

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

OŚRODEK AUTOMATYKI ELEKTRYCZNEJ

074

ZESPÓŁ BUDOWY ROBOTÓW I SERWOMECHANIZMÓW

A

Główny wykonawca dr inż. Marian Wrzesień

Wykonawcy mgr inż. Z. Stańczak

Konsultant

Nr zlecenia

RP-58.3

Cel 58:

Urządzenie serwisowo-diagnostyczne dla układów sterowania robotów przemysłowych IRp-6/60.

Zadanie 2.1:

Założenia techniczno-ekonomiczne i prace studialne dla urządzenia serwisowo-diagnostycznego dla układów sterowania robotów przemysłowych IRp-6/60.

Zleceniodawca CPBR 7.1

Pracę rozpoczęto dnia 88.12.01

Kierownik Zespołu

dr inż. P. Jabłoński

zakończono dnia 88.06.14

Kierownik Ośrodka

prof. dr inż. T. Miśkała

Z-ca Dyrektora
d/s Automatyki

dr inż. J. Gałązka

Praca zawiera:

stron 14

rysunków 2

fotografii

tabel

tablic

załączników

Rozdzielnik - ilość egz:

Egz. 1 BOINTE

Egz. 2 DW

Egz. 3 ZAP

Egz. 4 OAE

Egz. 5 OAE

Egz. 6

Nr rejestr. 6056

Analiza deskryptorowa URZĄDZENIA AUTOMATYCZNEJ REGULACJI
I STEROWANIA: ROBOTY PRZEMYSŁOWE,
TESTOWANIE.

Analiza dokumentacyjna

Sprawozdanie zawiera założenia techniczno-ekonomiczne dla urządzenia serwisowo-diagnostycznego dla układów sterowania robotów przemysłowych IRp-6/60.

Tytuły poprzednich sprawozdań

UKD.

338.45:62/65}.002.1/2

Roboty przemysłowe

PIAP-252/53-6000

Spis treści

	Str.
1. Wstęp	1
2. Ograniczenia na jakość urządzenia diagnostycznego	1
3. Metodyka lokalizacji usterek	3
4. Technika testowania	4
4.1. Analiza sygnatur	5
5. Założenia ogólne przy budowie urządzenia diagnostycznego	6
6. Wymagania środowiskowo-użytkowe	7
7. Przewidywane ważniejsze prace naukowo-badawcze	7
8. Analiza potrzeb rynku wewnętrznego	8
9. Porównanie z wyrobami zagranicznymi	8
9.1. Reagowanie na błędy	8
9.2. Podsumowanie	10
10. Rozeznanie patentowe	11
11. Współpraca z zagranicą	11
12. Prognoza dotycząca wykonania prototypu	11
13. Analiza kosztów oraz harmonogram prac nad urządzeniem serwisowo-diagnostycznym	11
14. Literatura	13
15. Rysunki	

1. Wstęp

Praca nad urządzeniem diagnostycznym jest realizowana w temacie RP-58.3 CPBR 7.1. Jest ona formą kontynuacji tematu pt. "Tester uruchomieniowy dla pakietów układu sterowania robotów przemysłowych IRp-6/60" /USRP/ wykonywanego w ramach zlecenia RP-58.2. Kontynuacja wynika z przeznaczenia obu ww. urządzeń. I tak: tester uruchomieniowy jest przeznaczony do testowania i uruchamiania pakietów USRP na etapie ich produkcji, natomiast urządzenie diagnostyczne ma możliwość wykrycia i lokalizację ewentualnej usterki USRP powstałej podczas normalnej eksploatacji robota przez użytkownika. Jak wynika z powyższego celu pracy, urządzenie diagnostyczne będzie mogło być wykorzystane zarówno w celach naprawczych jak i okresowych kontroli poprawności działania USRP.

2. Ograniczenia na jakość urządzenia diagnostycznego

Diagnostyka stanowi podgrupę działań - objętych ogólnym postępowaniem zwanym testowaniem - po wykryciu błędu ~~za-~~ zaistniałego w czasie eksploatacji systemu. Działania te, to przede wszystkim lokalizacja usterki. Natomiast przyczyny usterki nie zawsze będą mogły być określone u użytkownika.

Ze względu na fakt, że w czasie opracowywania i konstruowania USRP konstruktorzy nie zawsze brali pod uwagę uproszczenie testowania lub w ogóle zapewnienie testowalności poszczególnych podzespołów USRP, przyjęto, że testowanie będzie miało charakter funkcjonalny. Stąd wynika silne ograniczenie na poziom rozdzielczości diagnostycznej, która wskutek zastosowania testowania behawiorystycznego musi być zawężona do lokalizacji błędów z dokładnością do dużych zespołów funkcjonalnych badanych podzespołów. Przedstawiona obiektywna ułomność urządzeń testujących zmusza autorów opracowania urządzenia diagnostycznego do propagowania wśród konstruktorów podzespołów systemów cyfrowych tendencji do zwiększania testowalności tych podzespołów na etapie ich tworzenia.

W pracy Bennetta "Design of testable logic circuits" [5] podano zbiór zaleceń dla konstruktorów projektujących układy łatwo-testowalne:

1. Należy dążyć do maksymalizacji sterowalności i obserwowalności szczególnie newralgicznych punktów układu /wejścia zegarowe, zerujące, adresowanie multiplexerów, ENABLE/HOLD mikroprocesorów itp./,
2. należy unikać nadmiarowości układowej przy realizacji funkcji użytkowych,
3. należy lokować układy analogowe i cyfrowe na oddzielnych pakietach,
4. należy wykorzystać każdą możliwość podziału układu na mniejsze fragmenty, dzięki czemu upraszcza się problem wyznaczania testów,
5. należy unikać układów asynchronicznych,
6. jest wskazane zapewnienie łatwej inicjalizacji układów pamiętających,
7. jest wskazane zapewnianie możliwości rozwierania linii sprzężeń zwrotnych,
8. należy unikać stosowania układów monostabilnych,
9. należy unikać elementów specjalnie dostrojonych do swego otoczenia,
10. programy testujące nie powinny zależeć od pamięci ROM.

Na wniosek pracowni d/s urządzeń testowania i diagnostyki USRP uwzględniono niektóre z powyższych uwag przy konstruowaniu pakietu MZ-70, dzięki czemu rozdzielczość diagnostyczną rozszerzono z oceny wyjściowych sygnałów analogowych tego pakietu, do oceny także wewnętrznych sygnałów cyfrowych sterujących przetwornikami C/A pakietu. Wprowadzone zmiany z powodzeniem wykorzystano przy budowie testera uruchomieniowego dla pakietów USRP, pomimo tego, że były to jedynie działania wstępne dla zapewnienia testowalności pakietu. W omawianym przykładzie zwiększenie sterowalności i obserwowalności osiągnięto głównie poprzez:

- i/ wprowadzenie zewnętrznego sterowania umożliwiającego pracę krokową zespołu generującego dwa przebiegi sinusoidalne przesunięte względem siebie o 90°
- ii/ wprowadzenie zewnętrznego inicjalizowania pracy ww. zespołu.
- iii/ wyprowadzenie na zewnątrz pakietu sygnału cyfrowego sterującego przetwornikiem C/A ww. zespołu.

3. Metodyka lokalizacji usterek

Cechą urządzenia diagnostycznego jest to, że pracuje ono przy wyłączeniu USRP z eksploatacji. W czasie diagnostyki układu kolejno sprawdzane będą /rys.1/:

- i/ zgodność napięć, z wartościami określonymi w dokumentacji, na wszystkich liniach magistrali systemu,
- ii/ drożność torów przesyłowych magistrali /linie adresowe, linie danych, linie sterujące, linie pozastandardowe/,
- iii/ komunikacja mikroprocesora z pakietami USRP,
- iv/ poprawność działania poszczególnych pakietów układu a w tym:
 - 1/ pakietu mikroprocesora
 - 2/ pakietów przechowujących program
 - 3/ pakietów WE/WY
 - 4/ pakietów realizujących funkcje specjalne.

Z istoty diagnostyki wynika, że lokalizowane będą zarówno uszkodzenia trwałe jak i przemijające, z tym, że określenie źródeł uszkodzeń przemijających możliwe będzie podczas przeprowadzania badań pełnych tj. badań funkcjonalnych w obecności zagrożeń typu: podwyższona wilgotność, temperatura o wartości różnej od dopuszczalnej, zmienione wartości napięć zasilających itp., natomiast uszkodzenia trwałe spowodują skierowanie uszkodzonego podzespołu /pakietu/ na stanowisko testera uruchomieniowego.

Warunkiem koniecznym do rozpoczęcia diagnostyki jest ręczne sprawdzenie szafy sterowniczej. Taka metoda testowania jest skutkiem niezapewnienia testowalności tego podzespołu. /Podczas opracowywania urządzenia diagnostycznego przewiduje się przeprowadzenie prac mających na celu zwiększenie obserwowalności linii sygnałowych szafy sterowniczej/.

Jak wynika z powyższych rozważań, celem stosowania urządzenia diagnostycznego będzie zminimalizowanie czasu przestoju robota poprzez usunięcie i wymianę uszkodzonego, zlokalizowanego podzespołu z pominięciem próby naprawy tego podzespołu u użytkownika.

4. Technika testowania

Technika testowania obejmuje:

- i/ tworzenie testu
- ii/ interpretację wyniku testu.

Tworzenie testu bazuje na jednym z poniższych sposobów testowania:

- i/ testowanie gruntowne
- ii/ testowania przypadkowe
- iii/ testowanie systematyczne

ad.i/ testowanie gruntowne wymaga sekwencji uwzględniającej wszystkie możliwe przypadki sterowania wejściem układu,

ad.ii/ przy testowaniu przypadkowym sekwencja jest generowana losowo, natomiast,

ad.iii/ przy testowaniu systematycznym sekwencja jest wyznaczana na podstawie analizy funkcji badanego układu.

Przy budowie urządzenia diagnostycznego zamierza się stosować - tak jak i podczas opracowywania testera - testowanie systematyczne. Decyzja ta wynika stąd, że w USRP występuje ograniczony zbiór sterowań, ściśle określony dla wybranej konfiguracji aplikacji robota. Ograniczając rozumowanie przykładowo do testowania dekoderek adresów pakietów USRP można stwierdzić, że opracowany dla nich test będzie zawierał zbiór adresów określonych jako możliwe do wygenerowania w danym USRP w przeciwieństwie do pełnego zbioru odpowiadającego kombinacji liczby bitów adresu, jak to ma miejsce przy testowaniu gruntownym. /W omawianym USRP liczność pełnego zbioru współrzędnych wektora sterowań dla układów WE/WY wynosi 2^{16} , natomiast zbiór testu systematycznego jest około 1000 razy mniej liczny/.

Interpretacja wyniku - będąca drugą fazą techniki testowania - ¹stanowi najczęściej ujmując porównanie otrzymanego wyniku z wzorcem. Można przy tym stosować:

- i/ bezpośrednie porównanie wyjść badanego układu z wzorcem /np. dwa jednakowe układy pobudzone równocześnie, których wyjścia są porównywane dynamicznie lub chwilowe stany sygnałów testowanego układu są porównywane z wzorcowymi - pobieranymi z pamięci urządzenia diagnostycznego/ oraz
- ii/ porównywanie wyników po ich przetworzeniu poprzez kompresję danych.

O ile pierwsza metoda jest oczywista, o tyle druga wymaga komentarza:

Kompresję danych można uzyskać skracając sekwencję sygnałów w punkcie testowania poprzez:

- i/ zliczanie liczby zboczy sygnału tj. liczby przejść z 0 na 1
- ii/ zliczanie liczby stanów 1 logicznej,
- iii/ wyznaczenie sygnatury układu stosując metodę analizy sygnatur.

Przewiduje się, że ta ostatnia metoda zostanie zastosowana w urządzeniu diagnostycznym. Poniżej omówiono istotę metody kompresji danych umożliwiającej otrzymanie sygnatury.

4.1. Analiza sygnatur

Do kompresji danych jest stosowany rejestr liniowy /Linear Feedback Shift Register - LFSR/ /rys.2/. Rejestr ten stanowi szeregowe połączenie przerzutników, których wybrane wyjścia poddane operacji modulo 2 wraz z sygnałem badanym są podawane na wejście pierwszego przerzutnika. Rejestr rozpoczyna pracę przy ustalonych warunkach początkowych od wczytania pierwszego bitu danych, a kończy na wczytaniu ostatniego bitu sekwencji danych. Stan rejestru po zakończeniu wczytywania stanowi t.zw. sygnaturę, charakteryzującą postać wprowadzonej sekwencji binarnej. Taki sposób kompresji danych polega na dzieleniu wielomianów binarnych i zapamiętywaniu residuum /pozostałości/ z tego dzielenia.

Wielomian wejściowy /dzielna/, to sekwencja poddana obserwacji, natomiast wielomian binarny stanowiący dzielnik jest realizowany poprzez odpowiednie hardware'owe uformowanie t.zw. wielomianu charakterystycznego rejestru liniowego. Różne warianty tego wielomianu uzyskuje się poprzez wybór wyjść przerzutników LFSR traktowanych jako sygnały sprzężenia zwrotnego.

Problem wyboru właściwego układu sprzężenia zwrotnego nie jest jednoznacznie rozwiązany. Jego struktura musi zostać określona na podstawie znajomości typów przekłamań występujących w badanych sekwencjach binarnych. Zagadnienie, to stanowi element przyszłej pracy naukowo-badawczej nad urządzeniem diagnostycznym.

Wykorzystanie analizy sygnatur polega na porównaniu sygnałny otrzymanej w wyniku obserwacji z sygnaturą wzorcową - stałą dla określonych warunków pomiaru w układzie sprawnym. Porównanie to jest podstawą do stwierdzenia poprawności przebiegów w badanym punkcie, t.zw. punkcie testowym USRP.

5. Założenia ogólne przy budowie urządzenia diagnostycznego

Dotychczasowe rozważania umożliwiają sformułowanie następujących założeń ogólnych na urządzenie diagnostyczne

1. Urządzenie diagnostyczne powinno być przenośne.
2. Konstrukcja UD powinna umożliwiać jego włączanie w system USRP.
3. Elektroniczna część urządzenia będzie zbudowana w standardzie odpowiadającym systemowi INTEL DIGIT-PROWAY tj. tym samym ~~do~~ USRP. (w obwodzie przenośnej)
4. UD będzie komunikowało się z USRP przy pomocy komputera IBM PC XT lub kompatybilnego z nim. (wersja przenośna)
5. UD musi umożliwiać pełną obserwowalność i sterowalność USRP od strony magistrali systemowej.
6. Przewiduje się wykonanie odpowiedniego interfejsu dla złącz obiektowych dla tych przypadków diagnostyki, przy których zachodzi konieczność rozłączenia USRP z urządzeniami wyjściowymi.

7. Technika testowania stosowana w czasie diagnostyki będzie bazować na testowaniu systematycznym oraz na analizie sygnatur.

8. Przewiduje się możliwość stosowania UD do okresowej kontroli USRP.

Powyższe założenia będą stanowiły bazę dla projektowania podzespołów UD.

6. Wymagania środowiskowo-użytkowe.

6.1. Odporność na temperaturę i wilgotność względną

UD powinno być zdolne do pracy w warunkach temperatury i wilgotności względnej:

temperatura: $+15^{\circ}\text{C} - +40^{\circ}\text{C}$ 3K3 (B2)

wilgotność względna: 5% - 95%

UD powinno być wytrzymałe na transport i przechowywanie w temperaturze i wilgotności względnej:

temperatura: $-25^{\circ}\text{C} - +70^{\circ}\text{C}$ 1K4

wilgotność względna: 5% - 100% z kondensacją. (przechow.)
95% przy 40°C transport 2K3

6.2. Wytrzymałość na udary mechaniczne

Zgodnie z PN-80/M-42020 pkt. 2.3.5.

6.3. Stopień ochrony obudowy

IP 40 wg. PN-79/E-08106.

7. Przewidywane ważniejsze prace naukowo-badawcze

Prace naukowo-badawcze przebiegać będą w następujących kierunkach:

- Badanie możliwości i dróg uzyskania założonych funkcji UD, ze szczególnym uwzględnieniem analizy działania i konstrukcji analizatora sygnatur.
- Opracowanie testów oraz oprogramowania realizującego te testy w UD.

8. Analiza potrzeb rynku wewnętrznego

Biorąc pod uwagę zastosowanie UD /naprawy i konserwacje/ oraz wielkość produkcji USRP ocenia się, że zostanie wyprodukowanych około 5 sztuk w wersji prototypowej. Zapotrzebowanie na UD produkowane seryjnie zostanie oszacowane w latach 1990-1991, po rozpoczęciu seryjnej produkcji robotów IRp-6/60.

9. Porównanie z wyrobami zagranicznymi

Na obecnym poziomie rozwoju testowania na świecie mało sensowne jest prezentowanie przykładowych rozwiązań urządzeń testujących, natomiast istotne jest poznanie i uwzględnienie stosowanych obecnie procedur testowania, które są podstawą do opracowania urządzenia diagnostycznego. Procedury te, w przypadku opracowywania UD, dotyczyć będą uszkodzeń na poziomie systemu cyfrowego, które określa się mianem błędów operacyjnych.

W zależności od przyjętych kryteriów błędy operacyjne można podzielić na:

- i/ katastroficzne i drugorzędne
- ii/ trwałe i przemijające
- iii/ pojedyncze i wielokrotne.

Poniżej zostaną omówione procedury postępowania w przypadku pojawienia się błędu:

9.1. Reagowanie na błędy

W zależności od sposobu zareagowania systemu cyfrowego na pojawiający się błąd można rozróżnić:

- i/ ignorowanie błędu
- ii/ okresową konserwację systemu
- iii/ neutralizację błędów
- iv/ tolerowanie błędu.

Przy ignorowaniu błędu może on zostać wykryty dopiero na poziomie programów użytkowych i systemowych, do których przenika. Jest to procedura wynikająca z braku postępowania zapewniającego ciągłość pracy systemu. Natomiast pozostałe procedury umożliwiające wcześniejsze wykrycie błędu zostaną omówione oddzielnie.

9.1.1. Okresowa konserwacja systemu.

OKS mieści się w zakresie zastosowań urządzenia diagnostycznego. Błędy trwale możliwe są do wyeliminowania w czasie konserwacji, natomiast pomiędzy okresami konserwacji zachodzi ignorowanie błędu.

W czasie OKS rozróżniamy postępowanie

- i/ detekcyjne
- ii/ diagnostyczne.

Postępowanie detekcyjne ma umożliwić stwierdzenie poprawności działania układu, natomiast diagnostyczne - zlokalizowanie usterki. Detekcja i diagnoza będą bazować na wybranej technice testowania omówionej w rozdziale 4.

Istnieją trzy podstawowe rodzaje procedur testowania systemów cyfrowych:

- i/ procedura "małego startu"
- ii/ procedura "wielu wątków"
- iii/ procedura "dużego startu"
- x/ testowanie rozpoczyna się od najmniejszej części systemu, a następnie obszar testowania stopniowo rozszerza się, aż do detekcji błędu, w wyniku której podejmuje się czynności naprawcze,
- xx/ testowanie nie jest przerywane po wykryciu błędu. Informacje o kolejnych błędach są zapamiętywane,
- xxx/ testuje się kolejno duże zespoły sprzętu testami detekcyjnymi, a następnie wykonuje diagnostykę dla tych zespołów.

Przy zastosowaniu UD stosowane będą pierwsze *duże* procedury.

9.1.2. Neutralizacja błędów.

Neutralizacja błędów jest cechą układów samokontrolujących się, tj. umożliwiających detekcję, diagnozę i próbę autopoprawy urządzenia.

Zdolność układu do samokontroli wynika z:

- struktury układu określającej jego obserwowalność,
- zdolności zastosowanego kodu do wykrywania błędów.

Ogólnie mówiąc, w przypadku pojawienia się błędu należy zapewnić przy pomocy kodu zdolność wytwarzania słów t.zw. niekodowych t.j. słów spoza zbioru występujących w układzie sprawnym oraz umożliwić detekcję tego stanu.

Szczegółowe informacje dotyczące kodów wykrywających i korygujących błędy można znaleźć w literaturze [2].

Temat ten nie będzie obecnie rozwijany.

Postępowanie po wykryciu błędu zależy od oprogramowania systemu bądź jego sprzętu.

9.1.3. Tolerowanie błędów.

Systemy tolerujące błędy reagują na błędy w taki sposób, że z punktu widzenia użytkownika są one niezauważane.

Możliwe to jest dzięki zastosowaniu:

- i/ redundancji oprogramowania
- ii/ redundancji czasowej
- iii/ redundancji sprzętowej.

W redundancji sprzętowej wyróżniamy:

- statyczną
- dynamiczną
- hybrydową
- z łagodną degradacją /np. uszkodzony kooprocesor - przejście na procesor przy odpowiednim oprogramowaniu/.

9.2. Podsumowanie

Jakkolwiek procedury neutralizacji i tolerowania błędów nie zostały zastosowane w USRP, to jednak przy opracowywaniu UD mogą one zostać z powodzeniem wykorzystane. Wynika to z filozofii postępowania przy projektowaniu UD polegającej na tym, aby USRP wraz z UD utworzył redundan-tny USRP, w którym dzięki nadmiarowości programowej, sprzętowej i czasowej zostanie osiągnięty cel, którym jest łatwość i szybkość detekcji oraz diagnostyki kontrolowanego USRP.

Łatwo dostrzec, że w wyniku przedstawionego sposobu podejścia do projektowania UD, otrzyma się wytyczne do - mającego być opracowywanym w przyszłości - układu autodiagnostyki USRP. Temat ten jest tematem wyprzedzającym w CPBR 7.1.

10. Rozeznanie patentowe

Rozeznanie patentowe zostanie przeprowadzone dwufazowo. Faza pierwsza t.j. analiza stanu techniki mająca na celu porównanie rozwiązań technicznych zastosowanych w UD z podobnymi rozwiązaniami stosowanymi przez różne firmy, zostanie przeprowadzona w etapie pracy p.t. "Wykonanie modelu użytkowego UD".

Faza druga t.j. badanie czystości patentowej zostanie przeprowadzona w etapie pracy "Wykonanie prototypu UD". Ponadto przewiduje się dokonanie zgłoszeń patentowych niektórych podzespołów urządzenia diagnostycznego.

11. Współpraca z zagranicą

Przy realizacji wyżej wymienionego tematu nie będzie konieczne zakupowanie licencji, patentów czy też wzorów użytkowych. Wynika to przede wszystkim z możliwości wykonania UD w oparciu o krajowe podzespoły. Dopuszcza się stosowanie pewnych elementów elektronicznych produkcji KK i KS.

12. Prognoza dotycząca wykonania prototypu

Przewiduje się, że prototyp UD zostanie wykonanie w PIAP DW. UD będzie wykonywane w formie pakietów w standardzie INTEL DIGIT-PROWAY /około trzy pakiety/ oraz w wersji niestandardowej, dla złącz obiektowych USRP.

13. Analiza kosztów oraz harmonogram prac nad urządzeniem diagnostycznym

Analiza kosztów i harmonogram prac nad urządzeniem diagnostycznym zostały szczegółowo opracowane podczas przygotowywania założeń do CPBR 7.1. Koszty i harmonogram prac są następujące:

14

Zadanie 2.1 /etap 1 zlecenia RP-58.3/, termin wykonania 88.06.30 "Założenia techniczno-ekonomiczne i prace studialne dla urządzenia serwisowo-diagnostycznego dla układów sterowania robotów przemysłowych IRp-6/60".

Koszt zadania 2.1: 4.026.266,-zł.

Zadanie 4.1 /etap 2 zlecenia RP-58.3/, termin wykonania: 89.03.31 "Model użytkowy urządzenia serwisowo-diagnostycznego dla układów sterowania robotów przemysłowych IRp-6/60".

Koszt zadania 4.1: 11.860.055,-zł.

Zadanie 5.1 /etap 3 zlecenia RP-58.3/, termin wykonania: 89.09.30 "Dokumentacja techniczna prototypów oraz podpisanie wstępnej umowy wdrożeniowej dla urządzenia serwisowo-diagnostycznego dla układów sterowania robotów przemysłowych IRp-6/60".

Koszt zadania 5.1: 12.208.321.

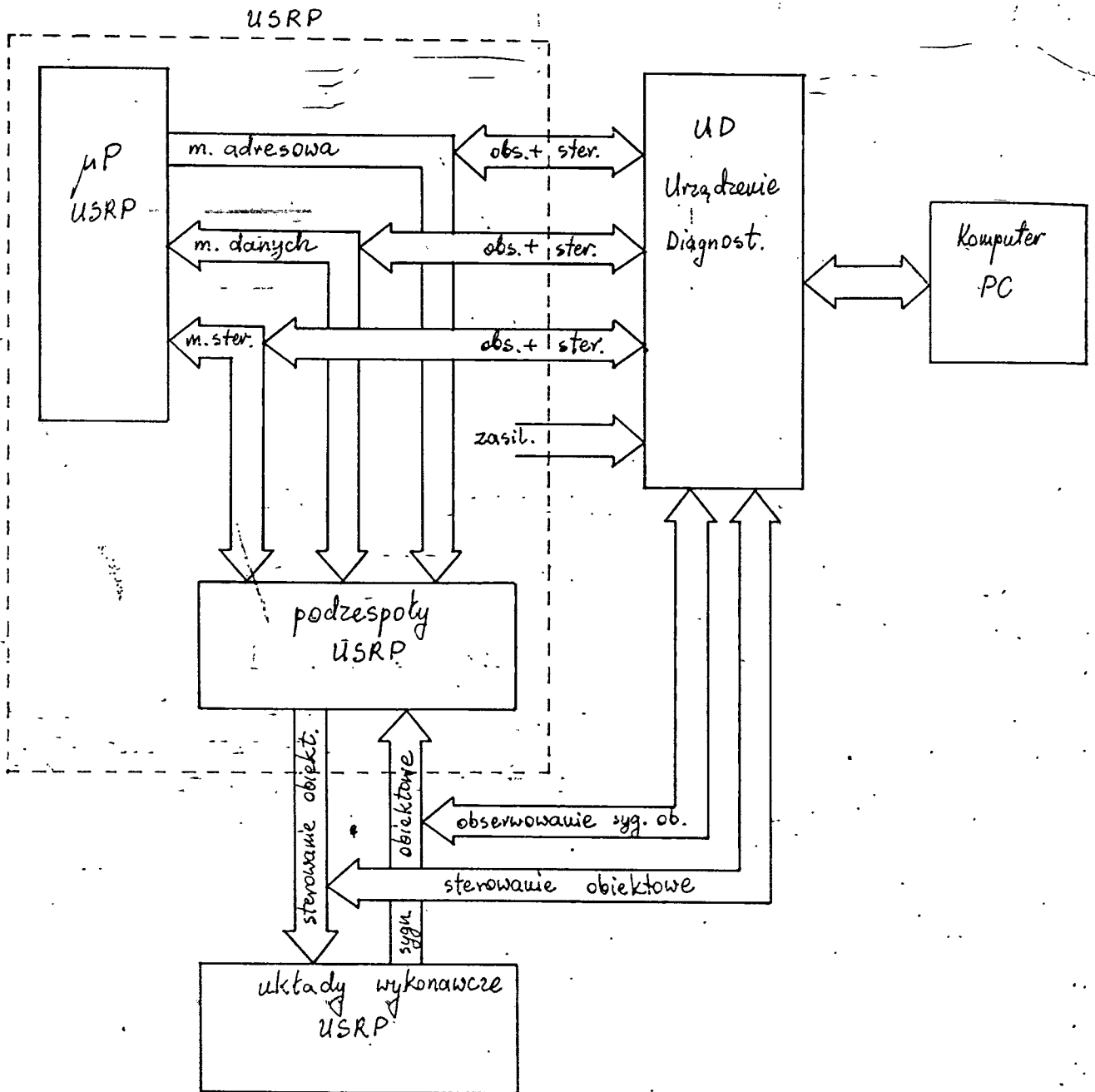
Zadanie 6.1 /etap 4 zlecenia RP-58.3/, termin wykonania: 90.10.31 "Wykonanie i badania prototypu oraz zweryfikowana dokumentacja techniczna urządzenia serwisowo-diagnostycznego, dla układów sterowania robotów przemysłowych IRp-6/60".

Koszt zadania 6.1: 7.980.148,-zł.

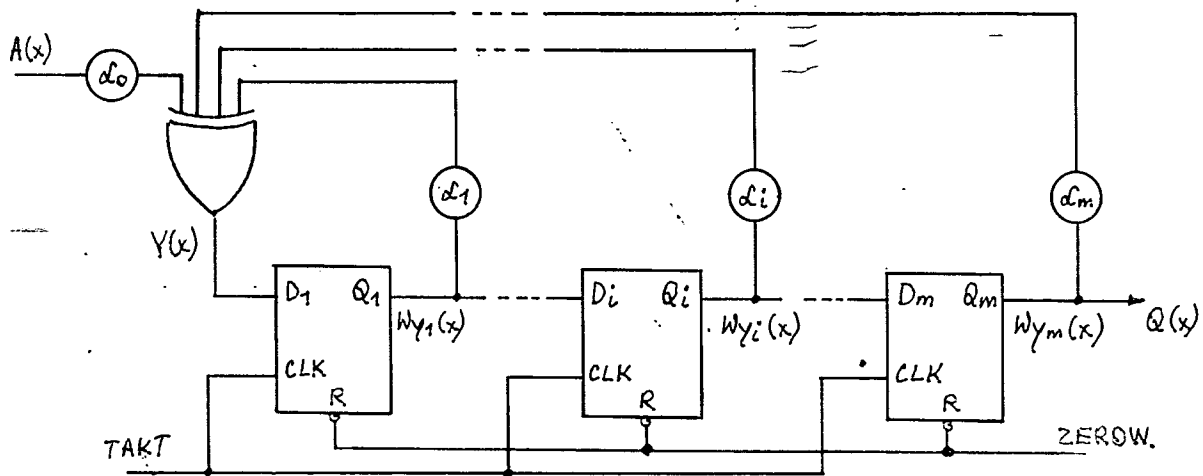
Przewiduje się, że koszt urządzenia w cenach z 1988 będzie wynosił około 2,500 mln zł.

14. Literatura

- [1] Sapiecha K.: Testowanie i diagnostyka systemów cyfrowych. PWN, Warszawa 1987r.,
- [2] Hedtke R.: Systemy mikroprocesorowe. Niezawodność testowanie, tolerancja błędów, WNT, Warszawa 1987.
- [3] Kubiś M.A.: Analiza sygnatur. Elektronizacja. WKŁ, Warszawa 1984.
- [4] Klimowicz J.: Przegląd metod testowania urządzeń cyfrowych zawierających układy wielkiej skali integracji. Techniki komputerowe. Biuletyn informacyjny IMM 3/85.
- [5] Bennets R.G.: Design of testable logic circuits. Addison-Wesley Pub. Comp., 1984.
- [6] Tester uruchomieniowy TU-87. Instrukcja obsługi. Przedsiębiorstwo Systemów Komputerowych MERA-SYSTEM Warszawa, 1987.
- [7] Norma IEC 721-3-1 (przechowywanie)
- [8] Norma IEC 721-3-2 (transport)
- [9] Norma IEC 721-3-3 (użytkowanie)
- [10] Dokument IEC (Sekretariat) 116



Rys.1. Schemat funkcjonalny współpracy układu sterowania robotów z urządzeniem diagnostycznym.



Rys.2. Schemat ideowy analizatora sygnatur.