

URZĄDZENIA MIKROKOMPUTEROWE I STEROWNIKI INTELDIGIT PI

1. Urządzenia mikrokomputerowe w systemie POLMATIK

W skład Krajowego Systemu Automatyki i Pomiarów POLMATIK [1] wchodzi podsystem INTELDIGIT — urządzenia przetwarzające elektryczne dyskretnie do centralnej rejestracji i sterowania cyfrowego. Opracowany w MERA-PIAP podsystem INTELDIGIT PI [2, 3, 4] jest wyodrębnioną w podsystemie INTELDIGIT grupą urządzeń, które służą do sprzężenia komputerów z elementami automatyki i pomiarów. Z urządzeń INTELDIGIT PI można tworzyć zestawy PI, które pozwalają na automatyzację obiektów różnej wielkości, przez budowę układów rejestracji i sterowania z zastosowaniem komputerów. Podsystem INTELDIGIT, w pierwszym etapie rozwoju nie zawierał bloków i kanałów autonomicznego przetwarzania informacji i sterowania przekazywaniem informacji. Rozpowszechnienie układów scalonych wielkiej skali integracji, przede wszystkim mikroprocesorów, stworzyło warunki do technicznie i ekonomicznie uzasadnionego tworzenia w podsystemie INTELDIGIT urządzeń autonomicznych, mikrokomputerów oraz zestawów funkcjonalnych obejmujących urządzenia sprzęgające z obiektem i mikrokomputery — nazywanych sterownikami mikroprocesorowymi.

Użyte pojęcia wymagają uściślenia i rozgraniczenia [5].

Mikrokomputerem jest nazywany mały, kompletny zestaw komputera, w którym jednostka sterująca i przetwarzająca jest zrealizowana przy pomocy mikroprocesora.

Mikroprocesor jest to jednostka arytmetyczno-logiczna i sterująca (czyli centralna jednostka przetwarzająca komputera — CPU), zrealizowana przy użyciu niewielkiej liczby, a często tylko jednego układu scalonego wielkiej skali integracji.

Sterownik mikroprocesorowy jest to kompletny zestaw komputerowego sprzętu automatyki, zawierający mikrokomputer i układy sprzęgające wejściowe i wyjściowe, dla obiektowych sygnałów automatyki.

Z urządzeń INTELDIGIT PI, opracowanych w pierwszym etapie do sprzęgania komputerów z elementami automatyki i pomiarów, można budować sterowniki mikroprocesorowe. Podstawowe założenia urządzeń PI [2, 3], takie jak: pełna funkcjonalność każdego pakietu sprzęgającego, duży asortyment adresowanych pakietów sprzęgających wejściowych i wyjściowych, szczególnie prosta organizacja 16-bitowej magistrali, elastyczność konfigurowania zestawów dowolnej wielkości, zostały przyjęte z uwzględnieniem zastosowania układów scalonych wielkiej skali integracji. Dla budowania sterowników mikroprocesorowych INTELDIGIT PI powstała konieczność uzupełnienia urządzeń PI tylko o kilka nowych pakietów, które omawia się w następnym rozdziale.

Można przewidywać, że wkrótce mikroprocesory i inne układy LSI znajdą szerokie zastosowanie także i w innych podsystemach systemu POLMATIK, między innymi w postaci bloków wbudowanych do urządzeń pomiarowych, przetworników, regulatorów i innego sprzętu automatyki i pomiarów. Będą one służyły do przekształcania i przetwarzania sygnałów cyfrowych wewnątrz urządzeń, a więc w układach ściśle specjalizowanych. Za literaturą zagraniczną można dla takich bloków przyjąć nazwę mikrosterowniki i mikroprzeliczniki.

2. Urządzenia mikrokomputerowe INTEL DIGIT PI

Jak wspomniano powyżej, asortyment urządzeń podsystemu INTEL DIGIT PI jest obecnie rozszerzany o podstawowe urządzenia mikrokomputerowe, to jest pakiety pamięci i pakiety mikroprocesora, głównie w oparciu o układy scalone wielkiej skali integracji (LSI).

Urządzenia te pozwalają na kompletowanie zestawów PI o znacznym lub pełnym stopniu autonomii, a przede wszystkim na budowanie sterowników mikroprocesorowych. Możliwości i zasady tworzenia takich zestawów zostaną omówione dalej, po przedstawieniu urządzeń składowych.

Pakiet PM-20 pamięci typu zapis-odczyt (RAM) służy do pamiętania danych. Pakiet ma pojemność 2 K słów 16-bitowych lub 4 K słów 8-bitowych, przy czym może być adresowany z dokładnością do pojedynczego bajtu, czego wymaga współpraca z mikroprocesorem typu 8080, jak również mogą być adresowane słowa 16-bitowe, co może mieć miejsce przy bezpośredniej wymianie informacji z minikomputerem nadrzędnym. Pakiet zajmuje jedno stanowisko w kasecie. Elementami pamięci stosowanymi w pakiecie PM-20 są scalone układy statyczne typu 2102. Ze względu na ulotny charakter pamięci realizowanej na układach 2102 i stosunkowo duży stały pobór mocy tych układów, pakiet typu PM-20 w zasadzie nie jest przewidziany do zastosowań z zabezpieczeniem ciągłości zasilania ze źródeł chemicznych.

Pakiet PM-21 pamięci typu zapis-odczyt (RAM) służy również do pamiętania danych, ale w odróżnieniu od typu PM-20 jest przystosowany do zabezpieczenia ciągłości zasilania z chemicznych źródeł prądu. Pojemność pamięci i sposoby adresowania są identyczne jak w pakiecie PM-20. Dzięki zastosowaniu układów scalonych pamięci, umożliwiających znaczne obniżenie napięcia zasilania i poboru mocy w reżimie przechowywania danych oraz dzięki wprowadzeniu specjalnych rozwiązań sprzężenia z magistralą i szyną adresową, uzyskuje się zabezpieczenie informacji w pamięci, w przypadku zaniku zasilania sieciowego, przy stosunkowo małym poborze prądu z baterii.

Pakiet PM-22 pamięci stałej typów ROM lub PROM służy do pamiętania programów w zestawach PI o najprostszych funkcjach, wymagających małej pojemności pamięci. Pakiet ma pojemność 1 K słów 16-bitowych (lub 2 K słów 8-bitowych) i zajmuje jedno stanowisko w kasecie. Wybór typu pamięci (stałej ROM lub stałej programowalnej PROM), uzyskuje się przez zamontowanie w podstawkach pakietu (lub wprost na płycie drukowanej) odpowiednich typów układów scalonych pamięci. Elementarną wymienną jednostką pamięci dla każdego z obu wyżej wymienionych typów, jest układ scalony o pojemności 256 słów 8-bitowych. Podobnie jak w pozostałych pakietach pamięci można adresować (odczytywać) słowo ośmio- albo szesnasto-bitowe.

Pakiet PM-23 pamięci stałej typów ROM lub PROM służy do pamiętania programów w zestawach PI o bardziej złożonych funkcjach, zatem wymagających większych pojemności pamięci. Pakiet ma pojemność 4 K słów 16-bitowych (lub 8 K słów 8-bitowych) i podobnie jak inne pakiety pamięci zajmuje jedno stanowisko w kasecie. Elementarną wymienną jednostką pamięci jest układ scalony o pojemności 1 K słów 8-bitowych. Pozostałe własności są analogiczne jak pakietu typu PM-22.

Pakiet mikroprocesora PM-01 realizuje autonomiczne programowe sterowanie mniejszych zestawów PI, liczących od 1 do 4 kaset, każda o 16 stanowiskach adresowanych. Pakiet PM-01 ma gabaryty sterownika kasyety typu SK-01 (rozgałęźnika magistrali PI), a więc jest modulem podwójnej szerokości i zajmuje w kasecie pozycję sterownika kasyety. W pakiecie mikroprocesora zastosowano mikroprocesor firmy INTEL typu 8080A, aktualnie najbardziej rozpowszechniony i najłatwiej dostępny. Jest to monolityczny mikroprocesor wykonywany w technologii NMOS, o ustalonej (stałej) liście rozkazowej, obejmującej 74 instrukcje, 8-bitowej szynie danych i szynie adresowej, pozwalającej na adresowanie pamięci o pojemności do 64 K słów. Pakiet PM-01 steruje magistralą kasyety typu MK-01, do której jest dołączony poprzez standardowe 64-stykowe złącze magistrali oraz może sterować magi-

stralą zestawu typów MZ-01, MZ-02, MZ-03 dla dodatkowo jednej, dwóch lub trzech kaset wyposażonych w standardowe sterowniki kasyety typu SK-01 (por. rys. 2 i 3, rozdz. 3).

Pakiet PM-01 realizuje całość zadań jednostki centralnej, łącznie z priorytetową obsługą wszystkich typów przerwań a ponadto posiada wbudowane układy zegara, transmisji szeregowej znakowej synchronicznej lub asynchronicznej oraz pełny układ interfejsu, wiążący mikroprocesor 8080A z 16-bitowymi magistralami PI (kasyety i zestawu).

Pełniejszy opis rozwiązań pakietu PM-01 podaje praca [6].

Przewiduje się opracowanie w dalszej kolejności pakietu mikroprocesora PM-02 o większych możliwościach funkcjonalnych, realizującego autonomiczne programowe sterowanie zestawu PI o dowolnej wielkości w granicach pojemności adresowania PI, a więc do 256 stanowisk adresowych. Pakiet typu PM-02 będzie dołączany do magistrali zestawu.

Pakiet PM-02 będzie realizował wszystkie funkcje spełniane przez pakiet typu PM-01, a ponadto będzie posiadał:

- programowe sterowanie priorytetami i maskowaniem przerwań w systemie wielopoziomowym,
- wbudowany kanał bezpośredniego dostępu do pamięci (DMA) do współpracy z pamięciami zewnętrznymi,
- układy bezpośredniej współpracy równoległej z innymi sterownikami mikroprocesorowymi, w ramach kompleksowego systemu sterowania; niezależnie od istniejącej w obu typach PM-01 i PM-02 współpracy z minikomputerem nadrzędnym.

3. Sterowniki mikroprocesorowe INTEL DIGIT PI

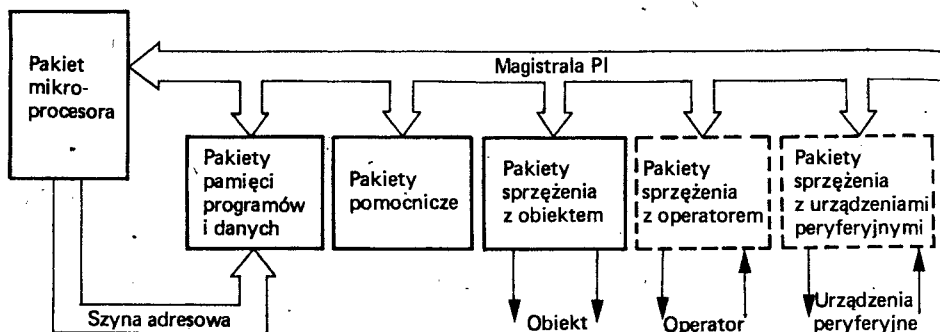
Przeprowadzona analiza przewidywanych zastosowań, ze szczególnym uwzględnieniem struktur hierarchicznych, doprowadziła do przyjęcia następujących postulatów uwzględnionych przy opracowaniu sterowników INTEL DIGIT PI i ich urządzeń składowych:

- organizacja sterowników zapewnia wykorzystanie bardzo bogatego asortymentu kilkudziesięciu opracowanych urządzeń systemu PI [4] sprzęgających z obiektem, operatorem i urządzeniami peryferyjnymi oraz utrzymuje strukturę systemu i zasady współpracy urządzeń na magistrali sprzężenia liniowego,
- struktura sterowników, w tym urządzeń mikroprocesorowych, zachowuje podstawową dla PI zasadę elastyczności konfigurowania zestawów, pozwalającą, przez dobór odpowiednich pakietów, w sposób technicznie i ekonomicznie optymalny spełnić wymagania automatyzacji określonego obiektu,
- ze względu na różnorodność zastosowań, niezbędne są sterowniki o bardzo zróżnicowanych ilościach obiektowych sygnałów wejściowych i wyjściowych; w nawiązaniu do konstrukcji urządzeń PI oznacza to potrzebę budowania sterowników jednokasetowych i wielokasetowych,
- wprowadzono kompatybilność rozwiązań organizacyjnych i sprzętowych sterowników mikroprocesorowych i minikomputerowych systemów automatyki, zapewniającą ich wzajemną współpracę, przy minimalnych kosztach sprzętowych i oprogramowania.

W nawiązaniu do tych postulatów, sterownik mikroprocesorowy INTEL DIGIT PI jest zestawem urządzeń PI, o konfiguracji dobranej do realizowanego zadania, różniącym się od dotychczas produkowanych zestawów sprzęgających z komputerem jedynie autonomicznością działania, uzyskaną przez wprowadzenie mikrokomputera.

Zgodnie ze sformułowanymi postulatami, w sterownikach PI mikrokomputery nie są wyodrębnione konstrukcyjnie jako samodzielne bloki, lecz są zestawiane z pakietów dołączanych do magistrali PI.

Wynikającą stąd ogólna zasada tworzenia struktury sterownika jest przedstawiona na rysunku 1.



Rys.1. Ogólna struktura sterowników INTELDIGIT PI

Przedstawiona struktura rozszerza zasadę elastyczności konfigurowania zestawów PI na część mikrokomputerową. Przez dobór odpowiedniego pakietu mikroprocesora, pakietów pamięci, pakietów pomocniczych i pakietów sprzężenia z urządzeniami peryferyjnymi, uzyskuje się żądane właściwości mikrokomputera, tak samo jak przez dobór pakietów sprzężenia z obiektem, uzyskuje się dopasowanie do specyfiki obiektu.

Wprowadzenie odrębnych pakietów pamięci, co wiąże się z rezygnacją z wbudowania pamięci do wnętrza pakietu mikroprocesora, ma na celu:

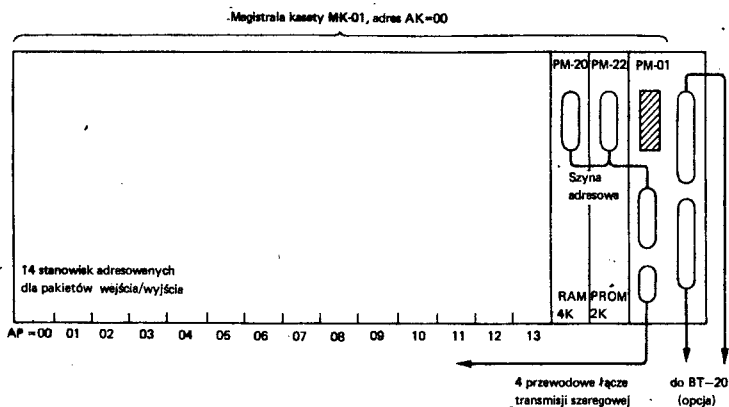
- zapewnienie elastyczności w doborze pojemności pamięci danych i programów dla danego sterownika
- wykorzystanie magistrali PI budowanej z układów scalonych TTL produkcji krajowej,
- łatwe i szybkie wprowadzanie nowych pakietów pamięci (np. o większej pojemności), bez naruszania pakietu mikroprocesora.

W przedstawionej strukturze, pakiety sprzężeń są pakietami adresowanymi w rozumieniu założeń systemu PI, to jest adresowanymi poprzez linie magistrali PI, natomiast pakiety pamięci wykorzystują magistralę PI do transmisji danych, zaś ze względu na istnienie w mikroprocesorach odrębnej, 16-bitowej szyny adresowej, wykorzystano tę szynę do bezpośredniego adresowania komórek w pakietach pamięci. Pakiety pamięci nie są zatem adresowane sygnałami linii magistrali PI.

Grupy pakietów oznaczane na rysunku 1 linią przerywaną nie są niezbędnym składnikiem wszystkich sterowników, nie wystąpią na przykład w sterownikach autonomicznych dla urządzeń bezobsługowych typu regulatorów cyfrowych i w prostych sterownikach programowanych, realizujących sterowania sekwencyjne.

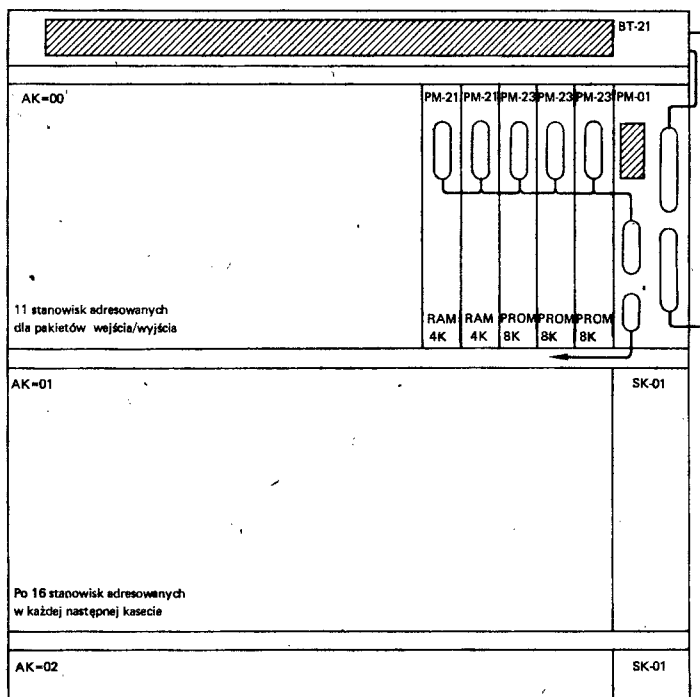
Zależnie od liczby i zróżnicowania obsługiwanych sygnałów obiektowych, wymagań obsługi urządzeń dyspozycyjnych i peryferyjnych oraz koniecznych pojemności pamięci, można tworzyć dowolne konfiguracje sprzętowe sterowników mikroprocesorowych INTELDIGIT PI.

Na rysunku 2 przedstawiono przykład najmniejszego, jednokasetowego sterownika, o pojemnościach pamięci: danych 4 K, programu 2 K, i o 14 stanowiskach dla pakietów sprzężenia z obiektem. Przy zastosowaniu 4 pakietów 16-wyjściowych typu PO-21 i 10 pakietów 8-wyjściowych statycznie-przełączalnych typu PI-01, sterownik może zapewnić sekwencyjne sterowanie obiektu o 80 wejściach i 64 wyjściach dwustanowych. Sterownik posiada kanał transmisji, sprzęgający z systemem nadrzędnym. Dla serwisowej kontroli sterownika, dołącza się przenośny pulpit testujący typu BT-20.



Rys.2. Przykładowa konfiguracja jednokasetowego sterownika mikroprocesorowego INTELDIGIT PI

Przykład konfiguracji sterownika wielokasetowego przedstawiono na rys.3. Pojemności pamięci mogą, na przykład, wynosić: danych 8 K, programu 24 K, liczba stanowisk adresowanych dla pakietów sprzę-



Rys.3. Przykładowa konfiguracja wielokasetowego sterownika mikroprocesorowego INTELDIGIT PI

gających (przy 4 kasetach) będzie równa 59. Pojemności adresowe i sprzętowe takiego sterownika umożliwiają realizację wielu różnorodnych zadań automatyzacji o średniej skali wielkości. Dla testowania sterownika może być na stałe wbudowany pulpit testujący typu BT-21.

4. Sprzężenie sterowników z nadrzędnymi systemami minikomputerowymi

W nawiązaniu do aktualnej sytuacji na międzynarodowym i krajowym rynku sprzętu automatyki, prze minikomputer do sterowania będzie się rozumieć minikomputer posiadający magistralę typu UNIBUS lub „wspólna szyna” oraz strukturę informacji, listę instrukcji i mapę pamięci wprowadzoną po raz pierwszy przez firmę DEC w minikomputerach PDP11.

Zapewnienie optymalnego rozwiązania sprzężenia z nadrzędnym minikomputerem, mogącym znajdować się w różnych odległościach od sterownika, jest zasadniczym postulatem dla konstrukcji sterowników, warunkuje bowiem tworzenie hierarchicznych struktur sterowania. Uwzględniając zróżnicowanie odległości i wymaganej szybkości transmisji, przyjęto kilka wariantów sprzętowych sprzężenia sterowników PI z minikomputerem. Przyjęte dla sterowników struktury informacji optymalizujące sprzężenie z minikomputerem są omówione w [7].

Przy najmniejszych odległościach (rzędu do 7,5 metra), zaleca się stosować sprzężenie bezpośrednie magistrali, za pomocą adaptera interfejsów, zapewniającego bezpośredni dostęp do magistrali sterownika. Zaadresowanie adaptera wybranego sterownika powoduje podanie sygnału zatrzymującego do pakietu mikroprocesora, w wyniku czego pakiet ten wstrzymuje realizację programu sterownika, a magistrala PI i szyna adresowa stają się dostępne dla minikomputera. Minikomputer może bezpośrednio adresować wszystkie pakiety sterownika, zarówno pamięci, jak i pakiety sprzężeń z obiektem. Szybkość transmisji zależy tylko od sumy czasów operacji magistrali PI i operacji minikomputera; jest rzędu kilkuset tysięcy słów 16-bitowych na sekundę. Możliwe jest zwiększenie odległości sprzężenia bezpośredniego do 30 m, przy stosowaniu urządzeń typu UNIBUS LINK DA 11-B firmy DEC.

Przy większych odległościach, będzie wykorzystywany, wbudowany do pakietów mikroprocesora kanał transmisji szeregowej, o szybkościach do 56 000 bodów w wariancie synchronicznym i do 9 600 bodów w wariancie asynchronicznym. Bez dodatkowych modemów, przy stosowaniu sygnału prądu stałego 0/20 mA, zapewnia się odległość transmisji do 1500 m.

Ponadto, jako dodatkowy kanał łączności, przy odległościach do 1500 m, można stosować standardowe sprzężenie PI złożone z dwóch łączy i par pakietów transmisji szeregowej bajtowej (asynchronicznej), typu PO-30 i PI-30. Szybkość transmisji może wynosić do 2 400 bodów.

5. Zastosowania sterowników INTEL DIGIT PI

Kierunki zastosowań mikroprocesorowego sprzętu automatyki, zgodnie z obserwowanymi tendencjami światowymi będą się stale rozszerzały.

W warunkach krajowych, w których decyduje zarówno ekonomiczna analiza efektów automatyzacji, jak i stopień przygotowania poszczególnych branż do wprowadzania środków automatyzacji, można przewidywać następujące kierunki pierwszych zastosowań. Będą to: bloki i kotły energetyczne, obrabiarki, agregaty i linie produkcyjne przemysłu maszynowego, magazyny, transport technologiczny, manipulatory (roboty) przemysłowe, stacje energetyczne wysokich napięć, stanowiska kontrolne i diagnostyczne. Sterowniki będą stosowane najczęściej w automatyzacji pracy obiektów i procesów technologicznych, wymagających sprzętu o cechach pośrednich pomiędzy dyskretnym sprzętem nieprogramowalnym podsystemu INTEL CYFRIK, a systemami minikomputerowymi.

Sterowniki będą wykorzystywane zarówno w reżimie autonomicznym, jak i w systemach hierarchicznych, w których będą pracowały na najniższym szczeblu struktury, powiązane z minikomputerami szczebla wyższego, realizującymi sterowanie nadrzędne. Autonomiczne zastosowania będą dotyczyć, między innymi, programowanych regulatorów cyfrowych dla bezpośredniego sterowania maszyn i agr

gatów produkcyjnych, automatyzacji szeroko rozumianych stanowisk kontrolnych, pomiarowych, diagnostycznych, obsługowych.

W systemach hierarchicznych, typowym zastosowaniem sterowników mikroprocesorowych może być sterowanie sekwencyjne wyodrębnionymi funkcjonalnie zespołami urządzeń bądź lokalna rejestracja danych i sterowanie w rozłożonych przestrzennie częściach zakładu przemysłowego.

6. Zakończenie

Opracowanie podstawowych urządzeń mikroprocesorowych INTELDIGIT PI umożliwia szybkie podjęcie ich produkcji i kompletację sterowników dla różnorodnych zastosowań. Opracowanie przyniesie poważne oszczędności, ponieważ umożliwi rezygnację z zagranicznej pomocy technicznej, która w bieżącym pięcioleciu mogłaby być potrzebna, w przypadku braku krajowych sterowników mikroprocesorowych.

W porównaniu ze znanymi za granicą sterownikami, kompleksowe rozwiązanie w ramach INTELDIGIT PI, przedstawione w niniejszym referacie, posiada następujące cechy wyróżniające:

- Konsekwentne przyjęcie 16-bitowej magistrali dla procesora, pamięci, sprzężeń z obiektem i z ewentualnymi urządzeniami operatorskimi ujednolica i upraszcza strukturę, a także otwiera perspektywę zastosowania scalonych, monolitycznych mikroprocesorów 16-bitowych, bez jakichkolwiek zmian w pozostałych pakietach (poza pakietem mikroprocesora).
- Szeroki asortyment pakietów adresowanych PI, zapewniających bezpośrednie i najprostsze sprzężenie ze wszystkimi urządzeniami automatyki i pomiarów, produkowanymi w kraju w ramach szeregu podsystemów systemu POLMATIK sprawia, że sterowniki mikroprocesorowe PI mogą przewyższać inne rozwiązania pod względem łatwości sprzęgania z dowolnym obiektem i szybkością rozwiązywania różnorodnych zadań automatyzacji.
- Zapewnienie — już od etapu założeń — maksymalnego dopasowania sterowników do wymagań, budowy słowa rozkazowego i mapy pamięci minikomputerów do sterowania, umożliwia bezpośrednie sprzęganie sterowników z minikomputerami w układach hierarchicznych.

Literatura

- [1] Krajowy System Automatyki i Pomiarów POLMATIK. Wydanie II. Warszawa 1973 MERA—PIAP.
- [2] Orłowski H.: System sprzężenia PI. Koncepcja wstępna. Sprawozdanie. Archiwum PIAP nr rejestr.1442, 1972.
- [3] Syrczyński A.: Organizacja przekazu informacji i struktura PI, Biuletyn MERA—PIAP 1974 nr 1—2.
- [4] Syrczyński A.: Informator zastosowań części centralnej POLMATIK—INTE. INTELDIGIT PI urządzenia sprzężenia komputerów z elementami automatyki i pomiarów. Archiwum PIAP nr rejestr.1802, 1976.
- [5] Szwaglis S.: Układy scalone LSI w zastosowaniach przemysłowych. Sprawozdanie. Archiwum PIAP nr rejestr.1582, 1975.
- [6] Olak H., Syrczyński A.: Organizacja współpracy mikroprocesora INTEL 8080A z magistralą INTELDIGIT PI. Biuletyn MERA—PIAP (w druku).
- [7] Syrczyński A.: Wielozadaniowe mikroprocesorowe sterowniki INTELDIGIT PI. Prace VII Krajowej Konferencji Automatyki. Rzeszów 1977.