біт старшого байта адреси регістра встановлений в одиницю. Ємність програмних буферів приймача і передавача - 32 байта Але з урахуванням заголовка й обов'язкової контрольної суми число байт даних переданих в одному повідомленні не повинне перевищувати 22 (11 слів).

### **Формат команди запису 6**

#### **запит:**

адреса пристрою

6 - код команди

адреса регістра (старший байт)

адреса регістра (молодший байт)

дані – значення регістра (старший байт)

дані – значення регістра (молодший байт)

контрольна сума(молодший байт)

контрольна сума(старший байт)

**ВІДПОВІДЬ:**

адреса пристрою

б – код команди

адреса регістра(старший байт)

адреса регістра(молодший байт)

дані – значення регістра (старший байт)

дані – значення регістра (молодший байт)

контрольна сума(молодший байт)

контрольна сума(старший байт)

квитанція:

адреса пристрою

**8616 – код команди з установленим старшим бітом**

**код помилки(один з перерахованих):**

1 - загальне число байт не відповідає формату команди

2 - неприпустиме значення старшого байта адреси при звертанні до власних ресурсів

4 - немає відповіді від slave-пристрою (при звертанні до модуля на шині I2C)

контрольна сума(молодший байт)

контрольна сума(старший байт)

**Формат команди запису 1610**

**запит:**

**адреса пристрою**

1610 - код команди

адреса першого регістра (старший байт)

адреса першого регістра (молодший байт)

кількість регістрів(старший байт) - завжди повинний бути дорівнює 0

кількість регістрів(молодший байт) - 0 < припустиме значення <= 11

кількість байт даних

дані – значення першого регістра (старший байт)

дані – значення першого регістра (молодший байт)

...

контрольна сума(молодший байт)

контрольна сума(старший байт)

**відповідь:**

адреса пристрою

1610 – код команди

адреса першого регістра(старший байт)

адреса першого регістра(молодший байт)

кількість регістрів (старший байт)

кількість регістрів (молодший байт)

контрольна сума(молодший байт)

контрольна сума(старший байт)

**квитанція:**

**адреса пристрою**

9616 – код команди з установленим старшим бітом

код помилки(один з перерахованих):

1 - загальне число байт не відповідає формату команди

2 - неприпустиме значення старшого байта адреси при звертанні до власних ресурсів

4 - немає відповіді від slave-пристрою (при звертанні до модуля на шині I2C)

7 - неприпустима кількість регістрів

контрольна сума(молодший байт)

контрольна сума(старший байт)

### **Формат команд читання 3,4**

#### **запит:**

адреса контролера

3(4) – код команди

адреса першого регістра (старший байт)

адреса першого регістра (молодший байт)

кількість регістрів(старший байт) - завжди повинний бути дорівнює 0

кількість регістрів(молодший байт) -  $0 < \text{припустиме значення} \leq 11$

контрольна сума(молодший байт)

контрольна сума(старший байт)

#### **відповідь:**

адреса пристрою

3(4) – код команди

кількість байт даних

дані – значення першого регістра (старший байт)

дані – значення першого регістра (молодший байт)

...

контрольна сума(молодший байт)

контрольна сума(старший байт)

#### **квитанція:**

##### **адреса пристрою**

8316 (8416)- код команди з установленим старшою битому код помилки(один з перерахованих):

1 - загальне число байт не відповідає формату команди

2 - неприпустиме значення старшого байта адреси при звертанні до власних ресурсів

4 - немає відповіді від slave-пристрою (при звертанні до модуля на шині I2C)

7 - неприпустима кількість регістрів

контрольна сума(молодший байт)

контрольна сума(старший байт)

### **3.3.3 Алгоритм обчислення CRC16контрольного циклічного коду**

Обчислення контрольного циклічного коду виробляється шляхом логічного розподілу бітової послідовності отриманої з послідовно складених байтів інформаційного блоку на утворюючий поліном виду  $X^{16}+X^{15}+X^2+1$ .

Алгоритм програмного обчислення CRC.

1. Завантажити в двохбайтовий регістр (назвемо його CRC-регістром) початкове значення  $CRC=0FFFFh$
2. Скласти по модулю 2 (виключаюче “АБО”) молодший байт CRC-регістра з першим байтом послідовності і помістити результат у CRC-регістр.
3. Зрушити вправо CRC-регістр на флаг переносу (старший біт старшого байта замінити нулем).
4. Якщо флаг переносу = 0, повторити п.3 Якщо флаг переносу =1, скласти по модулю 2 вміст CRC- регістра з константою 0A001h; результат помістити в CRC-регістр.
5. Повторювати п.3, п.4 поки загальна кількість зрушень не стане дорівнювати 8.
6. Повторити п.2 для наступного й інших байтів послідовності.
7. Те що вийшло в результаті дій по п.1...п.6 значення CRC-регістра є контрольним циклічним кодом усієї послідовності.

### **Установки послідовного приймально-передавача**

За замовчуванням установлений наступний формат посилок:

8 біт даних , 1 стоп біт, без контролю паритету, швидкість передачі 9600 біт/сек

### **Програмування паузи між послідовними пакетами**

Відповідно до протоколу, ця пауза повинна бути не менша часу передачі 3.5 байт. У теж час орієнтуєтесь саме на це значення внутрішня програма

визначає момент завершення передачі повідомлення. Регістр з адресою 26h містить кількість внутрішніх циклів тривалістю в 250 мкс, що укладаються на часовому відрізку рівному часі передачі 3.5 байт. При швидкості замовчання 9600 біт/сек для передачі зазначеної кількості байт потрібен час порядку 3.5 мс, тому за адресою 26h записане значення 14.

Зміною вмісту цього регістра можна підтримувати передачу пакетів даних у діапазоні швидкостей від 115200 до 600 біт/сек. При необхідності переходу на більш низькі швидкості необхідно змінити значення внутрішнього циклу. Формування цього інтервалу здійснює таймер 1, з періодом внутрішньої синхронізації – 8 мкс.

Розрахувати нове значення завантаження таймера можна по формулі

$$T = 65535 - (\text{новий час циклу, у мкс}/8)$$

Молодший байт T записують за адресою 24h, а старший – 25h

Важливо: вміст адрес 24h і 25h, а також регістра генератора швидкості 99h може бути збережено в енергонезалежній пам'яті і автоматично відновлюватися щоразу після включення живлення.

### **3.3.4 Програмування мережної адреси**

Необхідне значення адреси записується в регістр PIC-контролера з адресою 27h. Нагадаємо, що значення, що задається, повинне бути парним. Операція виконується за допомогою команди б у форматі для запису одного байта (значення старшого байта адреси регістра встановлено рівним 01). Тут і далі у всіх прикладах усі числа шістнадцяткові.

Запит:

00 06 01 27 00 02 B8 2D

Відповідь:

02 06 01 27 00 02 B9 CF

### 3.3.5 Збереження конфігурації модуля у внутрішній енергонезалежній пам'яті.

Уміст перерахованих у таблиці 1 регістрів PIC-контролера можна зберегти у внутрішній енергонезалежній пам'яті. Після включення живлення ці дані будуть автоматично відновлені. Перша команда записує код що дозволяє почати копіювання:

**Запит:**

02 10 00 FA 00 03 06 00 46 52 4C 74 64 B8 EB

**Відповідь:**

02 10 00 FA 00 03 A0 0A

Друга запускає процес запису в E2DATA

**Запит:**

02 06 01 5E 00 03 A 9 D6

**Відповідь:**

02 06 01 5E 00 03 A9 D6

Таблиця 4.6.

Список регістрів уміст яких зберігається в E2DATA

INTCON	0Bh	Регістр спеціальних функцій
T1CON	10h	Регістр спеціальних функцій
T2CON	12h	Регістр спеціальних функцій
CCPR1L	15h	Регістр спеціальних функцій
CCP1CON	17h	Регістр спеціальних функцій
RCSTA	18h	Регістр спеціальних функцій
CCPR2L	1Bh	Регістр спеціальних функцій
CCP2CON	1Dh	Регістр спеціальних функцій
ADCON0	1Fh	Регістр спеціальних функцій
OPTION	81h	Регістр спеціальних функцій
TRISA	85h	Регістр спеціальних функцій
TRISB	86h	Регістр спеціальних функцій

TRISC	87h	Регістр спеціальних функцій
PIE1	8Ch	регістр спеціальних функцій
PIE2	8Dh	регістр спеціальних функцій
SSPCON2	91h	регістр спеціальних функцій
PR2	92h	регістр спеціальних функцій
SSPADD	93h	регістр спеціальних функцій
TXSTA	98h	регістр спеціальних функцій
SPBRG	99h	регістр спеціальних функцій
ADCON1	9Fh	регістр спеціальних функцій
Регістр даних	20h	Режим I2C/RS - керування перериванням
Регістр даних	21h	Режим I2C/RS - керування перериванням
Регістр даних	22h	Режим I2C/RS - керування перериванням
Регістр даних	23h	Режим I2C/RS - керування перериванням
Регістр даних	24h	Молодший байт лічильника внутрішнього циклу
Регістр даних	25h	Старший байт лічильника внутрішнього циклу
Регістр даних	26h	Число тактів чекання завершення повідомлення
Регістр даних	27h	Мережна адреса по протоколу MODBUS
Регістр даних	41h	Вибір режиму: 0 – I2C/RS ; 80h - устр. MODBUS
Регістр даних	60h	Копія засувки порту А
Регістр даних	61h	Копія засувки порту В
Регістр даних	62h	Копія засувки порту С

### 3.3.6 Керування зовнішнім модулем ІО1-3

Запишемо 10 байт даних у реєстровий файл , починаючи з адреси 0A0h.

Мережна адреса контролера MODBUS - 10h

Slave – адреса модуля ІО1-3 - 54h

Запит:

11 10 54 A0 00 05 0A 11 22 33 44 55 66 77 88 99 00 9A 95

Відповідь:

11 10 54 a0 00 05 12 88

Контрольне читання:



Запит:

11 04 54 A0 00 05 22 8B

Відповідь:

11 04 0A 11 22 33 44 55 66 77 88 99 00 8D DA

### **3.3.7 Програмування модуля RS2 у режимі перетворювача інтерфейсу I2C – RS232/RS422/RS488**

Установки послідовного приймально-передавача швидкість передачі - 9600 біт/сек довжина послілки - 8 біт 1 стоп біт

Загальні зведення

В оперативній пам'яті PIC-контролера організовані два кільцевих буфери по 32 байта, відповідно для передавача і приймача, границі яких "прозорі" для програміста. Щоб передати дані в лінію треба занести їх у буфер оператором `i2c(19h)=byte1,byte2...byte32` Традиційне опитування готовності передавача при цьому проводити не потрібно. Видача даних у лінію починається відразу після закінчення запису першого байта. Для інтерфейсних схем RS422/RS485 автоматично формується сигнал включення/вимикання

Через різницю у швидкості на шині I2C і в лініях RS теоретично можливе переповнення буфера. У цьому випадку запис у нього припиняється й одночасно встановлюється в одиницю флаг переповнення (41h.2). Після передачі чергового байта, коли в буфері з'являється вільне місце, флаг скидається і запис даних відновляється. Однак попередні дані можуть бути загублені.

Відразу після включення живлення модуль починає "слухати" лінію. Прийняті дані розміщуються у вхідному буфері. При переповненні встановлюється в одиницю флаг 41h.

Читання даних виробляється послідовним викликом функції I2C :

`data1=i2c(1Ah), data2=i2c(1Ah)` і т.д.

При обміні можливий контроль паритету, тоді послілка включає старт біт, 8 біт даних, біт паритету, стоп біт. У цьому випадку внутрішня програма

підраховує значення додаткового біта і при передачі копіює його стан у нульовий біт регістра TXSTA ,а при прийомі порівнює з нульовим бітом з RCSTA.

Приклад вибору режиму контролю на парність(умовчання)

i2cb4(41h)=0

і на непарність - i2cb4(41h)=1.

Приклад установки формату переданої посилки з паритетом

i2cb6#A3,(98h)=1

Приклад установки формату прийнятої посилки з паритетом

i2cb6#A3,(18h)=1

За замовчуванням байти з помилкою паритету у вхідний програмний буфер не записуються. Дозволити такий запис можна командою i2cb5(41h)=1.

При виникненні апаратних помилок FRAME ERROR і OVERRUN ERROR у послідовному порту PIC- контролера, автоматично виконується його скидання, а значення флагів копіюється в регістр 4Fh ( відповідно біти 2 і 1). Скидання цього регістра проводиться зовнішньою програмою. Дані з помилкою FRAME ERROR заносяться у вхідний буфер (при відсутності його переповнення). При прийомі підтримується два режими роботи:по готовності даних і по перериваннях. Режим визначається станом біта 6 регістра 41h.

(0 - по готовності (режим замовчання), 1 - по перериваннях).

### **3.3.8 Розрахунок і установка швидкості:**

Швидкість передачі змінюється перезавантаженням умісту регістра генератора з адресою 99h.

Значення значення, що завантажується, X визначається з виразу

$Baud\ Rate = F_{osc} / (16(x+1))$

9600 біт/сек

-  $4000000 / (16 * 9600) = 26 \rightarrow 25$  (значення, що завантажується,)

погрішність

$4000000 / (16 * 26) = 9615.38$

$$(9615.38-9600)/9600 \Rightarrow 0.16\%$$

4800 біт/сек

$$4000000/(16*4800)=52 \rightarrow 51 \text{ (значення, що завантажується)}$$

погрішність

$$4000000/(16*52)=4807.62$$

$$(4807.62-4800)/4800 \Rightarrow 0.16\%$$

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

Охорона праці - система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я й працездатності людини в процесі праці. Охорона здоров'я працівників, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму становить одну з головних турбот людського суспільства. Звертається увага на необхідність широкого застосування прогресивних форм наукової організації праці, зведення до мінімуму ручної, малокваліфікованої праці, створення обстановки, що виключає професійні захворювання й виробничий травматизм.

Даний розділ кваліфікаційної роботи бакалавра присвячений розгляду наступних питань:

- визначення оптимальних умов праці оператора системи мікроклімату;
- розрахунок вентиляції;
- розрахунок освітленості;

### **4.1 Визначення оптимальних умов праці інженера-оператора системи автоматизованого управління**

Проектування робочих місць, обладнаних відеотерміналами, відносять до числа найважливіших проблем ергономічного проектування в галузі обчислювальної техніки.

Робоче місце й взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця оператора повинні бути дотримані наступні основні умови:

- оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця;
- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи й переміщення;

- необхідно природне й штучне освітлення для виконання поставлених завдань;
- рівень акустичного шуму не повинен перевищувати припустимого значення.
- достатня вентиляція робочого місця;

Ергономічними аспектами проектування відеотермінальних робочих місць, зокрема, є: висота робочої поверхні, розміри простору для ніг, вимоги до розташування документів на робочому місці ( наявність і розміри підставки для документів, можливість різного розміщення документів, відстань від очей користувача до екрана, документа, клавіатури й т.д.), характеристики робочого крісла, вимоги до поверхні робочого стола, регульованість робочого місця і його елементів.

Головними елементами робочого місця оператора є стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення оператора. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці й документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташовано в зоні легкої досяжності робочого простору. Моторне поле - простір робочого місця, у якому можуть здійснюватися рухові дії людини.

Максимальна зона досяжності рук - це частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними максимально витягнутими руками при русі їх у плечовому суглобі.

Оптимальна зона - частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними передпліччями при русі в ліктьових суглобах з опорою в крапці ліктя й з відносно нерухливим плечем.

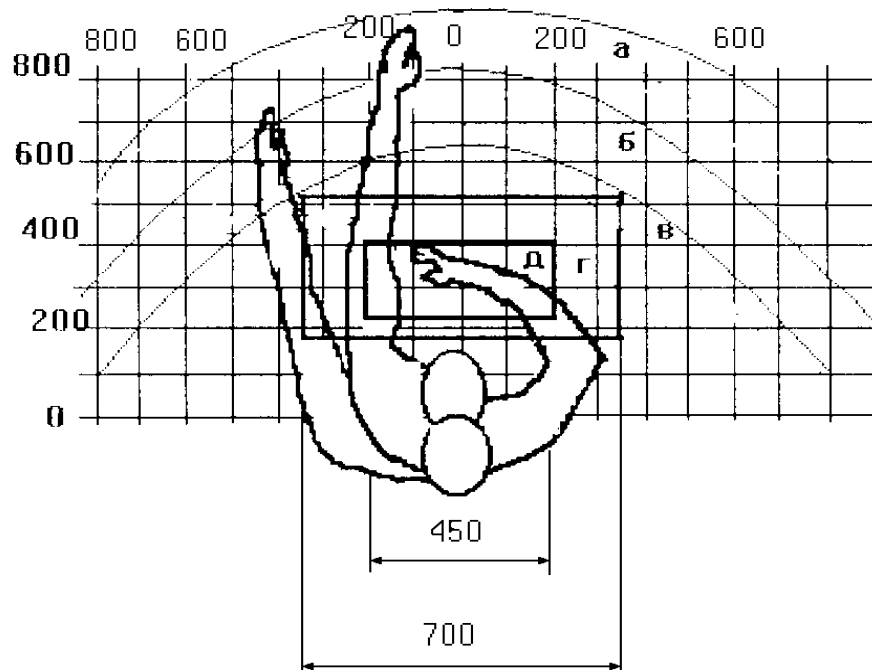


Рисунок 4.1 – Зони досяжності рук у горизонтальній площині.

а - зона максимальної досяжності;

б - зона досяжності пальців при витягнутій руці;

в - зона легкої досяжності долоні;

г - оптимальний простір для грубої ручної роботи;

д - оптимальний простір для тонкої ручної роботи.

Розглянемо оптимальне розміщення предметів праці й документації в зонах досяжності рук:

ДИСПЛЕЙ розміщується в зоні а (у центрі);

КЛАВІАТУРА - у зоні г/д;

СИСТЕМНИЙ БЛОК розміщується в зоні б (ліворуч);

ПРИНТЕР перебуває в зоні а (праворуч);

ДОКУМЕНТАЦІЯ

1) у зоні легкої досяжності долоні - в (ліворуч) - література й документація, необхідна при роботі;

2) у висувних ящиках стола - література, не використовувана постійно.

При проектуванні робочого стола варто враховувати наступне:

- висота стола повинна бути обрана з урахуванням можливості сидіти вільно, у зручній позі, при необхідності опираючись на підлокітники;
- нижня частина стола повинна бути сконструйована так, щоб програміст міг зручно сидіти, не був змушений підтискати ноги;
- поверхня стола повинна мати властивості, що виключають появу відблисків у полі зору оператора;
- конструкція стола повинна передбачати наявність висувних ящиків (не менш 3 для зберігання документації, лістингів, канцелярських засобів, особистих речей).

Висота робочої поверхні рекомендується в межах 680-760 мм. Висота робочої поверхні, на яку встановлюється клавіатура, повинна бути 650 мм. Велике значення надається характеристикам робочого крісла. Так, рекомендується висота сидіння над рівнем підлоги повинна бути в межах 420-550 мм. Поверхня сидіння рекомендується робити м'якої, передній край закругленим, а кут нахилу спинки робочого крісла - регульованою.

Необхідно передбачати при проектуванні можливість різного розміщення документів: збоку від відеотерміналу, між монітором і клавіатурою й т.п. Крім того, у випадках, коли відеотермінал має низьку якість зображення, відстань від очей до екрана роблять більше (близько 700 мм), відстань від ока до документа (300-450 мм). Взагалі при високій якості зображення на відеотерміналі відстань від очей користувача до екрана, документа й клавіатури можуть бути рівним.

Положення екрана визначається:

- відстанню зчитування (0.60 + 0.10 м);
- кутом зчитування, напрямком погляду на 20 нижче горизонталі до центра екрана, причому екран перпендикулярний цьому напрямку.

Повинна передбачатися можливість регулювання екрана:

- по висоті +3 см;
- по нахилу від 10 до 20 щодо вертикалі;
- у лівому і правому напрямках.

Зоровий комфорт підкоряється двом основним вимогам:

- чіткості на екрані, клавіатурі й у документах;
- освітленості й рівномірності яскравості між навколишніми об'єктами й різними ділянками робочого місця;

Велике значення також надається правильній робочій позі користувача. При незручній робочій позі можуть з'явитися болі в м'язах, суглобах і сухожиллях. Вимоги до робочої пози користувача відеотермінала наступні: шия не повинна бути нахилена більш ніж на  $20^\circ$  (між віссю " голова-шия" і віссю тулуба), плечі повинні бути розслаблені, лікті - перебувати під кутом  $80^\circ - 100^\circ$ , передпліччя й кисті рук - у горизонтальному положенні.

Характеристики використовуваного робочого місця:

- висота робочої поверхні стола 750 мм;
- висота простору для ніг 650 мм;
- висота сидіння над рівнем підлоги 450 мм;
- поверхня сидіння м'яка із закругленим переднім краєм;
- передбачена можливість розміщення документів праворуч і ліворуч;
- відстань від ока до екрана 700 мм;
- відстань від ока до клавіатури 400 мм;
- відстань від ока до документів 500 мм;
- можливе регулювання екрана по висоті, по нахилу, у лівому і в правому напрямках;

Створення сприятливих умов праці й правильне естетичне оформлення робочих місць на виробництві має велике значення як для полегшення праці, так і для підвищення його привабливості, що позитивно впливає на продуктивність праці. При розробці оптимальних умов праці оператора необхідно враховувати освітленість, шум і мікроклімат.

#### **4.2 Розрахунок освітленості робочого місця**

Рациональне освітлення робочого місця є одним з найважливіших факторів, що впливають на ефективність трудової діяльності людини, що попереджають травматизм і професійні захворювання. Правильно організоване



освітлення створює сприятливі умови праці, підвищує працездатність і продуктивність праці. Освітлення на робочому місці оператора повинне бути таким, щоб працівник міг без напруги зору виконувати свою роботу. Стомлюваність органів зору залежить від ряду причин:

- недостатність освітленості;
- надмірна освітленість;
- неправильний напрямок світла.

Недостатність освітлення приводить до напруги зору, послабляє увагу, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає осліплення, роздратування й різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого.

Розрахунок освітленості робочого місця зводиться до вибору системи освітлення, визначенню необхідного числа світильників, їхнього типу й розміщення. Процес роботи оператора в таких умовах, коли природне освітлення недостатнє або відсутнє. Виходячи із цього, розрахуємо параметри штучного освітлення.

Штучне освітлення забезпечується за допомогою електричних джерел світла двох видів: ламп накаливання й люмінесцентних ламп. Будемо використовувати люмінесцентні лампи, які в порівнянні з лампами накаливання мають істотні переваги:

- по спектральному составі світла вони близькі до денного, природного освітлення;
- володіють більше високим ККД (в 1.5-2 рази вище, ніж ККД ламп накаливання);
- мають підвищену світловіддачу (в 3-4 рази вище, ніж у ламп накаливання);
- більше тривалий термін служби.

Розрахунок освітлення виробляється для кімнати площею  $36 \text{ м}^2$ , ширина якої 4.9 м, висота - 4.2 м. Скористаємося методом світлового потоку.

Для визначення кількості світильників визначимо світловий потік, що падає на поверхню за формулою:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}, \text{ де}$$

F - світловий потік, що розраховується, Лм;

E - нормована мінімальна освітленість, Лк (визначається по таблиці). Роботу оператора, відповідно до цієї таблиці, можна віднести до розряду точних робіт, отже, мінімальна освітленість буде  $E = 300$  Лк при газорозрядних лампах;

S - площа освітлюваного приміщення ( у нашім випадку  $S = 36 \text{ м}^2$  );

Z - відношення середньої освітленості до мінімального (звичайно приймається рівною 1.1-1.2 , нехай  $Z = 1.1$ );

K - коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення визначається по таблиці коефіцієнтів запасу для різних приміщень і в нашім випадку  $K = 1.5$ );

n - коефіцієнт використання, виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, колір стін і стелі, характеризованих коефіцієнтами відбиття від стін ( $R_c$ ) і стелі ( $R_p$ ), значення коефіцієнтів  $R_c$  і  $R_p$  визначимо по таблиці залежностей коефіцієнтів відбиття від характеру поверхні:  $R_c=30\%$ ,  $R_p=50\%$ . Значення n визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників. Для цього обчислимо індекс приміщення за формулою:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A+B)}, \text{ де}$$

S - площа приміщення,  $S = 36 \text{ м}^2$ ;

h - розрахункова висота підвісу,  $h = 3.39 \text{ м}$ ;

A - ширина приміщення,  $A = 4.9 \text{ м}$ ;

У - довжина приміщення,  $B = 6.35 \text{ м}$ .

Підставивши значення одержимо:

$$I = \frac{3.6}{3.39 \cdot (4.9 + 7.35)} = 0.8$$

Знаючи індекс приміщення  $I$ ,  $P_c$  і  $P_p$ , по таблиці знаходимо  $n = 0.28$

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку  $F$ :

$$F = \frac{300 \times 1.5 \times 36 \times 1.1}{0.28} = 63642.857 \text{ Лм}$$

Для освітлення вибираємо люмінесцентні лампи типу ЛБ40-1, світловий потік яких  $F = 4320$  Лк.

Розрахуємо необхідну кількість ламп за формулою:

$$N = \frac{F}{F_l}, \text{ де}$$

$N$  - обумовлене число ламп;

$F$  - світловий потік,  $F = 63642,857$  Лм;

$F_l$ - світловий потік лампи,  $F_l = 4320$  Лм.

$$N = \frac{63642.857}{4320} = 15 \text{ шт.}$$

При виборі освітлювальних приладів використовуємо світильники типу ОД. Кожний світильник комплектується двома лампами. Розміщаються світильники двома рядами, по чотирьох у кожному ряді.

### 4.3 Розрахунок вентиляції

Системи опалення й системи кондиціонування варто встановлювати так, щоб ні тепле, ні холодне повітря не направлялося на людей. На виробництві рекомендується створювати динамічний клімат з певними перепадами показників. Температура повітря в поверхні підлоги й на рівні голови не повинна відрізнятись більш, ніж на 5 градусів. У виробничих приміщеннях крім природної вентиляції передбачають приточно-витяжну вентиляцію. Основним параметром, що визначає характеристики вентиляційної системи, є кратність обміну, тобто скільки разів у годину зміниться повітря в приміщенні.

Розрахунок для приміщення

$V_{\text{вент}}$  - обсяг повітря, необхідний для обміну;

$V_{\text{пом}}$  - обсяг робочого приміщення.

Для розрахунку прийемо наступні розміри робочого приміщення:

- довжина  $B = 6.35$  м;
- ширина  $A = 4.9$  м;
- висота  $H = 4.2$  м.

Відповідно обсяг приміщення дорівнює:

$$V_{\text{приміщення}} = A \cdot B \cdot H = 151,263 \text{ м}^3$$

Необхідний для обміну обсяг повітря  $V_{\text{вент}}$  визначимо виходячи з рівняння теплового балансу:

$$V_{\text{вент}} \cdot C (t_{\text{уход}} - t_{\text{приход}}) \cdot Y = 3600 \cdot Q_{\text{надл}}$$

$Q_{\text{надл}}$  - надлишкова теплота (Вт);

$C = 1000$  - питома теплопровідність повітря (Дж/кгК);

$Y = 1.2$  - щільність повітря (мг/см).

Температура повітря, що виходить, визначається за формулою:

$$t_{\text{уход}} = t_{\text{р.м.}} + (H - 2) \cdot t, \text{ де}$$

$t = 1-5$  градусів - перевищення  $t$  на 1 м висоти приміщення;

$t_{\text{р.м.}} = 25$  градусів - температура на робочому місці;

$H = 4.2$  м - висота приміщення;

$t_{\text{приход}} = 18$  градусів.

$$t_{\text{уход}} = 25 + (4.2 - 2) \cdot 2 = 29.4, \text{ де}$$
$$Q_{\text{надл}} = Q_{\text{надл.1}} + Q_{\text{надл.2}} + Q_{\text{надл.3}}$$

$Q_{\text{надл.1}}$  - надлишок тепла від електроустаткування й освітлення.

$$Q_{\text{надл.1}} = E \cdot p, \text{ де}$$

$E$  - коефіцієнт втрат електроенергії на тепловідвід ( $E=0.55$  для освітлення);

$p$  - потужність,  $p = 40 \text{ Вт} \cdot 15 = 600 \text{ Вт}$ .

$$Q_{\text{надл.1}} = 0.55 \cdot 600 = 330 \text{ Вт}$$

$Q_{\text{надл.2}}$  - теплопостачання від сонячної радіації,

$$Q_{\text{надл.2}} = m \cdot S \cdot k \cdot Q_c, \text{ де}$$

$m$  - число вікон, прийmemo  $m = 4$ ;

$S$  - площа вікна,  $S = 2.3 \cdot 2 = 4.6 \text{ м}^2$ ;

$k$  - коефіцієнт, що враховує зашклення. Для подвійного скла

$k = 0.6$ ;  $Q_c = 127 \text{ Вт/м}$  - теплопостачання від вікон.

$$Q_{\text{надл.2}} = 4.6 \cdot 4 \cdot 0.6 \cdot 127 = 1402 \text{ Вт}$$

$Q_{\text{надл.3}}$  - тепловиділення людей

$$Q_{\text{надл.3}} = n \cdot q, \text{ де}$$

$q = 80 \text{ Вт/чол.}$ ,  $n$  - число людей, наприклад,  $n = 15$

$$Q_{\text{надл.3}} = 15 \cdot 80 = 1200 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{надл}} = 330 + 1402 + 1200 = 2932 \text{ Вт}$$

З рівняння теплового балансу отримуємо:

$$V_{\text{вент}} = \frac{3600 \times 2932}{1000 \times (29.4 - 18)} = 926 \text{ м}^3$$

Оптимальним варіантом є кондиціонування повітря, тобто автоматичної підтримки його стану в приміщенні відповідно до певних вимог (задана температура, вологість, рухливість повітря) незалежно від зміни стану зовнішнього повітря й умов у самому приміщенні.

Вибір вентилятора

Вентиляційна система складається з наступних елементів:

1. Приточної камери, до складу якої входять вентилятор з електродвигуном, калорифер для підігріву повітря в холодну пору року й жалюзні ґрати для регулювання обсягу вхідного повітря;
2. Круглого сталевого повітропроводу довжиною 1.5 м;
3. Повітророзподільника для подачі повітря в приміщення.

Втрати тиску у вентиляційній системі визначаються за формулою:

$$H = R \times l + \frac{V^2 \times \rho}{2}, \text{ де}$$

$H$  - втрати тиску, Па;

$R$  - питомі втрати тиску на тертя у повітропроводі, Па/м;

$l$  - довжина повітропроводу, м;

$V$  - швидкість повітря, ( $V = 3$  м/с);

$\rho$  - щільність повітря, ( $\rho = 1.2$  кг/м).

Необхідний діаметр повітропроводу для даної вентиляційної системи:

$$d = \frac{V}{900 \times V \times \rho} = \frac{926}{900 \times 3 \times 3.14} = 0.405 \text{ м}$$

Приймаємо як діаметр найближчу більшу стандартну величину - 0.45 м, при якій питомі втрати тиску на тертя у повітропроводі -  $R=0.24$  Па/м.

Місцеві втрати виникають у залізних ґратах ( $R=1.2$ ), повітророзподільнику ( $R=1.4$ ) і калорифері ( $K=2.2$ ). Звідси, сумарний коефіцієнт місцевих втрат у системі:

$$R_{\text{сум}} = 1.2 + 1.4 + 2.2 = 4.8$$

Тоді

$$H = 0.24 \times 1.5 + 4.8 \times \frac{9 \times 1.2}{2} = 26.28 \text{ Па}$$

З врахуванням 10 %-го запасу:

$$H = 110\% \cdot 26.28 = 28.01 \text{ Па}$$

$$V_{\text{вент}} = 110\% \cdot 1442 = 1586.2 \text{ м/год}$$

По каталогу вибираємо вентилятор осьової серії МЦ4: витрата повітря - 1600, тиск - 40 Па, ККД - 65% , швидкість обертання - 960 об/хв, діаметр колеса - 400 мм, потужність електродвигуна - 0.032 кВт.

## **Висновки розділу**

У цій частині кваліфікаційної роботи були викладені вимоги до робочого місця інженера – оператора. Створені умови повинні забезпечувати комфортну роботу. На підставі вивченої літератури по даній проблемі, були зазначені оптимальні розміри робочого стола й крісла, робочої поверхні, а також проведений вибір системи й розрахунок оптимального освітлення приміщення, а також розрахунок вентиляції. Дотримання умов, що визначають оптимальну організацію робочого місця інженера - оператора, дозволить зберегти працездатність протягом усього робочого дня, підвищить як у кількісному, так і в якісному значенні продуктивність праці оператора.

## ВИСНОВОК

Створена мікроконтролерна система керування з розподіленими параметрами, де функціонально розмежовані обчислювальні ресурси по окремим модулям.

Система об'єднана крос-платами, якісний склад модулів можна визначати з потреб системи.

Комплект системи можна складається з кількох основних груп модулів, що відрізняються по функціональному призначенню:

Обчислювачі.

Інтерфейсні модулі.

Модулі сигнальних входів/виходів.

Модулі силових виходів.

Модулі аналогового вводу-виводу.

Модулі живлення.

Кроси, клемні і макетні модулі.

Модуль програматора.

Модуль MCU являє собою одноплатний контролер. MCU входить до складу комплекту модульних контролерів MCU. Модуль призначений для рішення задач керування різними вузлами електронної чи апаратури для застосування в системах на базі комплекту MCU4.

Вбудованими супервізорами забезпечується спостереження за живленням і у випадку його порушення програма коректно зупиняється. Після нормалізації живлення процесор автоматично запускає робочу BASIC-програму.

Обчислювачі взаємодіють з іншими модулями через крос з використанням інтерфейсів RS232, I2C, SPI, MicroLan чи прямо використовуючи функції своїх ліній вводу/виводу. Наявних ліній вводу/виводу в парі з пасивними модулями сполучення може вистачити для рішення багатьох задач. У деяких типах обчислювачів маються годинник реального



часу з батарейним підживленням. Завантаження / корекція програми виробляється через убудований RS232.

Інтерфейсні модулі забезпечують сполучення логічних рівнів модулів з рівнями і струмами необхідними в даному інтерфейсі. При необхідності забезпечується гальванічна розв'язка інтерфейсу.

Активні інтерфейсні модулі дозволяють додавати необхідну кількість різних інтерфейсів до системи.

Сполучення зовнішніх сигналів із сигналами/інтерфейсами системи зібраної на базі MCU4 здійснюється модулями силових виходів OUT. Забезпечується також захист ліній від перенапруги/переплюсовки. Якщо в складі модуля є власний мікроконтролер (Активний модуль), то лінії введення/виводу обслуговуються цим мікроконтролером і обмін інформацією з іншими модулями ведеться по послідовному інтерфейсі, як правило, по I2C.

Вихідні ключі модулів комутують навантаження з напругою до 800В и струмами до декількох амперів.

Модулі АЦП забезпечують перетворення аналогових сигналів у цифровий код і передачу цього коду в обчислювач. Модулі ЦАП забезпечують зворотне перетворення і видачу аналогового сигналу у виді чи струму напруги. При необхідності забезпечується гальванічна розв'язка між об'єктом і контролером.

Обмін інформацією з обчислювачем ведеться через шини SPI і I2C у залежності від типу модуля.

Модулі живлення перетворюють нестабілізовану постійну чи змінну напругу в стабілізовану напругу для живлення модулів комплекту MCU4. Такі модулі потрібні у випадках, коли кількість модулів у системі великий і убудований стабілізатор обчислювача не в змозі забезпечити потрібний струм для живлення модулів розширення.

Кроси використовуються для об'єднання електричних ланцюгів модулів. Вони мають регулярну структуру і з'єднують "pin to pin" модулі між собою.

При цьому забезпечується з'єднання ліній живлення, інтерфейсних і індивідуальних ліній вводу/виводу.

Для таких систем є наступні переваги – малі розміри, невелика вартість, убудований інтерпретатор FR-BASIC, мале споживання, індустріальне виконання - усе це в комплексі дозволяє підвищити якісний рівень і значно скоротити терміни розробок.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172>.
2. Atmel Flash Microcontrollers. Product Portfolio - Atmel corporation. – 2012. - 28 р.
3. Kristian Saether, Ingar Fredriksen, Introducing a New Breed of Microcontrollers for 8/16-bit Applications [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.atmel.com/images/doc7926.pdf>
4. Пархоменко Д. А. Розробка радіоелектронних схем на основі мікроконтролерів (на прикладі AVR мікроконтролерів фірми Atmel): методичний посібник до курсу "Проектування радіоелектронних схем" для студентів радіофізичного факультету / Уклад. Д. А. Пархоменко, Є. М. Смирнов – Київ: Радіофізичний факультет КНУ ім. Тараса Шевченка, 2013. – 74 с.
5. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы. / В. Н. Баранов - Издательство: Додэка. – 2004. - 289 с.
6. Павельчак А. Г. Програмування мікроконтролерів систем автоматики: конспект лекцій для студентів базового напрямку 050201 —Системна інженерія / Укл.: А.Г. Павельчак, В.В. Самотий, Ю.В. Яцук – Львів: Львівська політехніка. – 2012. – 143 с.
7. AVR Libc Development Pages [Електронний ресурс]. – Режим доступу : – <http://www.nongnu.org/avr-libc>.
8. Code Vision AVR High Performance C Compiler for Atmel AVR [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.x-graph.be/codevision.html>
9. AVR Studio 4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://atmel.com/dyn/products/>

10. ATmega64 Datasheet – Atmel Corporation [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/166872/ATMEL/ATMEGA64.html>
11. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0: навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020 – 320 с. /Рекомендовано до друку Вченою радою Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Протокол № 10 від 20 жовтня 2020 року
12. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. – 324 с. /Рекомендовано до друку вченою радою Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя протокол № 9 від 4 жовтня 2022 р.
13. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження частотних характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – с. 16. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39207>
14. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження часових характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – 19 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39206>
15. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 5 "Проектування систем керування в середовищі Proteus VSM на базі Arduino Uno. Вивід швидкості обертання двигуна на LCD дисплей" з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами"/ Медвідь

- В.Р., Пісцьо В.П. – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 11 с.  
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/38712>
16. Методичні вказівки до лабораторної роботи №10 "Використання програмного середовища Arduino IDE для програмування мікроконтролерів AVR" з дисципліни "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / Медвідь В.Р., Пісцьо В.П. – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 22 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/38376>
17. Методичні вказівки до лабораторної роботи №4 "Проектування електричної схеми в середовищі Proteus" з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / Медвідь В.Р., Пісцьо В.П. – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 14 с.  
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/38375>
18. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 3 "Проектування на основі модуля Arduino Uno в середовищі Proteus VSM. Вивід інформації на семисегментний дисплей. Ввід аналогових даних" з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / Медвідь В.Р., Пісцьо В.П. – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 12 с.  
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/38374>
19. Методичні вказівки до лабораторної роботи №2 "Проектування електричної схеми на основі модуля Arduino Uno в середовищі Proteus VSM" з курсу Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами / Медвідь В.Р., Пісцьо В.П. – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 13 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/38373>
20. Капаціла Ю.Б. Методичні вказівки до лабораторної роботи «Вивчення будови і зняття характеристик асинхронних двигунів» з курсу «Технічні засоби автоматизації» для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль. Видавництво ТНТУ. 2020. 18с.  
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/33076>
21. Методичні вказівки по роботі з програмним симулятором "AVR simulator

- IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісцьо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 21 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32136>
22. Методичні вказівки до лабораторної роботи №10 "Керування кроковим двигуном з використанням програмного симулятора AVR Simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В. Р. Медвідь, В. П. Пісцьо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 17 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32134>
23. Методичні вказівки до лабораторної роботи №9 "Виконання арифметичних, логічних операцій, вводу/виводу та запису в пам'ять на програмному симуляторі AVR Simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь, В.П. Пісцьо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 17 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32128>
24. Методичні вказівки до лабораторної роботи №9 "Виконання операцій з портами та таймерами МК АТmega32 на програмному симуляторі AVR Simulator IDE" з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / укл. : В. Р. Медвідь, В. П. Пісцьо. — Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. — 23 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32115>
25. Методичні вказівки до лабораторної роботи №2 з дисципліни : «Основи охорони праці» «Дослідження метеорологічних умов у виробничих приміщеннях» [Текст] : Для студ. усіх форм навч. та напрямів підготовки освітньо-каліфікац. рівня "бакалавр" / Укл.: Гурик О.Я., Король О.І., Сенчишин В.С. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 35 с.
26. Методичні вказівки до лабораторної роботи №8 з дисципліни «Основи охорони праці» «Дослідження факторів, які впливають на освітленість робочих місць у приміщенні» [Текст] / Укладачі: Гурик О.Я., Король О.І., Сенчишин В.С. –Тернопіль : ТНТУ, 2013. – 22 с.