

ПРОГРАМОВАНІ КОНТРОЛЕРИ КОРПОРАЦІЇ ADVANTECH

Тайванська корпорація Advantech утворена у 1983 році і спеціалізується на виробництві обчислювальної техніки для промислової автоматизації. На підприємствах машинобудування, металургії, легкої промисловості багатьох держав добре відомі промислові комп'ютери, програмовані логічні контролери, пристрої збору та передачі даних, що створені спеціалістами цієї фірми. При впровадженні автоматизованих систем управління технологічними процесами широко використовуються засоби автоматизації цієї фірми серій ADAM 4000, ADAM 5000, ADAM 6000, ADAM 8000.

Модулі серії ADAM 4000 є компактними і інтелектуальними пристроями обробки сигналів датчиків і призначені для побудови розподілених систем збору даних і управління на основі інтерфейсу RS-485.

До складу серії ADAM 5000 входять системи розподіленого вводу-виводу даних і управління, а також програмовані контролери. Всі вони забезпечують до 128 каналів дискретного вводу-виводу або 64 аналогові канали на один блок ADAM 5000. Пристрої серії ADAM 5000 можуть об'єднуватися у багатоточкову мережу на базі інтерфейсу Ethernet або RS-485.

Модулі серії ADAM 6000 призначені для побудови інтелектуальних розподілених систем збору даних і управління на основі інтерфейсу Ethernet. Використання Ethernet дозволяє легко інтегрувати системи на основі модулів ADAM 6000 в мережі Інтернет/інтранет. Здійснюється це шляхом організації Web-доступу до модулів збору даних у реальному часі за допомогою вбудованого в кожен з них Web-серверу. Для організації взаємодії з SCADA-системами верхнього рівня в модулях реалізована підтримка протоколу Modbus/TCP і обмін даними відбувається через OPC-сервер.

Вироби серії ADAM 8000 є новим кроком, зробленим корпорацією Advantech у напрямі освоєння ринку класичних ПЛК-систем. Нове покоління ADAM можуть з успіхом використовуватися у системах промислової автоматизації з підвищеними вимогами до надійності устаткування і до тимчасових параметрів контурів управління. Ці пристрої працюють в промислових мережах MPI, PROFIBUS-DP, ModBus TCP і CAN.

Контролери серії 8000 повністю програмно сумісні з популярними контролерами серії S7-300 фірми Siemens, причому функціональні можливості модулів ADAM 8000 не поступаються оригіналу, а конструктивно нові модулі набагато компактніше.

Серед програмованих логічних контролерів виробництва фірми Advantech найбільш поширеними у промисловості є ПЛК серії ADAM 5000, які складаються з трьох модульних компонентів - процесор, крос плата, модулі вводу-виводу. Кожен пристрій може містити до 4 або до 8 модулів вводу-виводу.

Контролери серії ADAM 5000 умовно можна поділити на дві групи – контролери, що програмуються мовами високого рівня – це контролери групи ADAM 5510, і контролери, програмування яких здійснюється за допомогою Softlogic-системи KW MULTIPROG мовами міжнародного стандарту IEC 61131-3 – це контролери групи ADAM 5510KW. До першої групи відносяться

контролери ADAM 5000, ADAM 5510, ADAM 5510M, ADAM 5510E, ADAM 5510/TCP, ADAM 5510E/TCP, ADAM 5511, а до другої - ADAM 5510KW, ADAM 5510E/KW, ADAM 5510 EKW/TP, ADAM 5510KW/TCP, ADAM 5510EKW/TCP, ADAM 5550. Контролери кожної групи мають багато спільного, різниця між ними визначається тільки об'ємом пам'яті, кількістю слотів та мережним інтерфейсом.

Окрему групу складають контролери ADAM 5510/HC, ADAM 5510/HCG, які мають вбудовану SCADA-систему Trace Mode. Ці контролери зберегли всі переваги серії ADAM 5000 і придбали додаткові можливості інтегрування систем верхнього і нижнього рівня. Вони підтримують всі функції, що характерні для Trace Mode і їх можна програмувати у тому ж середовищі, що і операторську робочу станцію.

5.1 Мікропроцесорний контролер ADAM 5510

На початку 1998 року фірма Advantech приступила до випуску ADAM 5510, продовжуючи лінію інтелектуальних ПЗО серії ADAM-5000. До серії базових блоків ADAM 5000/485 і ADAM 5000/CAN, орієнтованих на роботу з управляючою машиною верхнього рівня в режимі «питання — відповідь» по одному з популярних промислових інтерфейсів, додався ще один — програмований ADAM 5510.

PC-сумісний програмований контролер ADAM 5510 призначений для використання в локальних розосереджених системах автоматизації у якості автономного контролера. ADAM 5510 забезпечує прийом та видачу аналогових і дискретних сигналів, первинне перетворення їх відповідно до запрограмованих користувачем алгоритмів та обмін інформацією за послідовними каналами зв'язку на базі інтерфейсу RS-485. Мікроконтролер ADAM 5510 має модульний принцип будови, рис.5.1. Основою контролера є базовий блок, в який можуть бути встановлені до 4-х модулів вводу-виводу серії ADAM 5000 із загальною кількістю каналів до 64. Габаритні розміри базового блока складають 110×231×75мм (В×Ш×Г).

Базовий блок контролера складається з процесорного модуля, перетворювача напруги, 4-слотової пасивної панелі, трьох послідовних комунікаційних портів.

Процесорний модуль створений на базі мікропроцесора 80188, який працює під керівництвом операційної системи ROM-DOS на рівні базових функцій, за виключенням BIOS, що дає можливість створення стандартного для IBM-PC програмного забезпечення або прикладних програм, написаних мовою високого рівня "C".

У складі процесорного модуля є флеш-ПЗП об'ємом 512 Кбайт і статичне ОЗП об'ємом 256 Кбайт. Для зберігання прикладної програми, її використання та зберігання даних призначено 170 Кбайт флеш-ПЗП. Крім того, для виконання прикладних програм та пересилання файлів доступні 192 Кбайт оперативної пам'яті.

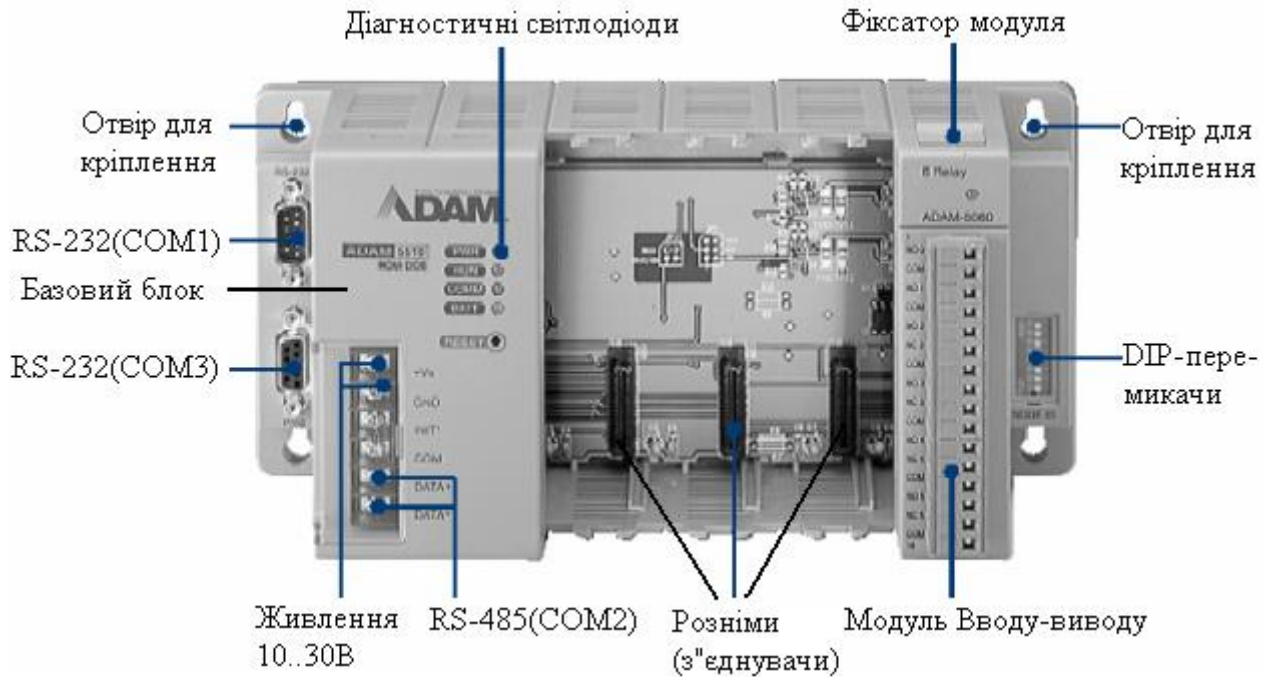


Рисунок 5.1 – Мікропроцесорний контролер ADAM-5510

Функціональна блок-схема контролера приведена на рис.5.2.

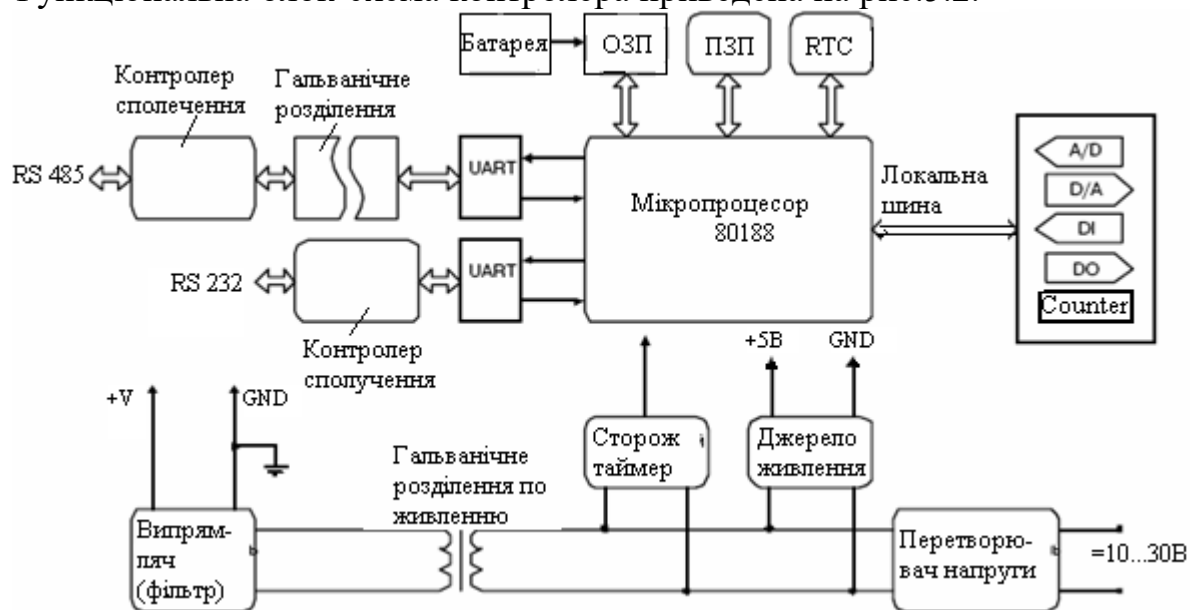


Рисунок 5.2 – Функціональна блок-схема ADAM 5510

Мікроконтролер ADAM 5510 містить три послідовних комунікаційних порти, за допомогою яких можлива взаємодія його з будь-якими пристроями, що мають послідовний доступ. Порт COM1 підтримує роботу в режимі інтерфейсу RS-232, а порт COM2 – роботу в режимі інтерфейсу RS-485. Порт COM3 призначений для здійснення програмування, конфігурування та діагностики контролера ADAM 5510 за допомогою керувального комп'ютера. Крім того, він може бути використаним у якості комунікаційного порту загального призначення з інтерфейсом RS-232. Максимальна довжина лінії зв'язку, що обслуговують порти COM1 і COM3 (інтерфейс RS-232) – 15.2м; порт COM2 (інтерфейс RS-485) – 1220м. Швидкість обміну інформацією до 115200 біт/с.

Годинники реального часу, які є у складі мікроконтролера, забезпечують можливість прив'язки до часу будь-яких подій, що фіксуються у об'єкті керування. Сторожовий таймер призначений для здійснення повторного запуску мікроконтролера у випадку непередбаченого перебою у роботі керувальної програми.

Установлення мережної адреси контролера здійснюється 8-позиційним DIP-перемикачем, який розташовано праворуч на лицевій стороні базового блока. Адреса контролера може мати значення у межах від 0 до 255.

Живлення мікроконтролера ADAM 5510 здійснюється напругою $\approx 24\text{В}$. Для цього може використовуватися будь-яке джерело з вихідною напругою в діапазоні 10-30В постійного струму.

На лицевій панелі ADAM 5510 розташовані чотири світлодіодних індикатори, які призначені для сигналізації станів блока:

- світіння індикатора POWER червоного кольору – є напруга живлення;
- світіння індикатора RUN зеленого кольору – йде процес початкового завантаження;
- світіння індикатора COMM оранжевого кольору – відбувається обмін за послідовним каналом зв'язку;
- світіння індикатора BAT жовтого кольору – розряджений стан батареї.

Модулі вводу-виводу приєднуються до базового блока за допомогою рознімів, що закріплені в його слотах. Слоти нумеруються від 0 до 3, а нумерація каналів будь-якого модуля починається з 0. Дискретні модулі забезпечують ввід та вивід дискретних сигналів у діапазоні 10-30В постійного струму, а також релейну комутацію навантажень різної потужності. Модулі аналогового вводу завдяки АЦП перетворюють у цифровий код сигнали з термопар або термометрів опору, а також аналогові сигнали у вигляді напруги та струму. Цифрова форма аналогового сигналу потім перетворюється у формат інженерних одиниць. Модулі аналогового вводу мають оптичну гальванічну розв'язку по вхідних колах і трансформаторну гальванічну розв'язку по колах живлення з напругою ізоляції 3000В постійного струму. Існують аналогові модулі, що мають відповідно три канали вводу сигналів термометрів опору (ADAM-5013), 8 каналів аналогового вводу з диференційними входами (ADAM-5017), 7-каналів аналогового вводу сигналів термопар з компенсацією температури холодних кінців (ADAM- 5018), а також 4-канали аналогового виводу (ADAM-5024). Використовуючи сервісне програмне забезпечення, користувач може задати швидкість наростання вихідного сигналу, його початкове значення і тип (струм або напруга), установлення вхідного або вихідного робочого діапазону.

Серед дискретних є 8- (ADAM-5052) і 16- (ADAM-5051) каналні модулі вводу, 16- каналний модуль виводу (ADAM-5056), вихідні канали якого виконані у вигляді транзисторних ключів, є 6- (ADAM-5060) і 8- (ADAM-5068) каналні модулі з релейними виходами. Існує також 16-каналний модуль дискретного вводу-виводу (ADAM-5050), кожний канал якого може бути незалежно конфігурований в якості вхідного або вихідного за допомогою DIP-

перемикачів, що розташовані на платі модуля. Вихідні каскади каналів виконані у вигляді транзисторних ключів за схемою з відкритим колектором, який забезпечує безпосереднє керування малопотужним навантаженням, а при застосуванні реле і керування виконавчими механізмами великої потужності.

Крім того ще існує 4-канальний модуль вводу частотних-імпульсних сигналів (ADAM- 5080).

Для підключення зовнішніх пристроїв до модулів контролера використовуються гвинтові клемні колодки. Завдяки тому, що вони роз'ємні суттєво спрощується монтаж проводів і налагоджувальні роботи.

ADAM 5510 має трирівневу гальванічну ізоляцію як для кіл живлення, так і для модулів вводу-виводу з напругою ізоляції 3000В постійного струму, а для портів послідовного зв'язку з напругою ізоляції 2500В постійного струму. Наявність гальванічного розділення дозволяє знизити вплив на систему електромагнітних перешкод, усунути гальванічний зв'язок з електрообладнанням об'єкта керування, а також запобігти несправностей, які можуть з'явитися під впливом випадкових змін напруги в колах живлення, а також перехідними процесами при комутації силового обладнання.

При монтажі мікроконтролер може бути установлений на вертикальну панель або на DIN-рейку[24].

5.1.1 Оновлення контролера ADAM 5510

Оновленням контролера ADAM 5510 є контролер ADAM 5511, в якому реалізована програмна підтримка популярного протоколу ModBus, що дозволяє обмінюватися даними з будь-яким програмним забезпеченням верхнього рівня (SCADA) без використання спеціальних драйверів. Крім того, ADAM 5511 забезпечує можливість віддаленого завантаження, запуску, зупинення і завершення програм.

Контролер ADAM 5511 має такий самий вигляд як і ADAM 5510. Процесор контролера CPU 80188, працює під управлінням операційної системи «ROM-DOS» сумісної з «MS-DOS» і підтримує всі її основні функції з можливістю виконання програм, написаних мовою «С».

Головний модуль контролера складається з центрального мікропроцесора, джерела живлення, чотирьох слотів для модулів вводу-виводу, трьох послідовних портів. «Flash-ROM» має обсяг 256 Кбайт, а «Flash-disk» - 512Кбайт, з яких 400 Кбайт призначені для користувальницького ПЗ. Статична оперативна пам'ять «SRAM» складає 60 Кбайт, а її живлення забезпечується від батарейки. ADAM 5511 містить у собі годинник реального часу і сторожовий таймер. На лицевій стороні контролера розташовані індикатори стану живлення «PWR», роботи мікропроцесора «RUN», наявності обміну по послідовному порту «COMM», стану батарейки «BATT».

У правій частині ADAM 5511 знаходяться DIP- перемикачі, які призначені для установлення робочої конфігурації контролера - адреси контролера для передачі даних відповідно до протоколу «ModBUS RTU», швидкості передачі даних і робочого COM-порту.

ADAM 5511 підтримує всі дискретні і аналогові модулі вводу-виводу серії ADAM 5000.

Три послідовних порти ADAM 5511 призначені для програмування контролера, конфігурування його модулів, відстеження зміни вхідних і вихідних сигналів.

Для програмування ADAM 5511 призначений порт «COM1» контролера, що підтримує роботу в режимі інтерфейсу RS-232. Для використання «COM1» перемикач DIP6 на корпусі контролера необхідно встановити в положення «ON». Для підключення до ПК використовується перехресний нуль - модемний кабель, рис.5.3.



Рисунок 5.3 – Підключення ПК до «COM1» контролера

Порт «COM2» підтримує роботу в режимі інтерфейсу «RS-485». Функції, що виконуються «COM2» аналогічні функціям «COM1». Для підключення контролера за допомогою даного порту до ПК необхідно використовувати перетворювач інтерфейсу «RS-232/485». Клеми «DATA+» і «DATA-» призначені для підключення по інтерфейсу RS-485, рис.5.4.

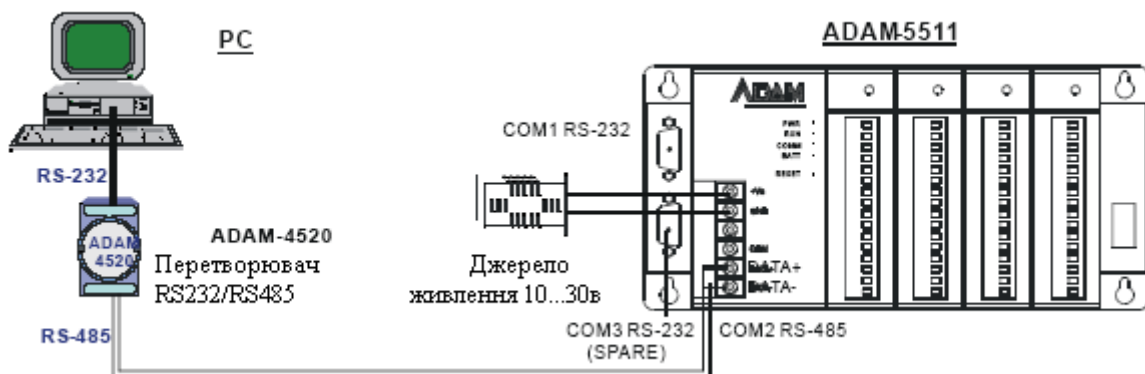


Рисунок 5.4 – Підключення ПК до «COM2» контролера

Для калібрування та конфігурування аналогових модулів контролера призначений порт «COM3», що працює у режимі інтерфейсу «RS-232». Перед використанням порту необхідно всі DIP - перемикачі на корпусі контролера встановити в положення «OFF». Для підключення до ПК використовується «прямий» кабель.

Порти «COM1(RS-232)» і «COM2(RS-485)» призначені для роботи за протоколом «Modbus». Через ці порти здійснюється програмування контролера[25].

5.1.2 Програмування контролерів групи ADAM-5510

Контролери групи ADAM-5510 є PC-сумісними контролерами, тому програмування їх передбачає використання мов високого рівня. Здійснюється це за допомогою середовища розробки Borland Turbo C++ v.3.0.

При створенні прикладного програмного забезпечення використовуються спеціалізовані бібліотеки, що постачаються виробником у комплекті з контролером. Для найбільш ефективного використання пам'яті контролера функції, що створені мовою «C», розділені на п'ять окремих бібліотек. Тому користувач повинен підключати до проекту тільки ті бібліотеки, які містять необхідні для поточного проекту функції.

Серед бібліотечних функцій мікроконтролера ADAM 5510 є повний набір підпрограм, написаних мовою «C» для підтримки виконання різноманітних операцій вводу-виводу. Ці підпрограми використовуються розробниками при створенні додатків у середовищі Borland C++ 3.0.

Створення проекту здійснюється за допомогою EOM і програмного додатку до контролера «ADAM-5510/5511 Windows Utility». Ця утиліта дозволяє реалізувати пошук підключених модулів ПЗО, читання значень каналів підключених модулів ПЗО, роботу з програмним забезпеченням користувача - завантаження, видалення, запуск, зупинник.

Для роботи з зовнішніми вхідними та вихідними змінними використовуються не фізичні канали модулів вводу-виводу, а відповідні їм адреси регістрів у пам'яті контролера.

Після створення коду проекту він компілюється і створюється «*.exe» - файл, який завантажується у контролер. Найбільш складним при створенні проекту для традиційного спеціаліста з автоматики є розробка коду програми мовою «C», що суттєво обмежує використання контролерів. Ця обставина, а також впровадження стандарту IEC 61131-3 спонукало виробника контролерів забезпечити можливість програмування їх технологічними мовами. Тому починаючи з ADAM 5510 програмна підтримка контролерів доповнена системою російського виробництва UltraLogic, яка забезпечує програмування мовою функціональних блокових діаграм FBD.

5.1.2.1 Методика створення проекту у середовищі Borland Turbo C++ v.3.0

Створити у середовищі Borland Turbo C++ v.3.0 проект системи автоматичного регулювання температури в печі за ПІД-аналоговим алгоритмом, який починає працювати після отримання контролером ADAM 5511 дискретного сигналу про закриття кришки печі.

Для реалізації керувального впливу на піч скомпонувати контролер модулями аналогового вводу ADAM 5018, аналогового виводу ADAM 5024 та дискретного вводу ADAM 5050.

Для роботи з контролером по інтерфейсу RS-232, з'єднати порти контролера «COM1» та «COM3» з портами комп'ютера. Порт «COM1» з'єднується «прямим» кабелем, «COM3» нуль-модемним.

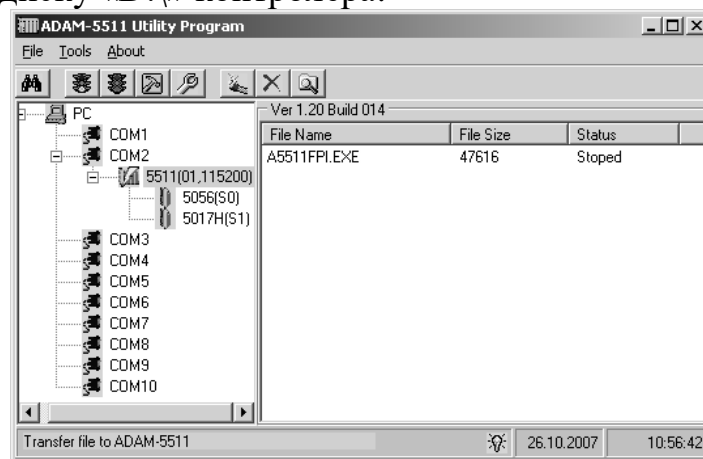
Інструментальне програмне забезпечення, що постачається разом з ADAM 5511, містить утиліту «ADAM5511 Windows Utility», яка дозволяє встановити зв'язок з вбудованим інтерпретатором командного рядка ROM-DOS.

Ця утиліта реалізує:

- пошук підключених модулів ПЗО;
- читання значень каналів підключених модулів ПЗО;
- роботу з програмним забезпеченням: (завантаження, видалення, запуск, зупинка).

Після встановлення утиліти та її запуску на екрані ЕОМ з'явиться вікно, яке містить панель інструментів і дві зони. В лівій відображається тека РС з доступними портами комп'ютера, а в правій знаходиться вікно для відображення списку користувальницьких програм на диску «D:\» контролера.

Розкривши теку РС, встановити курсор на послідовний порт ЕОМ, до якого підключений «COM1» контролера. В панелі інструментів натиснути кнопку «Search» і в лівій частині вікна утиліти відобразиться ADAM 5511. Клацнувши лівою клавішею миші по назві контролера відкриється список встановлених у слоти модулів, розблокуються кнопки панелі інструментів і активізується вікно диску «D:\» контролера:

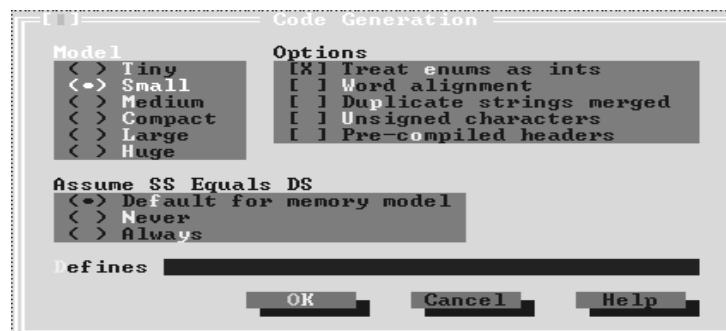


Настроювання середовища розробки «Turbo C++ v.3.0»

До початку розробки програмного коду необхідно виконати настроювання «Turbo C++ v.3.0».

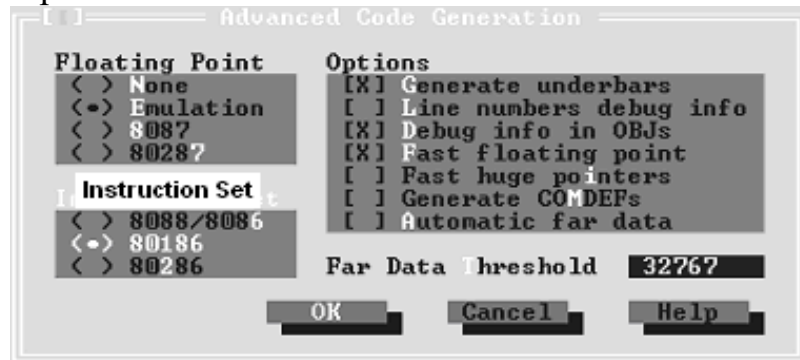
Для цього запустити на виконання файл «tc.exe» з каталогу «C:\TC\BIN», де встановлене середовище розробки, або запустити з ярлика на робочому столі. На екрані з'явиться вікно «Turbo C++ v.3.0».

Для створення виконавчого файлу вибрати шлях «Options ->Compiler->«Code generation...» і в меню, що з'явиться, у групі «Model» активізувати «Small», щоб компілятор згенерував файл розміром 64 Кбайт:



Якщо необхідно одержати виконавчий файл за розміром більше 64 кбайт, треба активізувати «Medium» і натиснути кнопку ОК.

Щоб настроїти тип процесора, для якого компілятор генерує код, і забезпечити обробку операцій з плаваючою комою необхідно повернутися в головне меню програми і вибрати шлях «Options»->«Compiler»-> «Advanced code generation...». На екрані з'явиться меню:



У групі «Floating point» установити «Emulation», а у групі «Instruction Set» вибрати процесор «80186» і натиснути кнопку ОК.

Для настроювання каталогів, в яких будуть міститися виконуваний файл і вибрані бібліотеки, необхідно згорнути вікно «Turbo C++ v.3.0» і за допомогою засобів Windows створити папку C:\TC\ім'я каталогу (наприклад, USER).

Перейти в середовище розробки «Turbo C++ v.3.0».

У головному меню програми вибрати шлях «Options»->«Directories...». З'явиться меню для настроювань каталогів:

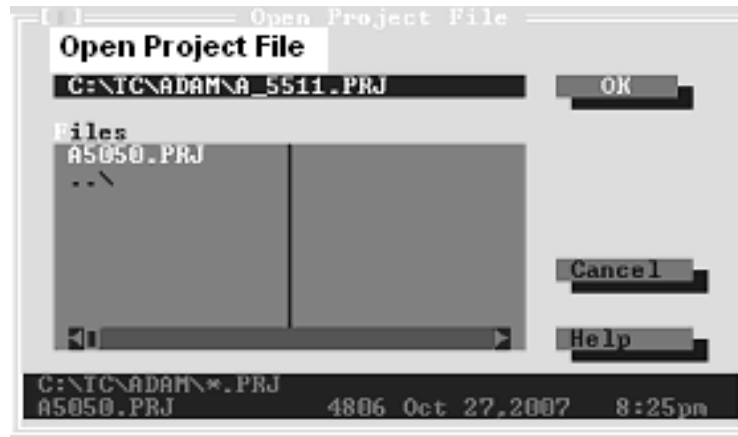


У рядках «Output Directory» і «Source Directories» установити «C:\TC\USER».

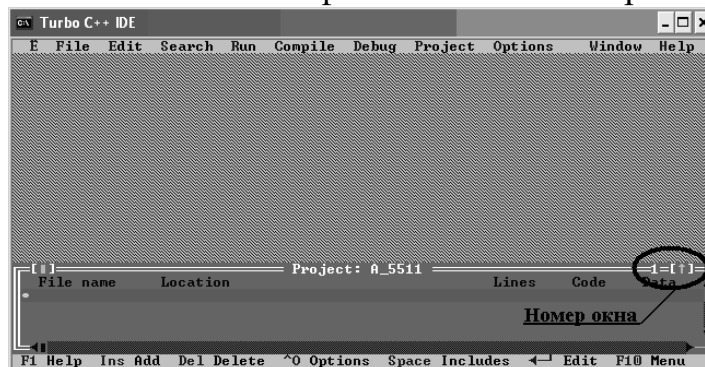
Створення проекту в «Turbo C++ v.3.0»

Створення проекту в «Turbo C++ v.3.0» складається з компонування файлів бібліотеки, розробки коду програми та інших допоміжних файлів.

Для створення проекту в головному меню інтегрованого середовища розробки вибрати пункт «Project» і підменю «Open project...». У діалоговому вікні, що з'явиться:



в рядку «Open Project File» надрукувати C:\TC\ADAM (ім'я каталогу)\A_5511.PRJ, тобто повний шлях та ім'я створюваного проекту з розширенням «PRJ». На клавіатурі ЕОМ натиснути «Enter». У нижній частині екрану ЕОМ з'явиться вікно зі списком файлів поточного проекту:



Для додавання файлів (бібліотеки, коду програми), що будуть використовуватися при розробці проекту, у головному меню вибрати меню «Project» і підменю «Add Item...».

При цьому вікно проекту має бути активним. Для активізації відповідного вікна використовується комбінація клавіш «Alt+N», де N номер вікна, якому передається фокус.

За допомогою діалогового вікна, що при цьому з'явиться, додати в поточний проект файли бібліотек: «Utility.lib», «IO.lib». Для цього в рядку «Name» указати «*.lib». Перейти у верхню директорію, натиснувши ..\ . Перейти в каталог ADAM. Для вибору потрібної бібліотеки двічі натиснути лівою клавішею миші на її імені. Для завершення натиснути Done.

Для створення і додавання файлу, який містить виконуваний код, необхідно вибрати в головному меню шлях «File»->«New». Задати ім'я програми і зберегти новий файл з розширенням «*.cpr» за допомогою пункту «Save As...» меню «File». Додати створений файл у проект (використовуючи вже зазначений шлях «Project» -> «Add Item...») і відкрити його для редагування. При додаванні файлу в проект, указати «*.cpr». Вміст проекту має прийняти наступний вигляд:

```

Turbo C++ IDE
E File Edit Search Run Compile Debug Project Options Window Help
#include "c:\tc\adam\5511drv.h"
MFUNC.CPP
2-[1]

void main()
{
    printf("Hello from ADAM-5511\n");
    return;
}

5:1
Project: A_5511
File name Location Lines Code Data
COMM.LIB . n/a n/a n/a
IO.LIB . n/a n/a n/a
MFUNC.CPP . n/a n/a n/a

F1 Help F2 Save F3 Open Alt-F9 Compile F9 Make F10 Menu

```

Щоб була можливість звертатися до каналів модулів ПЗО із зовнішніх додатків, використовуються відповідні адреси регістрів у пам'яті контролера.

Адресація регістрів для аналогових і дискретного модулів встановлених в ADAM 5511, залежить від номера слота і показана на рис.5.5.



Рисунок 5.5 – Адресація регістрів модулів ПЗО серії «ADAM 5000»

Для створення проектного коду потребують такі функції:

- з бібліотеки «Utility.lib»:
 - перевірка наявності ознаки зупинки програми, яка отримується з утиліти «ADAM-5511 Windows Utility» при натисненні кнопки «stop» у панелі інструментів.

Синтаксис: void check_prog_stop(void);

- пауза при виконанні програми.

Синтаксис: void ADAMDelay(unsigned int TC);

Параметр функції: кількість інтервалів часу по 55 мсек, [0 - 65535];

- читання користувальницьких регістрів «ModBUS».

Синтаксис: unsigned int read_user_ram(unsigned int index);

Параметр «index» - індекс пам'яті для доступу до двобайтових регістрів «ModBUS» у діапазоні [0 - 511]. Повертає значення регістра за заданим індексом пам'яті.

- з бібліотеки «IO.lib»:
 - читання значення аналогових входів модуля ПЗО ADAM 5018.

Синтаксис: void Get5017/5018(int Board, int Bit, int Size, void *pValue);
«Board» - номер слота [0 - 3], у який встановлено ПЗО ADAM 5050;
«Size» - розмір параметра, зчитуваного або встановлюваного функцією.

Можливі значення параметра: ABit - побітовий запис, AByte - запис цілого

байта, AWord - запис слова (двох байт).

- установлення вихідних значень аналогового модуля виводу ADAM 5024.

Синтаксис: void Set5024(void *pValue, int Board, int Channel);

«pValue» - установлене вихідне значення модуля;

«Board» - слот [0 - 3], у який встановлене ПЗО;

«Channel» - номер каналу [0 - 3].

Додамо у проект файли бібліотек «IO.lib», «Utility.lib», «A5050.lib», а також файл з проектним кодом мовою C++.

Рівняння ПД-алгоритму регулювання має вигляд:

$$Y = K_p(x[n] + \frac{T_0}{T_u} \sum_{i=1}^n \frac{x[n] + x[n-1]}{2} + \frac{T_0}{T_0} (x[n] - x[n-1]))$$

Структура програми складається з наступних блоків:

```
//-----  
// Підключення бібліотек і файлів  
//-----  
#include "c:\tc\adam\5511drv.h"  
#include <stdio.h>  
// основні параметри  
//-----  
// Ініціалізація каналів для роботи регулятора, змінних і функцій, що  
// використовуються у програмі.  
//-----  
float RealVal = 60; // реальне значення регульованого параметра  
float Task = 50; // завдання  
float Y = 0; // вихід регулятора  
float dUprev = 0; // значення величини неузгодженості на попередньому кроці  
виклику  
float IntTot = 0; // сумарна накопичена величина для інтегральної складової  
// параметри регулятора  
float IZ=1; // зона нечутливості  
float YHi = 100; // верхнє обмеження виходу  
float YLo = 0; // нижнє обмеження виходу  
// коефіцієнти ПД-регулятора  
float T0 = 1; // час такту в секундах, тобто період виклику регулятора  
float Kp = 1; // коефіцієнт пропорційності  
float Ti = 0.5; // час інтегрування  
float Td = 0.2; // час диференціювання  
//----- прототипи функцій ПД-алгоритму-----  
float Integr(float);  
float Differ(float d);  
float PID();  
void PIDsetup();
```

```

//-----ініціалізація каналів-----
int Slot5018 = 0; // номер слота для ADAM 5018
int Channel5018 = 0; // номер каналу зі значенням від термопар, термопара 1 (V0)
int Slot5050 = 2; // номер слота для ADAM 5050
int Slot5024 = 1; // номер слота для ADAM 5024
int Channel5024 = 0; // номер каналу з керуючим значенням
unsigned int Value5050; // значення дискретних входів/виходів ADAM 5050
unsigned int IsOpen = 1; // готовність об'єкта до роботи
unsigned int Value5018; // значення від термопар
int Value5024; // вихід
int Restart; // с

//-----
// Читання вхідних сигналів
//-----
// ГОЛОВНА ФУНКЦІЯ (точка входу в програму)
void main() // функція, що виконується при запуску програми
{
Init5024(Slot5024,0,0,0,0); // ініціалізація ADAM 5024
printf("Початок роботи\n");
while(1) // нескінченний цикл
{
Get5050(Slot5050,0,AWord,&Value5050); // читання дискретних входів ADAM 5050
if(!(Value5050 & IsOpen)) //перевірка стану кінцевого вимикача
{
Get501718(Slot5018, Channel5018, &Value5018);// читання значення від термопар
RealVal = (float)Value5018;// перетворення прийнятого значення для

printf("Температура = %f\n",RealVal);
PID(); // виклик функції керування за ПІД - законом
Value5024 = (int)Y; // перетворення розрахункового значення в цілочислове

Set5024(Value5024, Slot5024, Channel5024);// видача вихідного впливу

printf("Вихідний вплив = %d\n",Value5024);
PIDsetup(); // читання
if(Restart) // перевірка ознаки "рестарт регулятора"
{
dUprev = 0; // обнуління значення величини неузгодженості на попередньому кроці
IntTot = 0; // обнуління суми накопиченої величини для інтегральної складової
Restart = 0; // обнуління ознаки "рестарт регулятора"
Set5024(0, Slot5024, Channel5024); // обнуління вихідного впливу
printf("Отримана команда РЕСТАРТ\n");
}
}
else
{
Set5024(0, Slot5024, Channel5024); // обнуління вихідного впливу

printf("Дверцята печі відкриті\n");
Restart = 1;
}
ADAMDelay((T0*1000.)/55.); // задана пауза в роботі регулятора
check_prog_stop(); // перевірка ознаки "зупинка програми"
}
}

```

```

}
//-----
// Читання настроювань алгоритму керування з користувальницьких регістрів
//-----
void PIDsetup()
{
int Kpid=0,C3=0;
// ТОЧНІСТЬ ЗНАЧЕНЬ ДО 0.1, тобто
// ПРИ ДЕШИФРУВАННІ ЗНАЧЕНЬ ВИХІДНА ВЕЛИЧИНА
// МНОЖИТЬСЯ НА 0.1
// аналіз ознаки "читати установки ПІД регулятора"
Kpid = read_user_ram(0);
if(Kpid==0x00A5) // десяткове значення 165
{
Kpid = 0;
// читання завдання
Task= (float)read_user_ram(1) * 0.1;
// читання значення зони нечутливості
IZ = (float)read_user_ram(2) * 0.1;
// верхнє обмеження виходу
YHi = (float)read_user_ram(3) * 0.1;
// нижнє обмеження виходу
YLo = (float)read_user_ram(4) * 0.1;
// період виклику регулятора
T0 = (float)read_user_ram(5) * 0.1;
// пропорційний коефіцієнт
Kp = (float)read_user_ram(6) * 0.1;
// коефіцієнт інтегрування
Ti = (float)read_user_ram(7) * 0.1;
// коефіцієнт диференціювання
Td = (float)read_user_ram(8) * 0.1;
// ознака перезапуску
Restart = read_user_ram(9);
}
// ознака виводу значень ПІД- регулятора в СОМ3
C3 = read_user_ram(10);
if(C3)
{
C3=0;
printf("Task =%f IZ = %f\n",Task,IZ);
printf("YHi =%f YLo = %f\n",YHi,YLo);
printf("T0 = %f Kp = %f Ti = %f Td = %f\n",T0,Kp,Ti,Td);
}
}
//-----
// Розрахунок складових ПІД-алгоритму керування
//-----
// розрахунок інтегральної складової
float Integr(float d)
{
float S;
if ((T0 > 0) && (Ti != 0)) S = (d + dUprev) / 2.0 * T0 / Ti;
else return 0;
return S;
}

```

```

}
//-----
// розрахунок диференціальної складової
float Differ(float d)
{
float D;
if ((T0 > 0) && (Td != 0)) D = (d - dUprev) * Td / T0;
else return 0;
return D;
}
//-----
// Реалізація функцій ПІД регулятора
//-----
// основна функція ПІД- регулятора
float PID()
{
float d, OutVal;
d = Task - RealVal; // неузгодженість регулювання
// якщо неузгодженість не виходить за зону нечутливості,
// немає необхідності рахувати далі
if (2*fabs(d) <= IZ) return 0.;
IntTot += Integr(d);
// перевірка вихідного значення
Y = Kp * (d + IntTot + Differ(d));
// обмеження вихідного значення
if (Y > YHi) Y = YHi;
if (Y < YLo) Y = YLo;
// збереження величини неузгодженості на попередньому кроці
dUprev = d;
return Y;
}

```

Для компіляції проекту та одержання «*.exe» - файлу, необхідно вибрати в головному меню Turbo C++, пункт «Compile», підміню «Build». Про успішне закінчення компіляції буде свідчити повідомлення:

```

Linking
EXE file : A_5511.EXE
Linking : \TC\LIB\CS.LIB

Lines compiled: 1412      Total      Link
Warnings: 0              PASS 2
Errors: 0

Available memory: 1174K
Success : Press any key

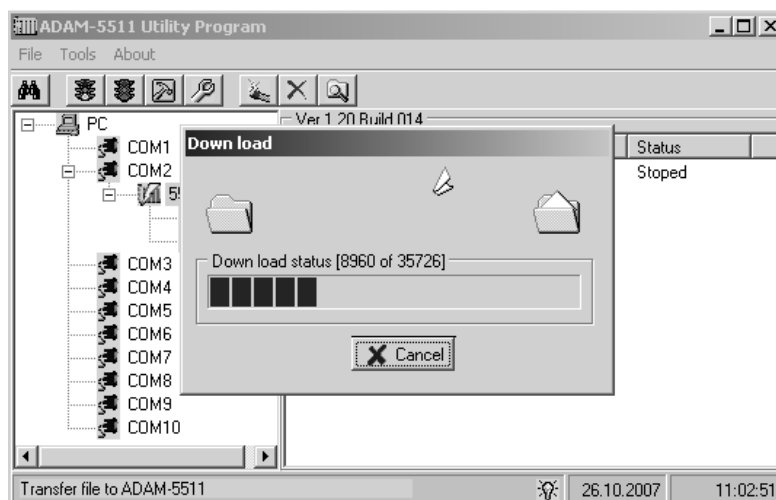
```

При появі повідомлень про помилки, треба усунути їх і повторити процес компіляції.

Кнопкою «Stop» в панелі інструментів «ADAM 5511 Windows Utility» зупинити виконувану в контролері програму, якщо така є.

Для завантаження програми необхідно в панелі інструментів «ADAM 5511 Windows Utility» натиснути кнопку «Transfer file to ADAM-5511». У діалоговому вікні, що відкриється, вибрати виконавчий файл розробленої

програми і натиснути кнопку «ОК». Після цього почнеться процес передачі файлу в контролер:



Після закінчення процесу передачі - вибрати завантажений файл програми в правій частині вікна програми і в панелі інструментів «ADAM 5511 Windows Utility» натиснути кнопку «Run». Контролер почне працювати. Після запуску статус програми повинен змінитися на «Runing». Для зупинення програми на панелі інструментів «ADAM 5511 Windows Utility» натиснути кнопку «Stop» або «Terminate» .

Для видалення програми з пам'яті контролера необхідно зупинити виконання програми за допомогою кнопок «Stop» або «Reset» в панелі інструментів «ADAM 5511 Windows Utility». У правій частині вікна утиліти, де відображається список файлів на диску «D:\» контролера, вибрати необхідний файл і натиснути кнопку «Delete» в панелі інструментів «ADAM 5511 Windows Utility»[25,26].