

Zdalny system pomiarowy z interfejsem Ethernet,

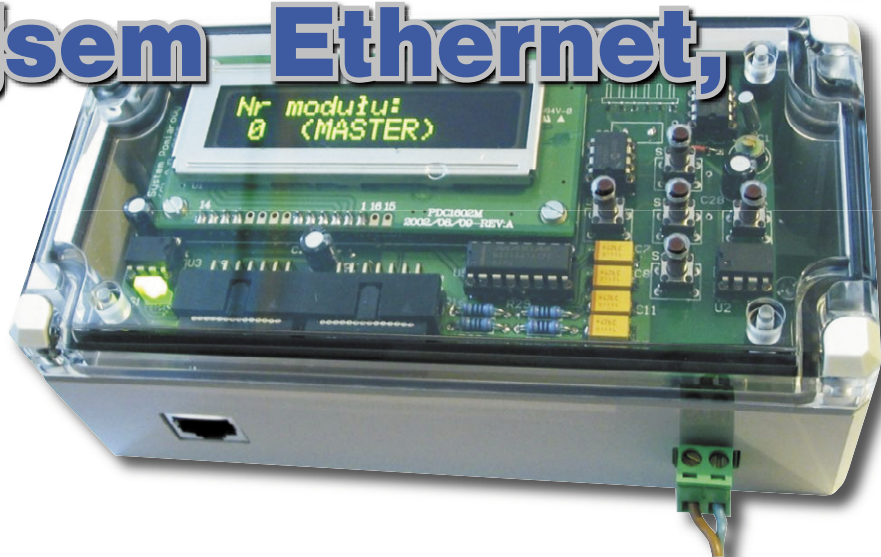
część 4

AVT-5111

Układy monitoringu i zdalnego sterowania zyskały nową jakość wraz z upowszechnieniem szerokopasmowego dostępu do Internetu. Podobnie stało się z rozproszonymi systemami pomiarowymi pozwalającymi sterować nawet złożonymi procesami produkcyjnymi z poziomu jednej aplikacji.

W artykule prezentujemy przykładowy projekt systemu pomiarowego, w którym sterowanie odbywa się poprzez Internet.

Rekomendacje: projekt mimo sporych możliwości i dość rygorystycznych założeń technicznych stanowi doskonale pole doświadczalne dla projektantów właśnie ujarzmiających Ethernet.



Algorytm programu głównego modułu Master

Praca modułu zaczyna się od skonfigurowania portów mikrokontrolera, zainicjowania portów szeregowych, magistrali I²C, wyświetlacza i ustawienia zmiennych systemowych. Następnie mikrokontroler sprawdza, czy pamięć EEPROM zawiera poprawną sygnaturę „OK”. Jeśli jej nie ma, w części konfiguracyjnej pamięci zostają zapisane parametry domyślne:

- zakresy dolne kanałów na 4,000,
- zakresy górne na 20,000,
- jednostki „mA”,
- czas między kolejnymi pomiarami kanałów A1...A4 oraz B1 i B2 na 60 sekund, automatyczny zapis pomiarów dla kanałów C1 i C2 jest wyłączony (czas ustawiony na zero sekund),
- zapisana zostaje sygnatura „OK”.

Po wykonaniu tej operacji, a także w wypadku, gdy test pamięci wypadł pomyślnie, moduł wyświetla aktualny czas i datę. Jeśli czas się zgadza z aktualnym, użytkownik wychodzi z tego ekranu przyciskając przycisk LEWO, jeśli natomiast czas wymaga ustawienia, to po wprowadzeniu poprawnego należy zatwierdzić operację przyciskiem AKCEPTUJ.

Kolejnym etapem jest skanowanie pamięci. Proces ten polega na przeszukiwaniu pamięci pomiarów od rekordu nr 1 i zatrzymaniu się na pierwszej pozycji, której czas jest wcześniejszy niż pozycji poprzedniej. Na ten rekord zostaje ustawiony wskaźnik aktualnej pozycji

i od tego miejsca będą zapisywane nowe rekordy pomiarowe. Pamięć pomiarów automatycznie się „zawija”, tzn. po zapisaniu ostatniego rekordu w pamięci, następny zostaje zapisany pod adresem rekordu nr 1. Program przechodzi następnie do pętli głównej, w której cyklicznie jest sprawdzany wskaźnik odebranego komunikatu z łącza szeregowego (komunikaty z sieci Ethernet), wskaźnik sygnalizujący konieczność wykonania pomiaru i zapisania w pamięci EEPROM nowego rekordu, a na końcu aktualizowana jest bieżąca pozycja menu (sprawdzenie naciśnięć przycisków dokonywane jest w procedurze obsługi przerwania).

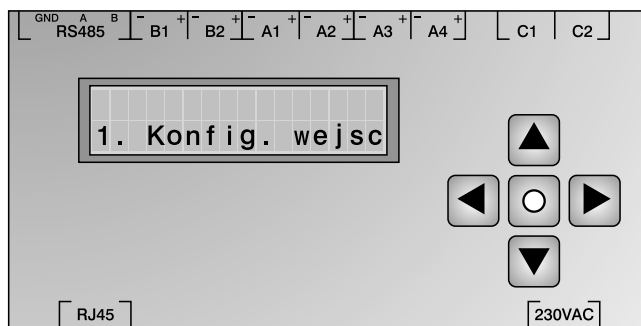
Gdy zostanie odebrane poprawne polecenie z komputera zdalnego, możliwe są dwie reakcje:

- polecenie kierowane jest do modułu Master,
- polecenie kierowane jest do modułu Slave.

W pierwszym przypadku, polecenie jest realizowane natychmiast, następnie zostaje wysłana odpowiedź. W drugim przypadku (por. rys. 11 z EP11/2007) moduł Master formuje komunikat Modbus, wysyła go, a następnie czeka na odpowiedź Slave'a. Jeśli polecenie zostało poprawnie odebrane i wykonane, a następnie Slave wysłał odpowiedź, moduł Master formuje odpowiedź i wysyła ją komputerowi zdalnemu. W razie błędu, lub np. w sytuacji gdy Slave o danym adresie nie jest podłączony, moduł Master wysyła odpowiednią informację o błędzie.

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytki o wymiarach: 136x128 (151 z wypustkami) mm
- Podstawowe cechy systemu pomiarowego:
 - liczba modułów połączonych wspólną magistralą RS485: od 1 do 32,
 - liczba wejść/wyjść jednego modułu: 4 wejścia z pętlą prądową 0/4...20 mA, 2 wejścia stykowe oraz 2 wyjścia przekąźnikowe,
 - możliwość zapisywania kolejnych pomiarów w wewnętrznej pamięci EEPROM (w każdym module),
 - stempel czasowy dodawany do każdego pomiaru,
 - możliwość odczytu mierzonych wartości na wbudowanym wyświetlaczu,
 - zabezpieczenie zapisanych parametrów i nastaw zegara czasu rzeczywistego przed zanikami napięcia zasilania,
 - zdalny podgląd stanu czujników oraz ustawianie wyjść przekąźnikowych,
 - obsługa systemu przez aplikację uruchomioną na komputerze PC



Rys. 13. Wygląd modułu Master i rozmieszczenie przycisków

Oprócz zadań wykonywanych w głównej pętli programu, są też takie, które są realizowanych w procedurach obsługi przerwań. Jedną z nich, jest wykonywana co 1/256 sekundy. Sprawdzany jest w niej m.in. status przycisków oraz tablice z zapisanym czasem automatycznych pomiarów.

Algorytm programu głównego modułów Slave

Z oczywistych powodów, program zapisany w pamięci mikrokontrolera modułu Slave jest prostszy od programu modułu Master. Po włączeniu modułu, podobnie jak to miało miejsce w opisywanym wyżej przypadku, najpierw jest sprawdzany stan pamięci EEPROM. Operacje są identyczne jak wyżej. Następnie moduł czeka na komunikat rozgłoszeniowy z aktualnym czasem (nie ma on własnych zegarów czasu rzeczywistego). Komunikaty te są generowane przez moduł Master co kilkadziesiąt sekund. Po jego odebraniu następuje synchronizacja zegarów. Kolejną operacją to przeszukiwanie pamięci EEPROM i ustawienie wskaźnika aktualnej pozycji w pamięci. W pętli głównej sprawdzane jest czy został odebrany poprawny komunikat Modbus, czy konieczne jest wykonanie kolejnego pomiaru i zapisanie wyniku do pamięci oraz na bieżąco przeprowadzana jest kontrola przycisków i obsługa menu modułu. W razie odebrania komunikatu zostają podjęte określone działania, a następnie mikrokontroler wysyła odpowiedź.

Obsługa modułów

Sposób obsługi obu rodzajów modułów zostanie opisany wspólnie z zaznaczeniem elementów różnych. Na rys. 13 przedstawiono widok modułu Master, moduł Slave jest uboższy jedynie o złącze RJ-45. Do obsługi służy pięć przycisków:

cztery kierunkowe (lewo, prawo, góra, dół) i jeden zatwierdzający (w środku). Przyjęta liczba przycisków jest kompromisem między wygodą obsługi a prostotą budowy samego modułu.

Struktura menu modułu Master jest następująca (na rysunkach przykładowo):

we ekranie):

1. Konfiguracja wejść/wyjść
 - 1.1. Kanał A1
 - 1.1.1. A1 dolny próg
 - Ustawianie progu dolnego A1

A1 dolny Prog:
1.0400

- 1.1.2. A1 górny próg
 - Ustawianie progu górnego A1
- 1.1.3. Pomiar co
 - Ustawianie automatycznego pomiaru kanału A1
- 1.1.4. Jednostka kanału A1
 - Ustawianie jednostki kanału A1
- 1.1.5. Podgląd
 - Podgląd aktualnej mierzonej wielkości kanału A1

I= 15.23 mA
2.7540 m/s

- 1.2. Kanał A2 (j.w.)
- 1.3. Kanał A3 (j.w.)
- 1.4. Kanał A4 (j.w.)
- 1.5. Kanał B1
 - Ustawianie automatycznego pomiaru kanału B1
- 1.6. Kanał B2
 - Ustawianie automatycznego pomiaru kanału B2
- 1.7. Kanał C1
 - Ustawianie automatycznego pomiaru kanału C1
- 1.8. Kanał C2
 - Ustawianie automatycznego pomiaru kanału C2

2. Ustawienia sieciowe
 - 2.1. Adres IP
 - Ustawianie adresu IP

Ustaw adres IP:
192.168.100.200

- 2.2. Port TCP
 - Ustawianie portu TCP

Ustaw Port TCP:
1001

3. Zegar
 - 3.1. Czas
 - Ustawianie aktualnego czasu

Ustaw czas:
22:02:12

- 3.2. Data
 - Ustawianie aktualnej daty
4. Pamięć

Wyświetlenie aktualnego indeksu i ewentualne jego zerowanie. Indeks jest numerem aktualnego rekordu zapisywanego do pamięci licząc od początku pamięci pomiarów. Naciśnięcie AKCEPTUJ nie powoduje skasowania zawartości pamięci EEPROM – wyzerowany zostaje jedynie wskaźnik aktualnej pozycji; oznacza to, że kolejny rekord zostanie zapisany na samym początku pamięci od adresu 0078H.

5. Nr modułu
 - Ekran informacyjny z numerem modułu
6. Moduły Slave
 - Skanowanie i informacja o aktywnych modułach Slave

M5-----S-----
-----S-----

Ekran ten przedstawia status modułów na magistrali RS485. Litera M oznacza moduł Master, a litery S aktywne moduły Slave. Każdy znak odpowiada tutaj kolejnemu modułowi, a ponieważ wyświetlacz ma format 2 razy 16 znaków, udało się zmieścić wszystkie moduły Slave (numery 1 do 31). Ostatni znak pierwszego wiersza odpowiada modułowi Slave numer 15, pierwszy znak drugiego wiersza modułowi nr 16 i dalej kolejno aż do modułu 31. Pozioma kreska oznacza, że z danym modułem nie można się skomunikować.

Skanowanie jest wykonywane w trybie ciągłym tak długo jak mamy wybraną tę opcję menu.

Menu modułów Slave jest podobne, ale brak jest części dotyczącej ustawień sieciowych. Uproszczona struktura, w której rozwinięto tylko fragmenty różne od powyższej, jest następująca:

1. Konfiguracja wejść/wyjść

| Lp. | Data | Godzina | Czujnik | Pomiar | Jednostka | Prąd pętli [mA] |
|-----|----------|----------|------------|---------|-----------|-----------------|
| 45 | 05-09-09 | 21:34:06 | Slave 1 A2 | 230,200 | V | 4,150 |
| 46 | 05-09-09 | 21:34:06 | Slave 1 A4 | 99,540 | mA | 7,320 |
| 47 | 05-09-09 | 21:34:07 | Slave 1 A2 | 230,200 | V | 4,150 |
| 48 | 05-09-09 | 21:34:07 | Slave 1 A3 | 50,010 | A | 10,770 |
| 49 | 05-09-09 | 21:34:07 | Slave 1 A4 | 99,540 | mA | 7,320 |
| 50 | 05-09-09 | 21:34:07 | Slave 1 B2 | 0 | | |
| 51 | 05-09-09 | 21:34:08 | Slave 1 A2 | 230,200 | V | 4,150 |
| 52 | 05-09-09 | 21:34:08 | Slave 1 A4 | 99,540 | mA | 7,320 |
| 53 | 05-09-09 | 21:34:09 | Slave 1 A2 | 230,200 | V | 4,150 |
| 54 | 05-09-09 | 21:34:09 | Slave 1 A4 | 99,540 | mA | 7,320 |
| 55 | 05-09-09 | 21:34:09 | Slave 1 B2 | 0 | | |
| 56 | 05-09-09 | 21:34:10 | Slave 1 A2 | 230,200 | V | 4,150 |
| 57 | 05-09-09 | 21:34:10 | Slave 1 A3 | 50,010 | A | 10,770 |
| 58 | 05-09-09 | 21:34:10 | Slave 1 A4 | 99,540 | mA | 7,320 |
| 59 | 05-09-09 | 21:34:11 | Slave 1 A2 | 230,200 | V | 4,150 |
| 60 | 05-09-01 | 22:12:47 | Master A2 | 16,990 | m/s | 5,050 |
| 61 | 05-09-01 | 22:12:50 | Master A2 | 16,990 | m/s | 5,050 |
| 62 | 05-09-01 | 22:12:53 | Master A2 | 16,990 | m/s | 5,050 |
| 63 | 05-09-01 | 22:12:56 | Master A2 | 16,990 | m/s | 5,050 |
| 64 | 05-09-01 | 22:12:59 | Master A2 | 16,990 | m/s | 5,050 |

Rys. 14. Widok okna aplikacji, zakładka „Pomiary”

2. Zegar

2.1. Aktualny czas

Wyświetlenie aktualnego czasu

2.2. Aktualna data

Wyświetlenie aktualnej daty

3. Pamięć

4. Nr modułu

Ustawianie numeru modułu Slave

Numer urządzenia można zmieniać przyciskami GÓRA i DÓŁ w zakresie od 1 do 31. Zapamiętanie nowego numeru następuje po zatwierdzeniu przyciskiem AKCEPTUJ.

Po włączeniu modułu Slave na ekranie pojawia się informacja: „Synchronizacja czasu, czekaj...”, moduł czeka wtedy na komunikat rozgłoszeniowy z aktualnym czasem.

Przechodzenie między kolejnymi elementami menu jest intuicyjne, rozwinięcie opcji następuje po naciśnięciu przycisku PRAWO, cofnięcie się poziom wyżej po naciśnięciu przycisku LEWO.

Ustawianie wszelkich parametrów przebiega następująco:

- przycisk prawo przemieszcza kursor do następnego znaku edytowanego (lub liczby), po osiągnięciu ostatniego, przy następnym naciśnięciu przechodzi do pierwszego,
- przyciski GÓRA – DÓŁ zmieniają wartość edytowanego pola,
- przycisk AKCEPTUJ zatwierdza ustawienia (zapisuje w pamięci EEPROM),
- przycisk LEWO opuszcza menu bez zmian (jeśli wcześniej nie naciśnięto AKCEPTUJ).

Ustawienie czasu automatycznego pomiaru na zero równoznaczne jest z wyłączeniem zapisu danych

pomiarowych do pamięci (wybranego kanału).

Uwaga: po wejściu do pozycji menu, w której ustawiana jest jakaś wielkość, moduły (zarówno Master, jak i Slave) nie przyjmują komunikatów z magistrali RS485, a moduł Master dodatkowo z sieci Ethernet. Normalna praca wymaga wyjścia ze wspomnianych części menu (na przykład do najwyższego poziomu).

Przykładowa aplikacja

Aplikacja współpracująca z systemem pomiarowym napisano dla systemu

Microsoft Windows XP w języku Borland Delphi 7. Pozwala ona na:

- zdalny podgląd wejść i wyjść modułów,
- odczytywanie pamięci EEPROM z zapisanymi pomiarami, a także zapis pomiarów na dysku twardej w postaci pliku tekstowego,
- zmianę parametrów kanałów wejściowych takich jak:
 - zakresy dolne i górne,
 - jednostki,
 - odstęp czasu między pomiarami,
- sterowanie wyjściami przekaźnikowymi,
- zmianę czasu i daty systemu.

Producent modułu EM100 udostępnił m.in. program wirtualnego portu szeregowego, pozwalający na komunikację poprzez sieć przy użyciu standardowych i prostych procedur obsługi portu szeregowego. Tym samym, programista nie musi z poziomu aplikacji używać funkcji sieciowych. Rozwiązanie to ma wszakże jedną wadę: użytkownik zmuszony jest dodatkowo zainstalować wspomniany wirtualny port RS oprócz właściwej aplikacji. Autor zdecydował się na bezpośrednią komunikację z modułem za pośrednictwem protokołu TCP/IP. Dla Borland Delphi jest dostępny darmowy komponent o nazwie Indy, który zapewnia stosunkowo prostą obsługę protokołów sieciowych.

Zaproponowana aplikacja jest tylko przykładem rozwiązania komunikacji z systemem pomiarowym.

Polecenia wysyłane z aplikacji, jak i możliwe odpowiedzi zaprezentowano wcześniej w tab. 6. Na jej podstawie można napisać inną jej wersję spełniającą żądane wymagania.

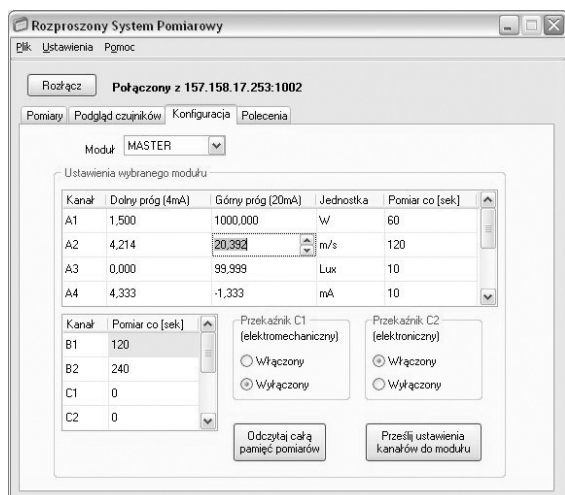
Aby połączyć się z systemem, należy wcześniej skonfigurować adres IP i port TCP modułu Master. Połączenie jest ustanawiane po naciśnięciu przycisku „Połącz” w górnej części okna. Poprawne połączenie jest sygnalizowane odpowiednim napisem obok przycisku. Po nawiązaniu połączenia aplikacja wysyła polecenie skanowania aktywnych modułów Slave, a następnie odczytuje konfiguracje kanałów poszczególnych modułów. Główne okno aplikacji (rys. 14) jest podzielone na cztery zakładki:

Pomiary. Tutaj umieszczone są dokładne dane na temat kolejnych automatycznych pomiarów dokonywanych przez moduły. Także tutaj są umieszczane dane odczytane z pamięci po wykonaniu polecenia odczytu całej pamięci EEPROM modułu (modułów). W dolnej części okna znajduje się kontrolka pozwalająca na ustalenie czasu odświeżania, czyli odstępu między kolejnymi odpytywaniami systemu. Gdy któryś z aktywnych modułów przeprowadzi nowy pomiar, zostanie on przesłany i wyświetlony jako kolejny wiersz w tabeli. Informacja dotycząca pojedynczego pomiaru obejmuje czas jego wykonania, moduł oraz nazwę kanału wejścia/wyjścia, właściwą wartość zmierzoną wraz z jednostką oraz prąd pętli pomiarowej (w przypadku kanałów A1 do A4).

Podgląd czujników. W tym miejscu można sprawdzić stan wszyst-

| Moduł | A1 | A2 | A3 | A4 | B1 | B2 | C1 | C2 |
|---------|---------|-----------|-------------|-----------|----|----|----|----|
| Master | 1,220 W | 6,276 m/s | 206,300 Lux | -7,269 mA | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Slave 1 | 4,438 J | 6,040 V | 36,760 A | 4,880 mA | 0 | 0 | 0 | 0 |

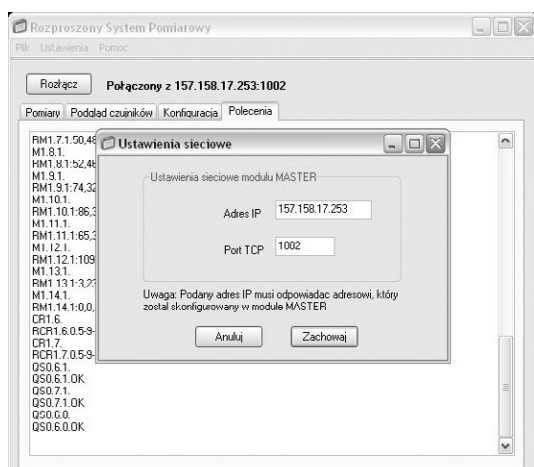
Rys. 15. Widok okna aplikacji, zakładka „Podgląd czujników”



Rys. 16. Widok okna aplikacji, zakładka „Konfiguracja”

kich kanałów systemu (rys. 15). Czas odświeżania można ustalić kontrolką w dolnej części okna. Pokazane są tu tylko dane modułów aktywnych (skanowanie aktywnych modułów jest przeprowadzane zaraz po podłączeniu do systemu).

Konfiguracja. Ta zakładka (rys. 16) umożliwia zmianę parametrów modułów. Należy z rozwijanej listy wybrać moduł, którego parametry użytkownik ma zamiar zmienić lub sprawdzić, a następnie można modyfikować wybrane ustawienia (lista modułów jest tworzona zaraz po połączeniu do systemu i umożliwia wybranie tylko modułów aktywnych w chwili podłączenia). Po dokonaniu zmian, ustawienia należy przesłać do wybranego modułu. Ustawienia te są zapisywane tylko dla pojedynczego, właśnie edytowanego modułu. Także w tej części można zmienić stan wyjść przekaźnikowych modułu. Istnieje również możliwość odczytania całej



Rys. 17. Okno ustawień sieciowych

pamięci EEPROM wybranego modułu. W tym celu należy nacisnąć przycisk „Odczytaj całą pamięć pomiarów”. Odczytane dane będzie można obejrzeć w tabeli na pierwszej zakładce „Pomiary” i ewentualnie zapisać do pliku.

Polecenia. Na tej zakładce są wyświetlane wszystkie polecenia przesyłane do modułów z aplikacji, jak i odpowiedzi systemu (zgodnie z tab. 6 z części trzeciej artykułu).

W menu Plik jest dostępna opcja „Zapisz dane”. Po jej wybraniu pojawia się okno zapisu, w którym należy wskazać miejsce oraz nazwę zapisywanego pliku. Plik ma format tekstowy (domyślne rozszerzenie *.txt), w którym dane z odpowiednich kolumn zakładki „Pomiary” są oddzielane od siebie znakiem tabulatora. Każdy kolejny pomiar jest zapisywany w oddzielnej linii pliku.

W menu „Ustawienia” dostępne są dwie pozycje:

Ustawienia sieciowe. Po wybraniu wyświetlone zostaje okno jak na rys. 17. W tym miejscu należy podać adres IP i port TCP modułu Master. Tych parametrów będzie używała aplikacja przy komunikacji z systemem pomiarowym. Ustawione dane są zachowywane w pliku konfiguracyjnym zapisywanym w katalogu aplikacji.

Zegar i data. Po wybraniu tej opcji pojawi się okno, w którym wyświetlone pola są wypełniane aktualnymi nastawami systemu. Użytkownik ma możliwość wprowadzenia nowego czasu i daty systemu. Po naciśnięciu przycisku „Zachowaj” wprowadzony czas zostanie przesłany do modułu Master.

Konstrukcja

Moduły zmontowano w obudowie Cubo D firmy Ensto o wymiarach 80x160x56 mm, wykonanej z tworzywa sztucznego. Zastosowano obudowę z przezroczystą płytą czołową, co ułatwiło montaż wyświetlacza (nie było konieczne wykonywanie wycięcia w pokrywie).

Moduły składają się z trzech oddzielnych płytek drukowanych; dwie przymocowano do podstawy obudowy, a trzecią do pokrywy górnej (wzory płytek PCB są identyczne dla modułu Master i modułów Slave). W module Master, w przedniej części obudowy wyprowadzono złącze RJ-45 do podłączenia do sieci komputerowej – jest to jedyna różnica w wyprowadzonych złączach między obudowami Master i Slave. W przedniej części modułów wyprowadzono także złącze zasilające (napięcie sieciowe 230 V).

W tylnej części zostały zlokalizowane pozostałe złącza: RS485, dwa wejścia stykowe, cztery wejścia analogowe pętli prądowej i dwa wyjścia przekaźnikowe. Rozkład wyjść pokazano na rys. 13. Wszystkie wymienione złącza wykorzystują standard przemysłowy złącz typu Terminal Block. Mają one budowę dwuczęściową, rozłączną. Część zewnętrzna złącza jest wyposażona w śrubę zaciskową. Taki sposób rozwiązania połączeń w modułach umożliwia szybkie odłączanie poszczególnych wejść i wyjść. W górnej części obudowy umiejscowiono wyświetlacz alfanumeryczny oraz pięć przycisków. Dodatkowo została tam umieszczona dioda elektroluminescencyjna, sygnalizująca stan portu ethernetowego. Połączenia pomiędzy obwodami drukowanymi wykonano przy pomocy złącz zaciskanych na taśmie.

W konstrukcji wykorzystano elementy zarówno przewlekane, jak i SMD. Wykorzystanie małych podzespołów SMD wynikało przede wszystkim z ograniczeń miejsca w obudowie, ich użycie pozwoliło na zmniejszenie wymiarów modułu. Wystąpiła także konieczność użycia elementów przewlekanych – taka sytuacja miała miejsce chociażby w przypadku rezystorów, które w wersji przewlekanej charakteryzują się dużo większą dopuszczalną mocą traconą w porównaniu do elementów SMD, a taka zwiększona moc była wymaganiem konstrukcyjnym (dotyczy to wszystkich przewlekanych rezystorów zastosowanych w modułach).

Układy scalone w obudowach DIP umieszczono w podstawkach precyzyjnych, aby ułatwić ewentualną wymianę w razie uszkodzenia.

Andrzej Piernikarczyk
andrzej.piernikarczyk@gmail.com