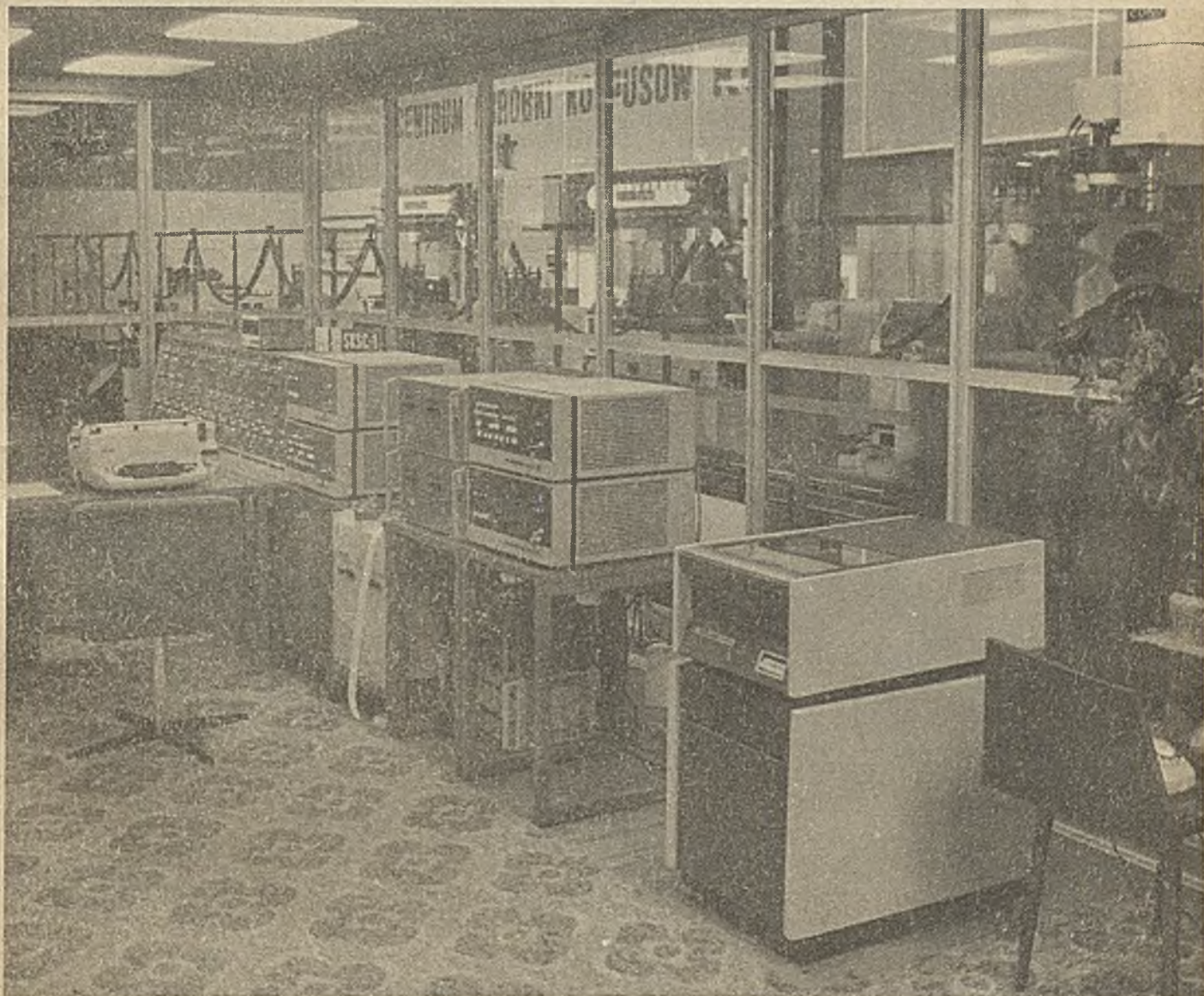


biuletyn informacyjny

1-2
'77



OBIKTOWE
SYSTEMY
KOMPUTEROWE



Zjednoczenie Przemysłu Automatyki i Aparatury Pomiarowej „MERA”
Instytut Maszyn Matematycznych „MERA IMM” Branżowy Ośrodek INTE

DWUMIESIĘCZNIK

Wydaje: CENTRUM NAUKOWO-PRODUKCYJNE TECHNIK KOMPUTEROWYCH I POMIARÓW
INSTYTUT MASZYN MATEMATYCZNYCH
BRANŻOWY OŚRODEK INFORMACJI NAUKOWEJ TECHNICZNEJ I EKONOMICZNEJ

KOMITET REDAKCYJNY

dr inż. Stanisława BONKOWICZ-SITTAUER, mgr inż. Roman CZAJKOWSKI,
mgr Hanna DROZDOWSKA (sekretarz redakcji), dr inż. Marek HOŁYŃSKI,
doc. dr hab. inż. Roman KULESZA (redaktor naczelny) mgr inż. Jerzy
MYSIOR, mgr inż. Józef SZMYD, mgr Robert ZAJĄC

Redaktor techniczny: Maria KOZŁOWSKA

Adres redakcji: ul. Krzywickiego 34, 02-078 Warszawa
tel. 28-37-29 lub 21-84-41 w. 431

na okładce: System SKSC-1 komputerowego sterowania centrum produkcyjnym obróbki korpusów,
opracowany w Instytucie Maszyn Matematycznych.
W głębi: fragment centrum obróbkowego korpusów zaprojektowanego przez CBKO-Pruszków

BIULETYN INFORMACYJNY
OBIEKTOWE SYSTEMY KOMPUTEROWEJ AUTOMATYZACJI

Rok XVI

Nr 1/2

1977



P. 3057/77

S p i s t r e ś c i

	str.
dr Jerzy SZYNKA: Koncepcja systemów Metodyka realizacji OSKA	3
dr Marek HOŁYŃSKI: Układy pomiarowo-kontrolne OSKA . .	9
dr inż. Krzysztof JAWOREK: Urządzenia sterujące i informacyjne obiektowych systemów komputerowej automatyzacji	16
dr inż. Krzysztof JAWOREK: Możliwości wykorzystania mikroprocesorów w obiektowych systemach komputerowej automatyzacji	28
mgr inż. Zbigniew POZNAŃSKI: Problemy oprogramowania do sterowania procesem produkcyjnym	40
mgr inż. Krzysztof TAŃSKI: Próba oceny efektywności ekonomicznej obiektowych systemów komputerowej automatyzacji	51
INFORMACJE Z KRAJU I ZE ŚWIATA	69

BIULETYN INFORMACYJNY
OBIEKTOWE SYSTEMY KOMPUTEROWEJ AUTOMATYZACJI

Rok XVI

Nr 1/2

1977

O d R e d a k c j i

Przekazując nowe wydawnictwo Instytutu Maszyn Matematycznych Zjednoczenia "MERA" zwracamy się z uprzejmą prośbą do Czytelników o nadsyłanie na adres redakcji swoich uwag i propozycji w zakresie redagowania naszego czasopisma. Tematyka "Biuletynu Informacyjnego OBIEKTOWE SYSTEMY KOMPUTEROWE" koncentrować się będzie na zagadnieniach obiektowych systemów komputerowej automatyzacji w przemyśle maszynowym, ze szczególnym uwzględnieniem problemowo zorientowanych systemów komputerowych, zagadnień techniki pomiarowej w powiązaniu z techniką komputerową, spraw niezawodności i jakości sprzętu i systemów oraz kompleksowej automatyzacji produkcji.

Zapraszamy P.T. Czytelników do aktywnego współdziałania w redagowaniu naszego czasopisma przez nadsyłanie opracowań, które pragnęlibyście zamieścić w "Biuletynie Informacyjnym OBIEKTOWE SYSTEMY KOMPUTEROWE".

KONCEPCJE SYSTEMÓW. METODYKA REALIZACJI OSKA

1. WSTEP

Punktem wyjściowym rozpatrywania zagadnień związanych z obiektową automatyzacją jest ustalenie odpowiedniego modelu zakładu produkcyjnego. Zwykle przyjmuje się model hierarchiczny o trzech zasadniczych poziomach:

- I: zarządzanie obiektem
- II: kierowanie produkcją
- III: proces wytwarzania

Na poziomie zarządzania podejmowane są, oparte na danych produkcyjnych i informacjach z zewnątrz, decyzje dotyczące zarządzania zakładem produkcyjnym. Poziom produkcji obejmuje zagadnienia związane z nadzorowaniem i kierowaniem procesem produkcji, jego optymalizacją, rejestracją i kontrolą jakości. Najniższy poziom dotyczy bezpośrednio procesu wytwarzania i sterowania tym procesem.

Poszczególne poziomy odpowiadają:

I - dyrekcji, II - wydziałowi lub zespołowi maszyn, III - pojedynczym maszynom lub stanowiskom pracy. Przedstawiony model jest zmodyfikowanym modelem zaprezentowanym w pracy [1]. Nie wyróżnia on poziomu przepływu materiału, ponieważ te zagadnienia występują na wszystkich przedstawionych poziomach.

Pod pojęciem OSKA rozumiany będzie, zrealizowany techniką komputerową, system sterująco-informatyczny do wykonywania zadań na poszczególnych poziomach.

Potrzeba wprowadzenia OSKA związana jest ze wzrostem wymagań w stosunku do wyrobów (pod względem ilościowym i jakościowym), wykorzystania materiałów i maszyn, szybkiego przeprowadzenia zmian w produkcji i zmniejszenia wrażliwości procesu produkcyjnego na zakłócenia.

Przyjęty model umożliwia przejrzysty podział zadań występujących na poszczególnych poziomach (tabela 1).

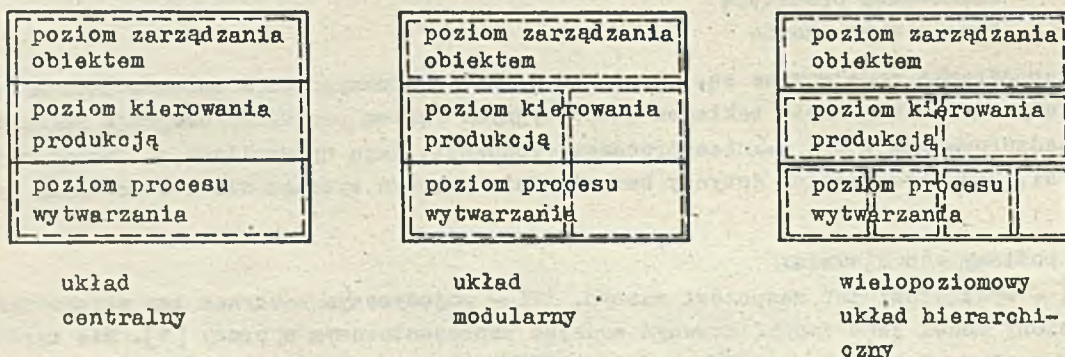
Tab. 1 Ogólne zadania podlegające realizacji za pomocą techniki komputerowej

Poziom	Zadania	
zarządzania obiektem	- dane decyzyjne dla kierownictwa	- sytuacja ekonomiczno-rynkowa, - planowanie i analiza kosztów, - amortyzacja, - dokumentacja administracyjna np. listy płac
kierowania produkcją	- raporty, - zestawienie produkcji dziennej, - spis wyrobów i części,	- kontrola kosztów, - inwentaryzacja, - parametry produkcji (np. stopień wykorzystania maszyn)
procesu wytwarzania	- zbieranie danych dla systemu informacyjnego, - testowanie, - sterowanie operacjami wytwarzania, - sterowanie operacjami montażu, - transport wewnętrzny	- operacje przygotowania procesu wytwarzania (np. przebrojenie maszyny)

Wyżej wymienione żądania narzucają określone wymagania od systemu sterowania i systemu informatycznego. Przed systemem sterowania stawiany jest przede wszystkim warunek pracy w czasie rzeczywistym, działanie systemu informatycznego opiera się zaś na banku danych. Rozwiązanie zagadnień związanych z organizacją i aktualizacją banku danych jest tu warunkiem sprawnego działania systemu. Jednym z podstawowych problemów obiektowych systemów automatyzacji jest określenie bazy danych.

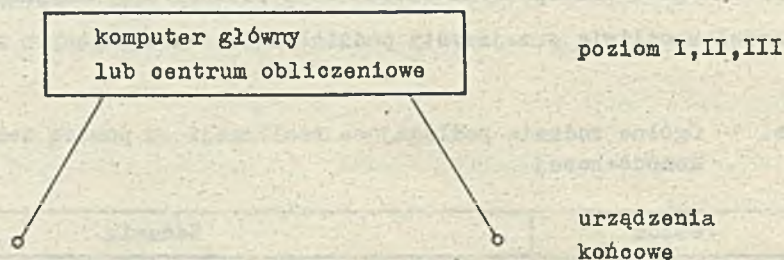
2. KONCEPCJE REALIZACJI OBIEKTOWYCH SYSTEMÓW KOMPUTEROWEJ AUTOMATYZACJI

Przy realizacji obiektowych systemów automatyzacji występują trzy zasadnicze koncepcje [1]:



a) Układ centralny

Układ centralny składa się z jednego lub kilku komputerów centralnych połączonych bezpośrednio z urządzeniami peryferyjnymi i za pośrednictwem odpowiedniego interface'u, z czujnikami i regulatorami, zwanymi dalej urządzeniami końcowymi.



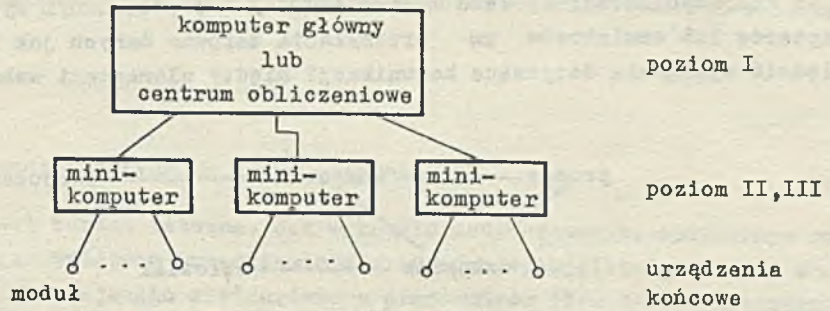
Rys. 1. Struktura układu centralnego

Układ centralny realizuje zadania na wszystkich poziomach. Realizując zadania poziomu pierwszego komputer jest wykorzystywany w sposób mało efektywny. Okres opracowania i wdrożenia takiego systemu jest bardzo długi /5 - 10 lat/. W tym czasie następują tak poważne zmiany w sprzęcie komputerowym, że system z chwilą ukończenia bywa przestarzały. Zwrot nakładów następuje bardzo późno, ponieważ system przynosi korzyści dopiero wtedy, gdy jest całkowicie gotowy. Zapewnienie odpowiedniej niezawodności systemu centralnego jest bardzo trudne i kosztowne.

Zaletą systemu centralnego jest możliwość jego realizacji wówczas, gdy zakład dysponuje już komputerem lub istnieje w zakładzie centrum obliczeniowe.

b) Układ modułarny

Rozwiązanie pośrednie między układem centralnym i wielopoziomowym układem hierarchicznym stanowi układ modułarny.

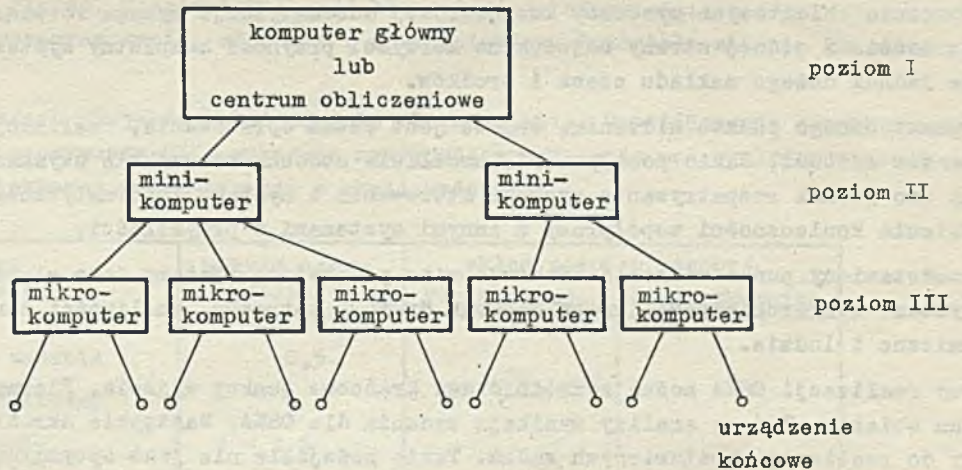


Rys. 2. Struktura układu modularnego

Poziom produkcji i procesu dzielony jest na kilka pionów, tzw. modułów. Zaletą takiego układu jest możliwość jego rozbudowy przez dodawanie modułów. Natomiast wadą jest czułość na zakłócenia. Każdy moduł kieruje i steruje fragmentem procesu produkcyjnego. Ewentualny błąd ma wpływ na całość produkcji. Podniesienie niezawodności przez zdublowanie modułu jest bardzo kosztowne.

c) Wielopoziomowy układ hierarchiczny

Układem, którego znaczenie wzrosło wraz z rozwojem systemów mikroprocesorowych jest wielopoziomowy układ hierarchiczny.

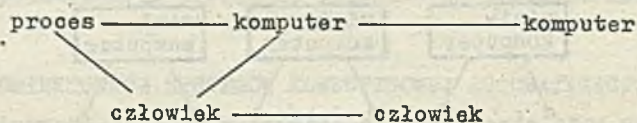


Rys. 3. Struktura wielopoziomowego układu hierarchicznego

Podsystemy specjalizowane tego układu sterują autonomicznymi częściami procesu wytwarzania. Zaletą takiego układu jest specjalizacja na najniższym poziomie i możliwość pionowej oraz poziomej rozbudowy.

Z ogólnego punktu widzenia wymienione koncepcje można traktować jako szczególne przypadki systemu hierarchicznego, w którym nie rozróżnia się sterowania i przetwarzania informacji. W układzie centralnym bowiem struktura hierarchiczna zawarta jest w oprogramowaniu systemu. Powoduje to wysoką złożoność oprogramowania, między innymi systemu przerwań. Projektowanie OSKA sprowadza się więc do syntezy systemu hierarchicznego np.: do ustalenia liczby poziomów, dekompozycji zadań, określenia zasad współpracy pionowej i poziomej (współpraca czynna lub bierna).

Wymaga to kompatybilności sprzętu w górę i w dół - w przeciwnym wypadku zachodzi konieczność budowy adapterów lub emulatorów do przesyłania zarówno danych jak i programów. Należy również uwzględnić wymagania dotyczące komunikacji między elementami wchodzącymi w skład OSKA (rys. 4).



Rys. 4. Podział komunikacji w OSKA

Powysze uwagi są zgodne z tendencjami występującymi w ofertach firm i w literaturze. Asortyment sprzętu komputerowego i automatyki ulega zmianom jakościowym i ilościowym. Oferowane są systemy do sprzęgania z procesem (CAMAC), systemy mikroprocesorowe do sterowania procesami (HONEYWELL TDS 2000), specjalistyczne układy, jak system wejścia/wyjścia (BURR-BROWN), komputerowe systemy hierarchiczne (IBM COMATS, SIEMENS 700). Systemy te są rozbudowywalne i kompatybilne z rozpowszechnianym na rynku sprzętem. Koncepcje systemów OSKA muszą być zaś dostatecznie ogólne, aby pojawienie się nowych środków technicznych i teoretycznych nie spowodowało ich dezaktualizacji.

3. METODYKA REALIZACJI I FORMY ORGANIZACYJNE

Tworzenie obiektowych systemów komputerowej automatyzacji wymaga rozwiązania zasadniczej sprzeczności. Z jednej strony największe korzyści przynosi kompletny system - jego realizacja wymaga jednak dużego nakładu czasu i środków.

Z praktycznego punktu widzenia, celowe jest zatem opracowanie, realizacja i eksploatacja fragmentów systemu. Takie postępowanie umożliwi stosunkowo szybkie uzyskanie korzyści. Wymaga ono jednak rozpatrywania systemu sterowania i systemu informatycznego jako całości i uwzględnienia konieczności współpracy z innymi systemami w przyszłości.

Przedstawiony punkt widzenia traktuje więc powstające systemy jako elementy rozwijającego się systemu hierarchicznego. Tempo rozwoju dyktują potrzeby, możliwości naukowe, techniczne, ekonomiczne i ludzie.

Przy realizacji OSKA można rozróżnić dwa krańcowe punkty wyjścia. Pierwszy - stanowi aktualny stan obiektu. Z jego analizy wynikają zadania dla OSKA. Następnie określany jest sprzęt potrzebny do realizacji postawionych zadań. Takie podejście nie jest optymalne, ponieważ zachowana jest struktura obiektu i wymaga empirycznego zbierania danych o obiekcie. Druga droga wychodzi od koncepcji systemu, co znacznie upraszcza opis stanu obiektu. Potrzebna jest tylko informacja z punktu widzenia koncepcji systemu. Ponieważ całość jest podporządkowana koncepcji systemu, jej wybór musi być staranny i oparty na przewidywanych na ok. 5 lat naprzód tendencjach i progностycznych badaniach teoretycznych i symulacyjnych [16].

Efektywna realizacja OSKA wymaga stworzenia odpowiednich form organizacyjnych. Zakres usług firm specjalizujących się w OSKA obejmuje zazwyczaj:

- konsultację,
- projekt systemu,
- oprogramowanie,
- instalację,
- uruchomienie.

Niezależnie od rodzaju zadania stała jest struktura zespołów, w skład których wchodzi:

- kierownik projektu,
- projektanci systemu,
- eksperci techniczni,
- programiści,
- specjaliści od zagadnień występujących na danym poziomie.

Kwestia doboru zespołu jest bardzo istotna. Jak wykazało doświadczenie, optymalnym rozwiązaniem jest stworzenie, pod kierownictwem przedstawiciela ośrodka specjalizującego się w automatyzacji obiektowej, zespołu składającego się zarówno z pracowników firm wyspecjalizowanych (projektanci systemu, eksperci techniczni, programiści) jak i przedstawicieli użytkownika (specjaliści od zagadnień występujących na danym poziomie) [11].

Zaletą takiego zespołu jest wzajemna współpraca i kontrola, zmniejszająca prawdopodobieństwo błędnych koncepcji i rozwiązań. Istotne jest aby zespół miał wiedzę i doświadczenie zdobyte przy innych projektach.

Za zleceniem wykonania oprogramowania przez wyspecjalizowany ośrodek przejawia znajomość istniejących programów i języków programowania zorientowanych problemowo, doświadczenie, szybkość, zapewniająca dotrzymanie terminów, i kontakty ze specjalistami. Takie rozwiązanie prowadzi jednak do trudności przy wprowadzaniu zmian w oprogramowaniu w przyszłości. Wykonanie oprogramowania we własnym zakresie wymaga doświadczonych programistów.

Warunkiem sprawnego działania zespołu jest uprzednie ustalenie zakresu kompetencji i odpowiedzialności. Ogólnie biorąc, kierownictwo projektu przejmuje odpowiedzialność za stronę organizacyjną i wykonanie oprogramowania, włącznie z uruchomieniem. Pozostałe zadania znajdują się w gestii użytkownika.

W poszczególnych fazach projektu skład zespołu ulega zmianie. Doświadczenia ośrodków specjalizujących się w opracowywaniu OSKA wykazują następującą proporcję pod względem czasu i składu zespołu przy obiektowej automatyzacji w skali wydziału:

faza projektu	nakład czasu /lata/	skład zespołu /osoby/	
		firma specj.	od użytkownika
określenie zadania	0,5	20	3
projekt techniczny	1		
oprogramowanie	1 - 1,5		
realizacja	0,5	15	40
eksploatacja		1	5

Obszerne omówienie zagadnień dotyczących metodyki i organizacji wprowadzania OSKA zawierają prace [4], [11].

Literatura

- [1] Alford C.O.: Design Aspects of Computer Control in Discrete Manufacturing. IEEE Trans. on MFT 1973 Vol. 2 nr2
- [2] Developments in Advanced Process Control Systems 1965-1975. Doc. No E31. The Diebold Research Program, New York 1966
- [3] Findeisen W.: Wielopoziomowe układy sterowania. Warszawa: PWN 1974
- [4] Findeisen W.: Wprowadzenie w technikę systemów. W: Poradnik inżyniera automatyka. Warszawa: WNT 1973
- [5] Gościński A.: Komputerowe systemy sterowania złożonymi dyskretnymi procesami produkcyjnymi. Kraków: AGH 1976
- [6] Kulikowski R.: Sterowanie w wielkich systemach. Warszawa: WNT 1974
- [7] Conference on Trends in on-line Computer Control Systems. London: IEEE 1972
- [8] Conference on Computer Aided Control Systems. London: IEEE 1973
- [9] Mesarovic M.: Theory of Hierarchical, Multilevel Systems. New York: Academic Press 1970
- [10] IEE Conference on Organisation and Management of Computer Based Control and Automation Projects. London 1973
- [11] Büttner R.: Kleincomputer sinnvoll auswählen und einsetzen. Köln - Braunsfeld: V. Rudolf Müller 1974

UKŁADY POMIAROWO-KONTROLNE OSKA

1. Uwagi ogólne

Zagadnienia pomiarów i kontroli należą do kluczowych problemów występujących przy tworzeniu obiektowych systemów komputerowej automatyzacji. Dane pomiarowe i kontrolne są wykorzystywane we wszystkich podsystemach OSKA - od bezpośredniego sterowania procesem wytwarzania aż po techniczne przygotowanie produkcji. Tworzone są też specjalne podsystemy przeznaczone wyłącznie do tego celu: sterowania urządzeniami pomiarowo-kontrolnymi oraz zbierania i przetwarzania wyników pomiaru. Wraz ze wzrostem złożoności produkcji rośnie rola tych podsystemów, zwłaszcza w produkcji wieloetapowej, gdzie wczesne wykrycie uszkodzenia zapobiega kosztownej obróbce niesprawnego zespołu. Jak podaje Tymowski [1] w produkcji masowej operacje kontroli stanowią ok. 40% ogólnej liczby operacji. W niektórych przypadkach czas kontroli jest wielokrotnie dłuższy od czasu obróbki, np. przy wykonywaniu gwintów czas kontroli wynosi ok. 30 s, a czas obróbki 1,5 + 2 s.

Z tego też powodu w większości złożonych procesów produkcyjnych niezbędna jest automatyzacja czynności pomiarowo-kontrolnych. Przy dużej różnorodności badanych parametrów i wielu stanowiskach obróbczych automatyzacja pociąga za sobą konieczność stosowania maszyny cyfrowej. Tylko wówczas bowiem możliwa jest jednoczesna realizacja wszystkich zadań podsystemu pomiarowo-kontrolnego, do których należą:

- pomiar liczby wykonywanych elementów,
- pomiar i kontrola jakości wykonywanych elementów,
- pomiar ilości wyrobów finalnych,
- kontrola jakości wyrobów finalnych,
- pomiar zużycia surowców,
- kontrola pracy urządzeń wykonawczych,
- kontrola pracy personelu obsługującego,
- pomiar i kontrola zewnętrznych parametrów warunkujących prawidłowy przebieg procesu technologicznego.

Użycie maszyny cyfrowej do sterowania kompleksem czynności pomiarowo-kontrolnych jest zgodne także z opracowaniami teoretycznymi uznającymi jednorodny charakter tych wszystkich czynności. Zgodnie z pracą [2] "kontrola jakości, diagnostyka i pomiary mogą być traktowane jako sprawdzenie mieszczące się wewnątrz ograniczeń, w tym ograniczeń finansowych". Gdy zbudujemy ogólny model procesu, to ograniczenia będą w nim nakładane na zmienne wejściowe: jakość surowców, położenia zaworów, warunki atmosferyczne, bądź na zmienne wyjściowe modelu: natężenia przepływów, temperatury, wskaźniki zdatności itp. Na modelu procesu technologicznego rozstrzyga się, które zmienne i w jakich odstępach czasu należy kontrolować, a także jak wykorzystać wyniki pomiarów. Uwzględnia się tu także trudności wynikające z zakłóceń i opóźnień czasowych pomiaru.

Przyjęcie ogólnego modelu procesu umożliwia także wypełnianie zadań kontrolnych na szczeblu zarządzania. Do tego typu zadań, postulowanych przez Gościńskiego [3], należą: kontrola jakości po każdym etapie procesu produkcyjnego, kontrola przyjęć, kontrola nowych uruchomień, kontrola zaopatrzenia produkcji w narzędzia, urządzenia i maszyny, kontrola realizacji zamówień odbiorców, realizacji planów produkcyjnych i czasu pracy.

2. Urządzenia pomiarowo-kontrolne

Wybór metody i sprzętu pomiarowo-kontrolnego warunkowany jest przez sposób, w jaki mają zostać wykorzystane dane pomiarowe. Określenie celów pomiarów i kontroli pozwala na odpowiedź na pytanie: które zmienne powinny być kontrolowane oraz które z wybranych zmiennych muszą podlegać kontroli czynnej, a które wystarczy poddać kontroli biernej (bez bezpośredniego wpływu wyniku kontroli na proces wytwarzania).

Znajomość celów pomiarów i kontroli umożliwia również określenie wymaganej dokładności pomiaru. Jak podano w pracy [2], maszyna cyfrowa stwarza wyższe wymagania dokładności pomiarów niż wymagania stawiane zazwyczaj konwencjonalnemu oprzyrządowaniu procesów. Wymagania te jednak nie muszą dotyczyć wszystkich punktów pomiarowych. Istnieją pewne pomiary, gdzie duża dokładność jest zupełnie zbyteczna, a instalowanie dla nich precyzyjnych przyrządów byłoby nieuzasadnioną rozrzutnością. Ocena różnego rodzaju błędów układu pomiarowego (błędy systematyczne, przypadkowe i grube) jest podstawą do opracowania procedur korekcyjnych dla maszyny cyfrowej, lub co najmniej programów kompensacji błędów systematycznych. Dla większości przypadków można przyjąć za Tymowskim [1], że stosunek błędu granicznego g urządzenia pomiarowego do tolerancji T sprawdzonego parametru powinien wynosić $\frac{g}{T} \leq \frac{1}{10}$, a przy sortowaniu na n grup $\frac{g}{T} \leq \frac{1}{10 \cdot n}$.

W wielu procesach wytwórczych w przemyśle maszynowym od wyrobów bardziej wymaga się powtarzalności niż dokładności. Wartość bezwzględna wielkości mierzonej może mieć bowiem mniejsze znaczenie niż zgodność pomiarów. Wówczas należy przeprowadzić analizę dynamiczną uczestniczących w procesie pomiarowym urządzeń taką, jak np. wykonana w pracy [4]. Zazwyczaj czas próbkowania ograniczony jest przez czas działania układów przetwarzania wstępnego sygnału pomiarowego, który szacujemy ze wzoru:

$$t_{\text{przetw}} \leq \frac{\tau}{n} - \sum_{i=1}^{k-1} t_i$$

gdzie: t_{przetw} - czas układu przetwarzania wstępnego,
 τ - czas cyklu pomiarowego,
 n - liczba stanowisk pomiarowych,
 k - liczba bloków urządzenia centralnej rejestracji danych,
 t_i - czas przejścia sygnału przez blok i .

Urządzenia pomiarowe dzielą się na:

- elektryczne,
- mechaniczne,
- pneumatyczne.

Elektryczne urządzenia pomiarowe są stosowane głównie do kontroli parametrów elektrycznych, takich jak: napięcia stałe i zmienne, oporność, częstotliwość, liczba impulsów. Mogą być też stosowane do kontroli parametrów nieelektrycznych: temperatury, czasu, ciśnienia, prędkości obrotowej itp. Elektryczne urządzenia pomiarowe można pod względem zasady działania podzielić na kontaktowe, indukcyjne, opornościowe i fotoelektryczne.

Mechaniczne urządzenia pomiarowo-kontrolne stosowane są zwykle do sprawdzania wymiarów, wagi, zliczania i sortowania produkcji. Urządzenia te wykorzystują przede wszystkim ciężar kontrolowanego przedmiotu lub stawiany przez niego opór. Działanie pneumatycznych urządzeń pomiarowych oparte jest na zależności między natężeniem przepływu powietrza, a wielkością otworu wypływu. Stosuje się je zazwyczaj do pomiaru w warunkach specjalnych (np. zagrożenie wybuchem).

Urządzenia pomiarowo-kontrolne dają zwykle sygnał analogowy, który przetwarzany jest przez układ przetworników analogowo-cyfrowych. W większości systemów stosowane są już przetworniki elektroniczne w miejsce rozpowszechnionych do niedawna przetworników elektromechanicznych. Przetworniki elektroniczne oparte są na różnych metodach pomiarowych, np. kompensacyjnej, napięciowo-czasowej, całkującej, czy częstotliwościowej.

W większości rozwiązań systemów pomiarowo-kontrolnych rolę przetwornika a/c może spełniać uniwersalny woltomierz cyfrowy. Ze względu na odporność na zakłócenia stosuje się woltomierze całkujące (np. w metodzie "podwójnego całkowania" dopuszczalna wartość zakłóceń może nawet przekraczać wartość napięcia mierzonego). Przegląd przetworników a/c wraz z oceną ich parametrów użytkowych dokonany został w pracy [4].

3. Testery

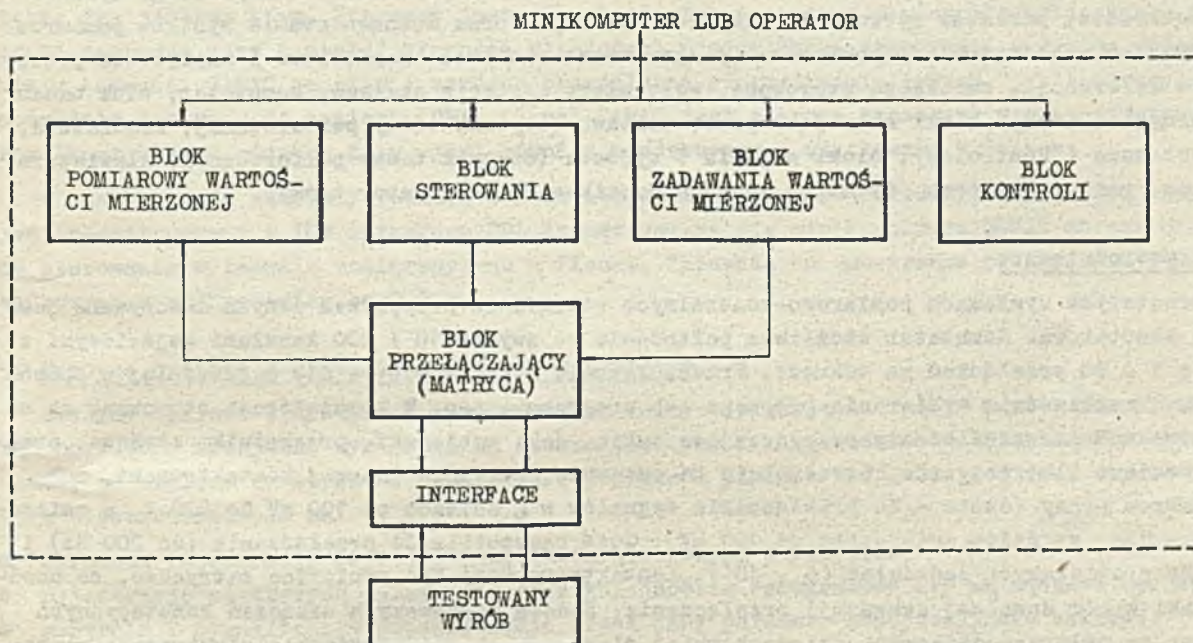
Wyjątkowo przydatną dla OSKA grupą urządzeń pomiarowo-kontrolnych są testery, czyli zestawy do generowania sygnałów sprawdzających badany układ, do odbierania odpowiedzi układu na te sygnały oraz porównywania odpowiedzi z zadanymi wzorcami. Sekwencja sygnałów wyjściowych może być w testerze przeprogramowywana dynamicznie, w zależności od odpowiedzi. Tester może współpracować z minikomputerem dostarczając mu aktualnych wyników kontroli i odbierając polecenia na temat modyfikacji sygnałów testowych. W ten sposób badane być mogą nawet bardzo złożone struktury cyfrowe z pełną diagnostyką uszkodzonych elementów lub ich fragmentów.

W porównaniu z tradycyjnymi urządzeniami kontrolno-pomiarowymi testery pozwalają na znaczne zmniejszenie czasu badania wyrobów i zwiększanie dokładności tego badania. Umożliwiają jednoczesny pomiar kilku parametrów, co ułatwia globalną ocenę stanu wyrobu. Dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu, dysponują dużą różnorodnością sygnałów testujących i są użyteczne w szerokim zakresie zastosowań. Są to jednak urządzenia kosztowne i wymagające stworzenia odrębnego oprogramowania (języki specyfikacji testów i programy do automatycznego generowania testów). Jak podano w pracy [5] koszt testowania układu scalonego wynosi 10-20 zł.

Testowanie nabiera szczególnego znaczenia przy masowej produkcji złożonych wyrobów (np. pakietów do urządzeń cyfrowych w przemyśle elektronicznym), zwłaszcza na etapach kontroli wstępnej i międzyoperacyjnej, gdzie nie można sobie pozwolić na kontrolę statyczną i trzeba badać 100% elementów. Pod względem rodzaju testów testery możemy podzielić na:

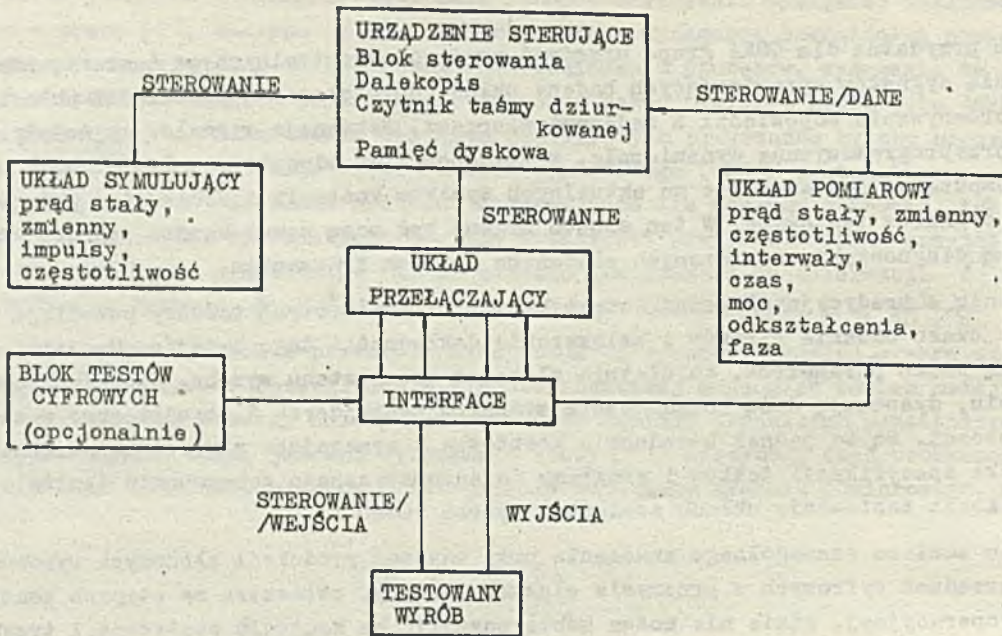
- parametryczne - przeznaczone do pomiarów wartości określonych wielkości fizycznych (np. napięcia, natężenia, częstotliwości, rezystancji),
- funkcjonalne - przeznaczone do sprawdzania poprawnej pracy wyrobu i ewentualnego określenia uszkodzonego elementu.

Typowy schemat blokowy testera przedstawiony jest na rys. 1.



Rys. 1

Produkcją testerów zajmują się znane firmy komputerowe (IBM, ICL) oraz wyspecjalizowane w wytwarzaniu sprzętu pomiarowo-kontrolnego (Hewlett-Packard, Rohde und Schwarz, Membrain, Sygnetics). Ostatnim opracowaniem firmy Hewlett-Packard są np. automatyczne systemy testujące serii 9500 [6]. o przeznaczeniu ogólnym, których schemat blokowy przedstawia rys. 2.



Rys. 2

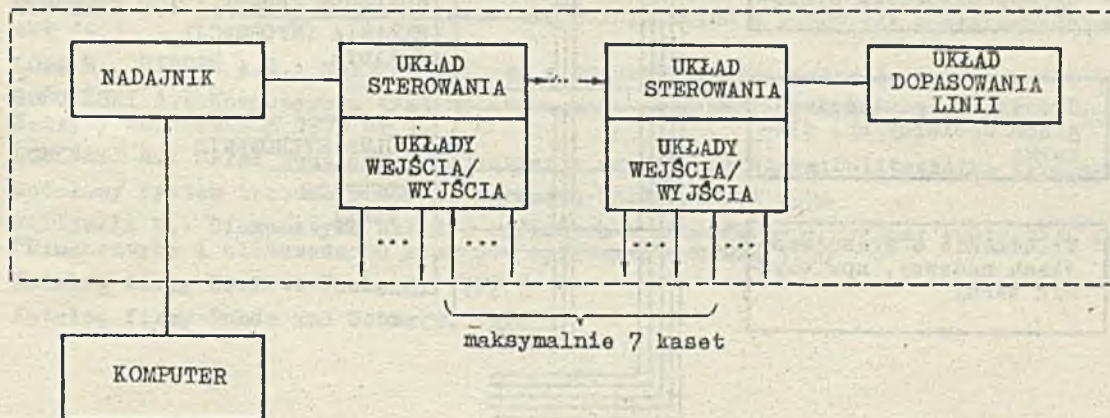
Przykładem polskiego rozwiązania w tej dziedzinie jest modułowy system testujący MST-1 produkowany przez ZMIUT Unitra-Unima, który umożliwia automatyczny pomiar i klasyfikację wyrobów (np. mikroukładów, pakietów cyfrowych, zespołów RTV itp.) oraz dokumentowanie wyników pomiarów. W skład systemu wchodzi: bloki pomiarowe (programowane zasilacze napięciowe i napięciowo-prądowe, źródła referencji, zasilacze sterowane, woltmierz napięcia stałego, komutator, blok badań funkcjonalnych i inne), bloki sterujące pracą zestawu (czytnik taśmy perforowanej, klawiatura, pamięć systemowa i kontroler), bloki wejścia i wyjścia (czytnik taśmy perforowanej, klawiatura uniwersalna, pamięć kasetowa, drukarka znakowo-mozaikowa i perforator taśmy).

4. Układy pośredniczące

W najprostszych systemach pomiarowo-kontrolnych sterowanie przepływem danych dokonywane jest za pomocą komutatora. Komutator umożliwia połączenie ze zwykle $10 \div 100$ kanałami wejściowymi z szybkością $1 \div 20$ przełączeń na sekundę. Przeszukiwanie kanałów odbywa się najczęściej w sposób cykliczny, z możliwością wybierania ręcznego lub programowanego. W komutatorach stosowane są na ogół elektromechaniczne elementy przełączające takie, jak: wybieraki, przekaźniki stykowe, przekaźniki rtęciowe i hermetyczne. Szczególnie te ostatnie, nazywane inaczej kontaktronami, mają szeroki zakres pracy (suche - do przełączania sygnałów w granicach od 100 mV do 220 V, a zwilżone rtęcią - dla sygnałów mniejszych od 100 mV), dużą częstotliwość przełączania (do 200 Hz) i dużą liczbę prawidłowych zadziałań ($5 \cdot 10^7$). Kontaktrony mogą być wybierane matrycowo, co umożliwia szybki wybór dowolnej sekwencji przełączania. Budowa najnowszych urządzeń komutacyjnych oparta jest na półprzewodnikowych układach mniej niezawodnych niż urządzenia elektromechaniczne.

W bardziej złożonych systemach pomiarowo-kontrolnych konieczne jest stworzenie specjalnego układu pośredniczącego w wymianie danych między komputerem, a współpracującymi z nim urządzeniami wejściowymi i wyjściowymi. Układ taki obejmuje oprogramowanie i sprzęt zapewniający transmisję danych (łącznie z organizacją przerw i priorytetów) oraz umożliwia: dopasowanie poziomów sygnałów, separację obwodów elektrycznych komputera i filtrację zakłóceń. Wymagania te są na ogół spełniane przez standardowe interfejsy dostarczane przez producentów maszyn cyfrowych. Wyszukiwanie dodatkowych zadań dotyczących układów pośredniczących pociąga za sobą konieczność konstruowania własnego interfejsu. W wielu przypadkach jest to rozwiązanie bardziej funkcjonalne i tańsze od urządzeń standardowych.

Osobną grupę urządzeń pośredniczących stanowią kanały uniwersalne zapewniające połączenie dowolnych urządzeń z dowolnym komputerem. Spośród wielu tego typu rozwiązań (np. kanały: NAL, SIAL, SLAC, CERN, KENT, LAMPF) na szczególną uwagę zasługuje system o znormalizowanych magistralach, określonych sprzętowych blokach sterujących i określonym języku opisującym operacje na magistrali - nazwanym CAMAC (Computer Aided Measurements and Control). Jego schemat blokowy przedstawiony jest na rys. 3.



Rys. 3

Elementem podstawowym kanału CAMAC jest 19-calowa kaseca autonomiczna-stacja konwersacyjna między komputerem a procesem. W każdej kasecie znajduje się zestaw rejestrów wejścia/wyjścia oraz układ sterowania umożliwiający połączenie z 23 urządzeniami zewnętrznymi. Kanał obejmuje także dwa zestawy szyn. Pierwszy jest równoległą lub szeregową magistralą przesyłania danych, drugi zestawem szyn o stałej długości włączonych między układ sterowania a układy wejścia/wyjścia w kasecie. CAMAC umożliwia zarówno przesyłanie programowania danych, jak i przesyłanie z bezpośrednim dostępem do pamięci (DMA). Kanał CAMAC jest szeroko stosowany w wielu systemach pomiarowo-kontrolnych różnych firm, jest również produkowany i użytkowany w Polsce.

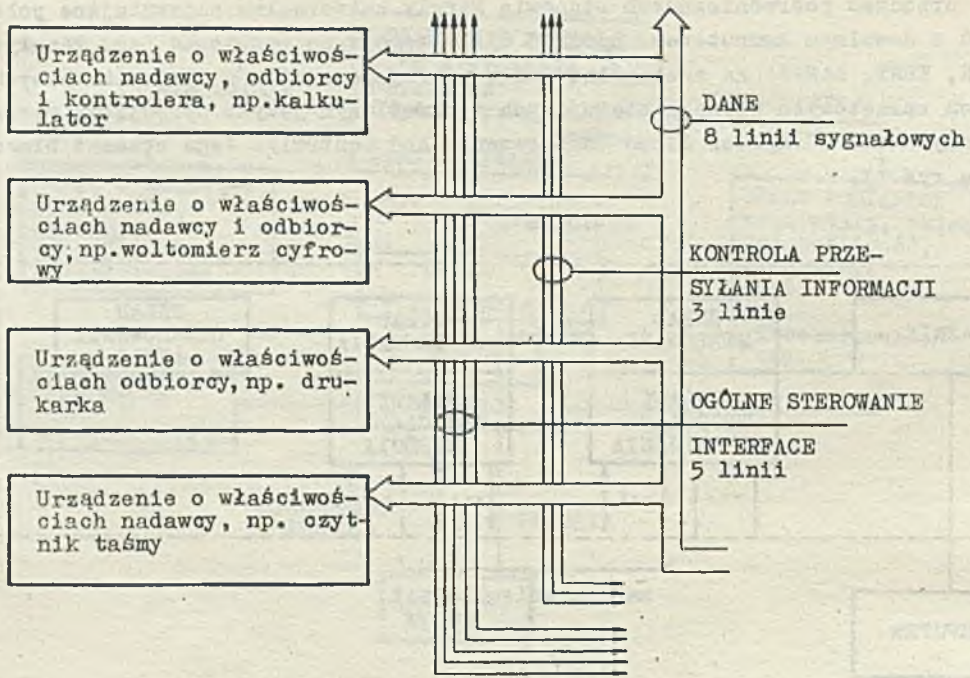
W naszym kraju powstały również własne rozwiązania kanałów pośredniczących. Ich przykładem jest skonstruowany w IMM interface DDL skonstruowany dla minikomputera MOMIK 8b zastosowanego do sterowania wytwórnią polipropylenu w Płocku. Zapewnia on obustronne przesyłanie 300 sygnałów cyfrowych z próbkowaniem co 0,2 s.

5. Maszyna cyfrowa w systemie pomiarowo-kontrolnym

Maszyny cyfrowe w systemach pomiarowo-kontrolnych pracują na ogół w czasie rzeczywistym, mając narzucone specjalne wymagania na system przerw i niezawodność działania. W większości systemów, ze względu na szybkość działania i pojemność pamięci wystarczające jest użycie minikomputera odpowiedzialnego za:

- okresową rejestrację (wydruk) wszystkich mierzonych parametrów,
- rejestrację niektórych parametrów poza kolejnością (programowo lub na żądanie operatora),
- kontrolę i sygnalizację przekroczenia przez dany parametr dopuszczalnego zakresu,
- sygnalizację możliwości występowania stanu awaryjnego,
- wyliczanie na bieżąco operacyjnych wskaźników syntetycznych.

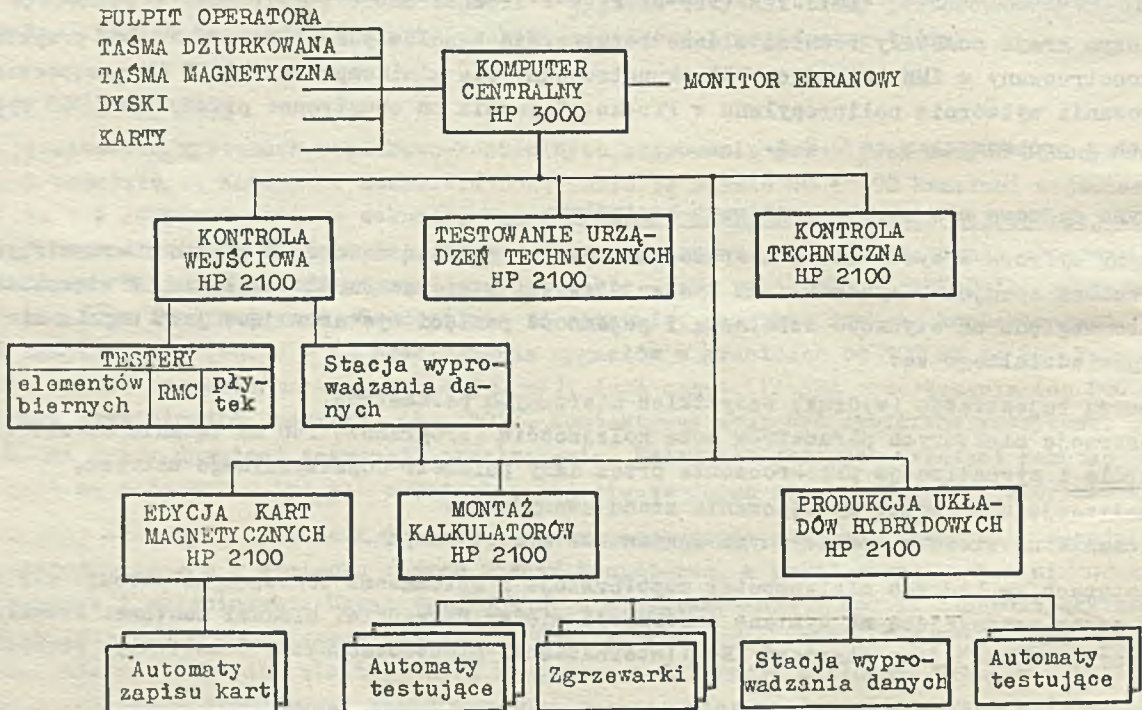
W systemach, w których minikomputer współpracuje z automatami testującymi stosuje się zwykle wspólną szynę pozwalającą na wymianę informacji między wszystkimi blokami zestawu. Przykład takiej szyny zalecanej jako standard IEC (International Electrotechnical Committee) przedstawia rys. 4.



Rys. 4

Taki sposób organizacji przepływu danych zastosowany został m.in. w systemach pomiarowo-kontrolnych produkowanych przez firmę Rohde und Schwarz [8]. System ATS-D (Automatisches Test System) tej firmy wykorzystuje minikomputer PDP-11 i służy do wykonywania testów funkcjonalnych wyrobów elektronicznych z prędkością 1000 testów/s. Ma on własny system operacyjny i jest programowany w języku SESAM II.

Identyczną szynę przesyłania danych stosuje w swym szynach w minikomputerowych systemach pomiarowo-kontrolnych serii 9600 i 9700 firma Hewlett-Packard [6]. Schemat blokowy systemu HP 9700 - rys. 5.



Rys. 5

System ten jest oparty na małej maszynie cyfrowej HP3000 i sześciu podsystemach minikomputerowych obsługiwanych przez maszyny HP2100.

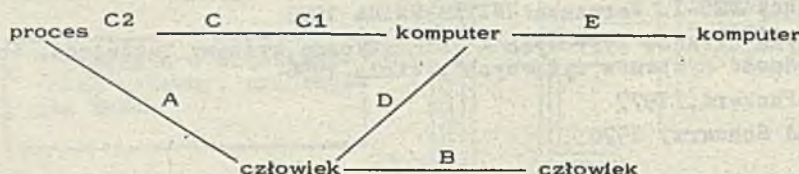
Z polskich rozwiązań tego typu wymierić należy system modułowy automatyki (SMA) produkowany we Wrocławiu, umożliwiający spełnienie zadań centralnej rejestracji danych przy użyciu komputera ODRA 1325.

Literatura

- [1] TYMOWSKI J.: Automatykacja procesów technologicznych w przemyśle maszynowym. Warszawa: WNT 1975
- [2] LOWE E., HIDDEN A.E.: Maszyny cyfrowe w automatyce przemysłowej. Warszawa: WNT 1975
- [3] GOŚCIŃSKI A.: Komputerowe systemy sterowania złożonymi dyskretnymi procesami produkcyjnymi. Zeszyty naukowe AGH 1975 nr 14
- [4] HOŁYŃSKI M.: Układ centralnej rejestracji danych. Warszawa: Politechnika Warszawska 1970
- [5] Modułowy system testujący MST-I. Warszawa: UNITRA-UNIMA 1976
- [6] NAPIERAŁA W.: Diagnostyka układów cyfrowych - automatyczne systemy testujące. Konferencja "Diagnostyka i niezawodność systemów cyfrowych". Wisła 1976
- [7] Katalog firmy Hewlett-Packard, 1977
- [8] Katalog firmy Rohde und Schwarz, 1976

URZĄDZENIA STERUJĄCE I INFORMACYJNE
OBIEKTOWYCH SYSTEMÓW KOMPUTEROWEJ AUTOMATYZACJI

Klasyfikację sprzętu można przeprowadzić na podstawie schematu (rys. 1), który prezentuje występujące w OSKA/PM przepływy sygnałów.



Rys. 1. Podział komunikacji

Takie ujęcie pozwala na podział sprzętu w zależności od specyfiki komunikacji między poszczególnymi elementami i poziomami. Omówione zostaną urządzenia do komunikacji: proces-komputer, człowiek-proces, człowiek-komputer oraz człowiek-człowiek.

A. Komunikacja człowiek-proces

Powszechnie stosowanym urządzeniem do komunikacji między człowiekiem i procesem jest pulpit operatora procesu. Umożliwia on operatorowi śledzenie całości procesu (co jest szczególnie istotne w sytuacjach awaryjnych), wykonywanie określonych pomiarów, ingerowanie w proces sterowania poprzez przejście na całkowite lub częściowe sterowanie ręczne. Do komunikacji z człowiekiem służą sygnały wizualne i akustyczne, zarówno analogowe jak i cyfrowe.

Urządzenia przekazujące informacje człowiekowi można podzielić na rejestratory, mierniki i sygnalizatory. Rejestratory utrwalają dane o procesie, mierniki informują o jego aktualnym stanie, a sygnalizatory mają główne zadanie kontrolne i ostrzegawcze.

B. Komunikacja człowiek-człowiek

Nieodzownym składnikiem OSKA/PM jest również komunikacja na odcinku człowiek-człowiek, do jej realizacji może służyć sprzęt stosowany w innych strukturach organizacyjnych.

C. Komunikacja proces-komputer

C1. Sprzężenie od strony komputera

Komunikacja pomiędzy procesem i komputerem nabiera istotnego znaczenia w OSKA/PM i nie powinna być omawiana w oderwaniu od sprzętu, który jest dostępny lub będzie dostępny w najbliższej przyszłości na rynku krajowym.

W pracach projektowych nad OSKA/PM możliwe jest wykorzystanie następującego sprzętu komputerowego:

- a) systemu MERA 300,
- b) systemu MERA 400,
- c) minikomputerów Jednolitego Systemu (SM-1, SM-3),
- d) systemu NUCON 400,
- e) komputerów z typoszeregu RIAD I,
- f) komputerów z typoszeregu RIAD II,
- g) komputerów z serii ODRA 1300.

Z reguły urządzenia sterujące procesem dołączone są do tzw. kanału automatyki komputera. Ze wszystkich kanałów ww komputerów omówione będą zatem tylko kanały automatyki poszczególnych komputerów, które oprócz normalnych funkcji interfejsu mogą spełniać znacznie szersze zadania w OSKA/PM.

a. System MERA 300

Do chwili obecnej nie wdrożono kanału automatyki ani też zestawu automatyki, który umożliwiłby sprzęgnięcie procesu z minikomputerem MOMIK 8b (wchodzącym w skład systemu MERA 300). W kraju opracowano zaledwie kilka systemów minikomputerowych do sterowania procesem opartych na tym minikomputerze. Każdy z opracowanych systemów składa się z unikalnych urządzeń do sprzęgnięcia minikomputera z procesem, przeważnie w kanale znakowym (programowanym). Opracowane urządzenia do sprzęgnięcia nie są uniwersalne, a więc nie można ich bezpośrednio wykorzystać w pracach projektowych nad OSKA/PM.

W kraju opracowano zestaw urządzeń sprzęgających dowolny komputer cyfrowy ze sterowanym lub kontrolowanym obiektem. Zestaw tych urządzeń zwany podsystemem INTELDIGIT PI wchodzi w skład Krajowego Systemu Automatyki i Pomiarów POLMATIK. Warunkiem wykorzystania sprzętu PI jest wyspecjalizowane oprogramowanie systemowe i użytkowe.

Zaprojektowano oprogramowanie systemowe, które dotyczy implementacji na minikomputer MOMIK 8b wchodzący w skład zestawu MERA 300 + pamięć dyskowa MERA 9425 + odczytacz taśmy dziurkowanej CT-1001 + dziurkarka taśmy DT-105 + drukarka mozaikowa DZM-180 z klawiaturą. Dopuszcza się używanie pamięci kasetowej PK-1. Minikomputer jest zaopatrzony w blok przerwań zewnętrznych w wykonaniu standardowym.

W skład zaprojektowanego oprogramowania systemowego wchodzi:

- a) dyrygent SV, o) programy testujące TPI,
- b) system operacyjny PSOT, d) programy pomocnicze.

Ad a)

Dyrygent SV jest programem nadrzędnym, który zapewnia nadzór nad wszystkimi programami, w tym również nad systemem operacyjnym.

Ad b)

System operacyjny PSOT przeznaczony jest do zarządzania programami realizującymi zadania na zestawie PI z minikomputerem.

Ad c)

Programy testujące TPI służą do sprawdzania poprawności pracy zestawu urządzeń PI (w tym nie tylko całej szafy, a także każdego pakietu). Służą one ponadto do uruchamiania zestawu jak i wykrywania uszkodzeń.

Obecnie omówiony będzie zestaw PI urządzeń zwany INTELDIGIT PI, który umożliwia przyłączenie urządzeń obiektowych do kanału arytmometru KAR w minikomputerach serii MERA-300. Zestaw urządzeń PI mieści się w szafie, która może pomieścić do 256 adresowanych pakietów, tj. do 16 kaset grupujących do 16 pakietów każda. W podsystemie INTELDIGIT PI przewidziano następujące pakiety:

- 1) pakiety 8-wejściowe dla sygnałów cyfrowych statycznie przerywających,
- 2) pakiet 12-wejściowy dla sygnałów cyfrowych statycznych,
- 3) pakiet obsługujący 8 nadajników informacji cyfrowej,
- 4) pakiet odbiornika szeregowego,
- 5) pakiet przetworników analogowo-cyfrowych,
- 6) pakiety komutatorów stykowych,
- 7) pakiet 16-wyjściowy dla sygnałów dwustanowych,
- 8) pakiet silników skokowych,
- 9) pakiety 8-wyjściowe dla sygnałów dwustanowych,
- 10) pakiet sterujący jarzeniowym wskaźnikiem cyfrowym,
- 11) pakiet nadajnika szeregowego,
- 12) pakiet zegara,
- 13) pakiet wejściowy dla sygnałów impulsowych,
- 14) blok sprzęgający,
- 15) pulpit operatora procesu technologicznego.

Opracowano w PIAP [1] wyspecjalizowane oprogramowanie systemowe i użytkowe do obsługi podsystemu INTEL DIGIT PI dla systemu minikomputerowego MERA 300, obsługując maksymalnie 8 kaset mogących zgłosić przerwanie, z racji zainstalowania w nich pakietów z przerwaniem.

Oprogramowanie systemowe zestawu MERA 305 PI jest wykorzystywane w bieżących pracach badawczych MERA-PIAP i u niektórych użytkowników sprzętu INTEL DIGIT PI.

Pod kontrolą SV i PSOT pracują zautomatyzowane stanowiska pomiarowe w jednym z laboratoriów badawczych, układ centralnej rejestracji danych na obiekcie energetycznym oraz układy pomiarowe w halach maszyn technologicznych.

System minikomputerowy MERA 300 może współpracować z systemem CAMAC. W Instytucie Radioelektroniki Politechniki Warszawskiej opracowano zestaw urządzeń umożliwiający sprzężenie systemu CAMAC z kanałem arytmometru minikomputera MOMIK-8b. Opracowany zestaw jest wykorzystywany do celów badawczych oraz dydaktycznych. Z przytoczonych tu przykładów zastosowań oprogramowania systemowego MERA 305 PI, podsystemu INTEL DIGIT PI i innych wynika, że nie rozpoczęto jeszcze seryjnej produkcji systemów minikomputerowych MERA 300 do sterowania procesami, co w sposób zasadniczy hamuje postęp prac nad automatyzacją procesów nie tylko w przemyśle maszynowym.

b. System MERA 400

System MERA 400 jest wyposażony w blok sprzężenia PI-MERA 400, który jest adapterem łączącym magistralę systemu INTEL DIGIT z interfejsem minikomputera.

Blok sprzężenia stanowi wraz z innymi blokami PI tzw. kanał automatyki PI minikomputera.

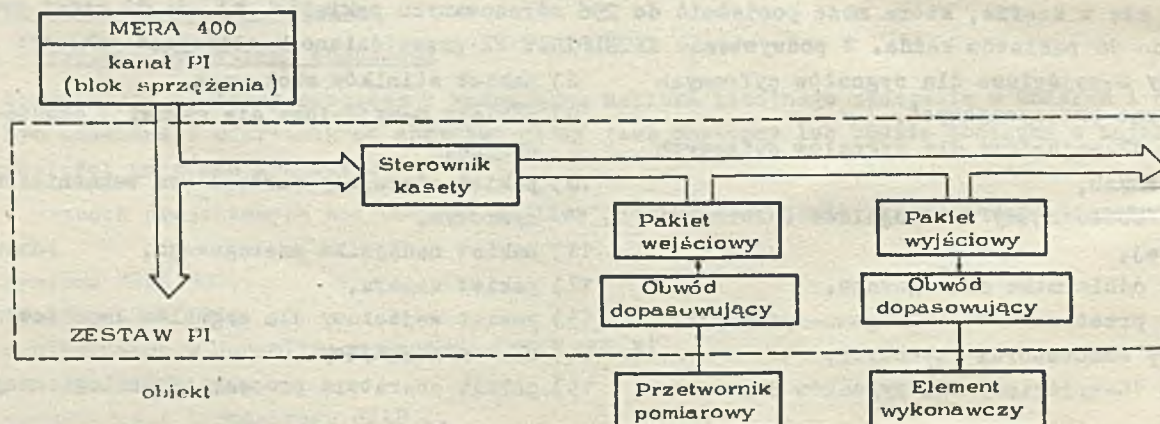
Minikomputer MERA 400, wraz z kanałem automatyki PI, przeznaczony jest do tworzenia systemów centralnej rejestracji i sterowania pracujących w czasie rzeczywistym w układach otwartych i zamkniętych.

System MERA 400 wyposażono ponadto w zestaw PI, który umożliwia sprzężenie minikomputera z jednej strony przez kanał PI, a z drugiej strony za pomocą przetworników pomiarowych i elementów wykonawczych ze sterowanym obiektem. Zestaw PI jest to zespół urządzeń, który umożliwia automatyzację obiektów różnych wielkości, od pojedynczych stanowisk aż do dużych zakładów, budowę rejestracji i sterowania z zastosowaniem minikomputerów.

Do preferowanych zastosowań urządzeń PI należą:

- obsługa produkcyjnych stanowisk kontrolnych i sortujących,
- sterowanie procesem w systemie doradczym i sortującym,
- centralna rejestracja i przetwarzanie danych,
- sterowanie cyfrowe maszyn i agregatów produkcyjnych,
- automatyczne sterowanie składowaniem i magazynowaniem.

Poszczególne bloki zestawu PI oraz sposób ich połączenia z kanałem automatyki MERA 400 oraz ze sterowanym obiektem pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Sposób połączenia zestawu PI z kanałem PI-MERA 400 oraz z obiektem sterowania

We Wrocławiu opracowano zespół urządzeń, który umożliwił sprzęgnięcie minikomputera MERA 400 z systemem modułów automatyki - SMA, co stwarza duże możliwości w zastosowaniach zarówno tego minikomputera jak i maszyn cyfrowych z serii ODRA 1300 do automatyzacji wielu procesów, i to nie tylko w przemyśle maszynowym.

c. Minikomputery Jednolitego Systemu (SM-1, SM-3)

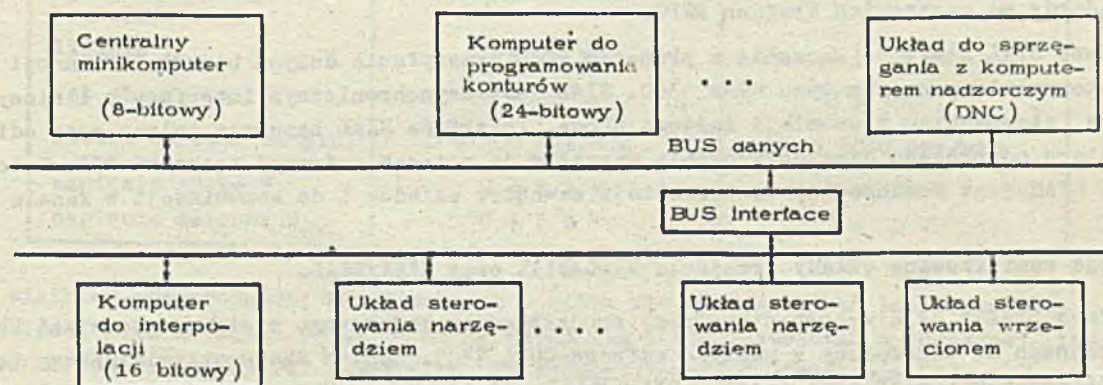
Niewiele jeszcze wiadomo o tych systemach. Na wystawie osiągnięć techniki radzieckiej w Warszawie (1977 r.) prezentowano minikomputer SM-1 (będący odpowiednikiem HP-2000) i minikomputer SM-3 (będący odpowiednikiem minikomputera PDP-11). Systemy te mają takie rozwiązania architektury, które preferują je do sterowania procesami, ze względu na rozbudowane kanały automatyki i oprzyrządowanie do sprzęgnięcia ze sterowanym obiektem.

d. System NUCON 400

Z przewidzianych dla OSKA/PM systemów minikomputerowych w systemie NUCON 400 rozwiązano zagadnienie sprzętowego sprzęgnięcia ze sterowanym obiektem, minikomputerów wchodzących w skład systemu.

System NUCON 400 steruje bezpośrednio pracą obrabiarki, a ponadto umożliwia dołączenie systemu do nadrzędnego systemu DNC (Direct Numerical Control). Jest to system CNC.

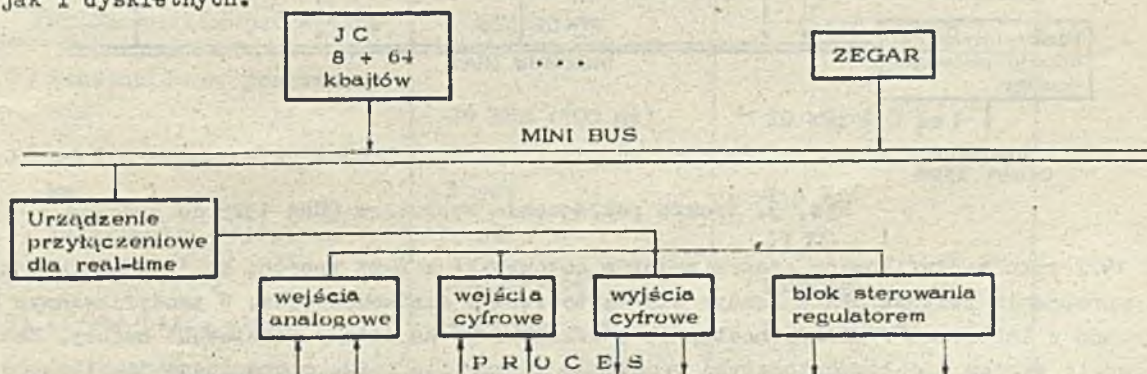
Sposób podłączenia systemu NUCON 400 do procesu oraz systemu nadrzędnego pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Sposób podłączenia systemu NUCON 400 do procesu i systemu nadrzędnego DNC

e. Komputery z typoszeregu RIAD-I

Z całego typoszeregu RIAD-I omówiony będzie tylko minikomputer R-10, ze względu na to, że jest on przystosowany do sterowania procesami. Jest on wyposażony w urządzenie pośredniczące zwane "urządzeniem przełączeniowym dla real time", które umożliwia dołączenie bloków takich, jak wejść analogowych, wejść cyfrowych, wyjść cyfrowych oraz bloków do sterowania regulatorami. W związku z tym minikomputer R-10 jest dostosowywany do przyłączenia dużej liczby cyfrowych urządzeń wejścia i wyjścia, konwerterów analogowo-cyfrowych i urządzeń sterowania regulatorami. Sposób podłączenia minikomputera do procesu pokazano na rys. 4. Minikomputer R-10 jest wyposażony ponadto w pakiet programów zwanych PROCESS, które mogą być stosowane zarówno dla procesów ciągłych jak i dyskretnych.



Rys. 4. Sposób podłączenia minikomputera R-10 do procesu

Za pomocą urządzeń takich, jak zegar dołączony do szyny MINI BUS oraz układów wejść analogowych i cyfrowych, a ponadto układów wyjść cyfrowych i układów sterowania regulatorami oraz pakietu programów PROCESS możliwe jest zbieranie:

- sygnałów cyfrowych z wejść logicznych,
- sygnałów analogowych z konwerterów a/c,
- sygnałów impulsowych,
- sygnałów przerwań.

Zabrane dane z procesu mogą być podane:

- linearyzacji,
- filtrowaniu cyfrowemu,
- sprawdzaniu z danymi źródłowymi,

a następnie mogą służyć do sterowania procesem za pośrednictwem wysyłanych przez komputer sygnałów do urządzeń i instrukcji dla operatora.

f. Komputery z typoszeregu RIAD II

Ze względu na ich obecną nieosiągalność na rynku krajowym oraz ze względu na prowadzone w dalszym ciągu prace projektowe nad tym systemem nie będą omówione urządzenia do sprzęgnięcia tych komputerów ze sterowanym obiektem.

g. Komputery z serii ODRA 1300

Dla maszyn cyfrowych z serii ODRA 1300 opracowano interfejs SIAL i SIAK w NRD. Przyjęto je jako standardy we wszystkich krajach RWPG.

Interfejs SIAL służy do łączenia z procesem i do przesyłania dużych bloków informacji dla maszyn do sterowania procesem typu ODRA 1300. SIAL jest asynchronicznym interfejsem linowym, z programowanym sterowaniem transmisji każdego słowa. Interfejs SIAL zapewnia galwaniczne odizolowanie komputera od procesu oraz dopasowanie sygnałów do potrzeb cyfrowej techniki TTL. Natomiast interfejs SIAK jest dostosowany do transmisji wewnątrz układów i do komunikacji w kanale znakowym.

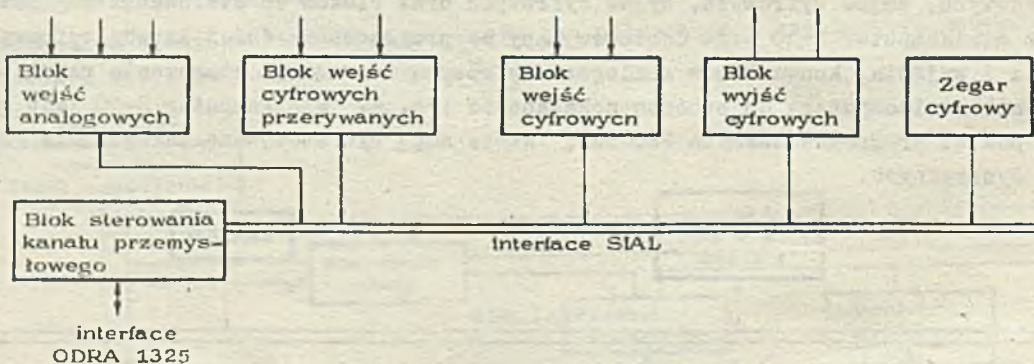
Istnieją zunifikowane układy przejścia SIAL/SIAK oraz SIAK/SIAL.

Interfejs SIAL i SIAK wykorzystano przy projektowaniu modułowego systemu automatyki SMA, przystosowanego do współpracy z maszyną cyfrową ODRA 1325. Zestaw SMA umożliwia sprzęgnięcie obiektu sterowanego przez blok wejść analogowych, cyfrowych a następnie interfejs SIAL i blok sterowania kanału przemysłowego z interfejsem ODRA 1325.

Zestaw SMA zawiera:

- blok sterowania kanału przemysłowego,
- 4 układy selektora stykowego po 16 wejść,
- blok wyjść cyfrowych przerywających,
- blok wejść cyfrowych statycznych,
- blok wyjść cyfrowych,
- blok zegara cyfrowego.

Sposób podłączenia komputera ODRA 1325 do procesu pokazano na rys. 5.



Rys. 5. Sposób podłączenia komputera ODRA 1325 do procesu

W 1977 roku zmodyfikowano system modułów automatyki w taki sposób, że istnieje obecnie możliwość sprzęgnięcia zestawu SMA z każdym szesnastobitowym minikomputerem. W zmodyfikowanym SMA zrezygnowano z interfejsu SIAL, a następnie podzielono go na cztery podstawowe moduły. Zmodyfikowany obecnie system modułów automatyki umożliwia sprzęgnięcie każdego dowolnego 16-bitowego minikomputera z procesem ze względu na to, że zestaw ten jest przystosowany do przyłączania wielu różnorodnych urządzeń wejścia i wyjścia, bloków sterowania regulatorami oraz konwerterów analogowo-cyfrowych.

C2. Sprzężenie od strony procesu

W procesach projektowych nad OSKA/PM szczególną uwagę należy zwrócić na oprzyrządowanie od strony automatyzowanego procesu. Oprzyrządowanie procesu powinno obejmować zarówno pomiary jak i regulację. Stosunkowo duże nakłady na oprzyrządowanie procesu związane są z wieloma różnego rodzaju elementami automatyki, niezbędnymi do całkowitej automatyzacji wybranego procesu. Elementy automatyki, które należy uwzględnić w pracach projektowych nad OSKA/PM:

- 1) czujniki i przetworniki,
- 2) regulatory,
- 3) elementy wykonawcze,
- 4) elementy nastawcze.

Spotykane najczęściej rodzaje sygnałów wyjściowych z czujników wraz z zakresami ich zmian podano w tabeli I.

Tabela I.

Zakresy zmian, sygnałów wyjściowych czujników

sygnał	sygnał zmian	
	najniższy	najwyższy
przesunięcie liniowe l	$0 \pm 10 \mu\text{m}$	$0 \pm 10 \text{ cm}$
kąt obrotu	$0 \div 10^\circ$	$0 \div 350^\circ$
liczba obrotów na min.	$0 \div 100 \text{ obr/min}$	$0 \div 3000 \text{ obr/min}$
napięcie stałe U	$0 \div 2 \text{ m V}$	$0 \div 100 \text{ V}$
napięcie zmienne U_{sk}	$0 \div 2 \text{ m V}$	$0 \div 10 \text{ V}$

Wobec wielkiej różnorodności konstrukcji czujników nie sposób opisać ich wszystkich i nie byłoby to celowe, gdyż istnieją obszernie opisy czujników i ich zastosowań w dostępnej literaturze jak np. w Poradniku inżyniera automatyka, pod redakcją prof. W. Findeisena [2].

Należy jednak zwrócić szczególną uwagę na te czujniki, które mogą mieć zastosowanie w pracach projektowych nad OSKA/PM. Szczególnie przydatne mogą się okazać czujniki do pomiaru a) wielkości mechanicznych, b) wielkości cieplnych.

Spośród wielu przetworników, które mogą być brane pod uwagę w pracach projektowych nad OSKA/PM należy wybierać przetworniki: a) analogowo-cyfrowe, b) cyfrowo-analogowe.

Do tej pory krajowy przemysł nie podjął produkcji przetworników a/c, co wpłynęło i w dalszym ciągu wpływa hamująco na rozwój automatyzacji. Nie znaczy to wcale, że nie ma udanych opracowań takich przetworników. W Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów [3] opracowano dwa rodzaje przetworników a/c, które mogą współpracować z tzw. systemem modułów automatyzacji SMA [3].

Tabela II.

Przetworniki kompensacyjne	SMA AC-02	CAMAC NE7028
1) częstotliwość przetwarzania	10 kHz (100 μs)	20 kHz (50 μs)
2) zakres napięcia wejściowego	$\pm 10\text{V}$	+ 5 V
3) rezystancja wejściowa	1 M Ω	10 K Ω
4) kod wyjściowy	BCD 8-4-2-1	binarny
5) liczba bitów słowa	3 dekady + 1 bit	8 + 1 bit znaku
6) dokładność przetwarzania	$\pm 0,1 \%$ zakresu	1 : 256

Powstaje zasadnicze pytanie jakie przetworniki należy stosować w OSKA/PM. Odpowiedź jest następująca: zarówno szybkie jak i powolne.

Potrzeba stosowania obydwu rodzajów przetworników wynika z niemożności spełnienia jednocześnie dwu wymagań a mianowicie, szybkości i dokładności przetwarzania w obecności zakłóceń.

Jeden z najistotniejszych parametrów przetwornika a mianowicie: zdolność rozdzielczą, która decyduje o jego dokładności, musi być dopasowana do poziomu zakłóceń nakładających się na sygnał mierzony. Zjawisko to szczególnie ostro występuje w warunkach przemysłowych.

Istnieje wiele metod zwalczania zakłóceń. Jednakże ich stosowanie w przetwornikach a/c zmniejsza szybkość ich przetwarzania. W tej sytuacji logicznie uzasadnione staje się stosowanie w projektowanych systemach dwu przetworników, z których jeden spełnia warunek większej szybkości (przy ograniczonej dokładności) drugi zaś, przy dużej zdolności rozdzielczej charakteryzuje się mniejszą szybkością przetwarzania. Funkcję „szybszego” przetwornika w systemach przemysłowych pełni obecnie najczęściej przetwornik z kompensacją wagową. Natomiast funkcję „dokładnego” przetwornika pełni z reguły coraz częściej przetworniki z podwójnym całkowaniem. Jako przykład będą podane parametry obydwu rodzajów przetworników w systemach SMA oraz odpowiadające im parametry z systemu CAMAC.

Tabela III

Przetworniki integracyjne	SMA	CAMAC
	ACI - SMA	ACI - 120/CAMAC - 700
1. dokładność przetwarzania	$\pm 0,05\%$ zakresu	$\pm 0,025\% \pm 1$ bit
2. zakres napięcia wejściowego	± 10 V	± 5 V
3. rezystancja wejściowa	10 M Ω	100 M Ω
4. kod wyjściowy	BCD 8-4-2-1	uzupełnien do dwóch
5. liczba bitów słowa	4 dekady + 1 bit	12 + 1 bit
6. częstotliwość przetwarzania	25 Hz	25 Hz

Czujniki i przetworniki tworzą razem element pomiarowy, który umożliwia oddziaływanie na proces za pomocą regulatorów, elementów wykonawczych i elementów nastawczych. Do tej pory bardzo rozpowszechnione były elementy automatyki wykorzystywane do regulowania pojedynczych parametrów. Zastosowanie takich elementów powoduje nie tylko duże koszty zakupu, montażu i eksploatacji samych regulatorów, lecz także duże koszty konstrukcji tablic i pomieszczeń do ich ustawienia. Aby poprawić niezawodność automatyzowanego procesu powinien być przewidziany duży zapas rezerwowych regulatorów.

W celu obniżenia kosztów elementów automatyki i znacznego poprawienia niezawodności projektowanych systemów w OSKA/PM, proponuje się zastosowanie regulatorów wielokanałowych. W regulatorach wielokanałowych wykorzystuje się wielokrotnie człony funkcjonalne, co umożliwia znaczne zmniejszenie kosztów przypadających na regulację jednego parametru.

Szczególnie istotną zaletą regulatorów wielokanałowych jest ich duża niezawodność w porównaniu do regulatorów indywidualnych. Regulator wielokanałowy zawiera znacznie mniej elementów niż zespół regulatorów indywidualnych, a wykonuje to samo zadanie.

Stosowanie regulatorów wielokanałowych zmniejsza w sposób istotny czas ich naprawy, gdyż uszkodzenie jednego z regulatorów wielokanałowych powoduje tylko konieczność przyłączenia obwodów. Przy odpowiedniej konstrukcji regulatora wielokanałowego, czas przyłączenia może być tak krótki, że nie zostanie zakłócony bieg sterowanego procesu. Stąd wniosek, że stosowanie regulatorów wielokanałowych w OSKA/PM umożliwia zmniejszenie średnich strat ekonomicznych i w sposób istotny poprawia niezawodność systemu.

Istnieje wiele udanych konstrukcji regulatorów wielokanałowych, które mogą być z powodzeniem stosowane w OSKA/PM. Istotną zaletą produkowanych regulatorów wielokanałowych jest to, że są one wyposażone w człony wykonawcze tj. we wzmacniacze mocy, elementy napędowe i elementy nastawcze.

Tytułem przykładu zostanie zaprezentowany wielokanałowy regulator typu PY8-01 [4]. Jest to aparatowy regulator wielokanałowy, w którym zastosowano sprzężenia zwrotne od położenia każdego mechanizmu wykonawczego. Wprowadzenie sprzężenia zwrotnego umożliwia regulację impulsowo-proporcjonalną.

A oto jego krótka charakterystyka techniczna:

Tabela IV

liczba kanałów regulacji	40
dokładność nastawienia wartości zadanej	$\pm 5\%$
minimalna strefa nieczułości	$\pm 5\%$
zakres współczynnika proporcjonalności	$0,25 \div 50$
sygnał wejściowy prądu stałego	$0 \div 5 \text{ mA}$
sygnał wejściowy napięcia wyprostowanego przy obciążeniu 190Ω	24 V
zakres zmian czasu włączania	$2 \pm 10 \text{ s}$
napięcie i częstotliwość zasilania	220 V, 50 Hz
pobierana moc	30 VA
ciężar	50 KG
wymiary w pł. tablicy	400 x 400 mm
długość	540 mm

Nie należy jednak nie doceniać regulatorów jednokanałowych. W Polsce istnieje wiele firm, które produkują rozmaite regulatory np. MERA-PNEFAL itp. Wiele spośród produkowanych regulatorów będzie można uwzględnić w pracach projektowych nad OSKA/PM [2]. Szczególnie przydatny może się okazać opracowany w Przedsiębiorstwie Automatyki Przemysłowej MERA-PNEFAL system elektroniczny automatyki analogowej EFTRONIK, stanowiący odpowiednik systemu VUTRONIK firmy Honeywell. System EFTRONIK dostosowany jest do współpracy z komputerem. Szczegółowe opisy poszczególnych regulatorów można znaleźć w pracy [2].

Większość regulatorów musi współpracować z członami wykonawczymi, takimi jak: a) wzmacniacze mocy, b) elementy napędowe.

W pracach projektowych nad OSKA/PM proponuje się stosować jako wzmacniacze mocy - wzmacniacze magnetyczne. Szczególnie przydatne są one w układach regulacji automatycznej prędkości obrotowej w napędach elektrycznych oraz w układach regulacji temperatury.

W Polsce są obecnie produkowane seryjnie wzmacniacze magnetyczne do celów regulacji automatycznej prędkości obrotowej silników i temperatury [2].

W skład członów wykonawczych wchodzi ponadto elementy elektromaszynowe. Szczególnie przydatne mogą się okazać w pracach nad OSKA/PM silniki, których duży asortyment jest produkowany u nas w kraju [2]:

- prądu stałego (sterowane w sposób ciągły lub impulsowy),
- prądu zmiennego,
- wzmacniacze elektromaszynowe,
- prądnice tachometryczne prądu stałego,
- selsyny.

Dużą przydatność dla OSKA/PM mogą wykazać silniki liniowe, wytwarzające ruch postępowy, a nie jak dotychczas powszechnie stosowane - ruch obrotowy. Silniki liniowe pozwalają znacznie zmniejszyć koszty budowy elementów wykonawczych, ponieważ unika się budowy kosztownych przekładni zębatych. Ponadto przy ich stosowaniu poprawia się własności dynamiczne.

Atrakcyjne w pracach projektowych nad OSKA/PM mogą się okazać silniki skokowe, które stosuje się przy wykonywaniu szybkich przesunięć kątowych z dużą dokładnością, bez użycia czujnika pomiarowego. Silniki te wygodnie jest stosować wszędzie tam, gdzie dysponujemy sygnałem sterującym w postaci cyfrowej lub impulsowej [2]. Członki wykonawcze współpracują bezpośrednio z elementami nastawczymi, które z kolei związane są bezpośrednio z obiektem regulacji. Element nastawczy wpływa na strumień materiałowo-energetyczny, zgodnie z sygnałem wypracowanym przez regulator. Do elementów nastawczych należą różnego rodzaju zawory, przepustnice itp.

Istotnym zagadnieniem, na które należy zwrócić uwagę, to dobór rodzaju elementu napędowego do danego elementu nastawczego. Należy zwrócić uwagę ponadto na fakt, że nie zawsze silniki elektryczne nadają się do przestawiania elementów nastawczych i może zaistnieć potrzeba zastosowania innego rodzaju silników. Silniki elektryczne nie zawsze mogą być stosowane ze względu na duże prędkości ruchu. W związku z tym może zaistnieć potrzeba stosowania elementów napędowych hydraulicznych lub pneumatycznych do przestawiania elementów nastawczych.

Reasumując należy powiedzieć, że w realizacji obiektowych systemów komputerowej automatyzacji istotną rolę odgrywają elementy automatyki, które służą do pomiaru wybranych wielkości fizycznych oraz sterowania samym procesem. Od umiejętnego wyboru tych elementów zależą przede wszystkim:

- koszty realizacji automatyzacji,
- niezawodność zautomatyzowanej obsługi procesu,
- jakość sterowania procesem.

D. Komunikacja człowiek - komputer oraz urządzenia peryferyjne

Istotnym zagadnieniem w pracach projektowych nad OSKA/PM jest umiejętny dobór urządzeń do komunikacji człowieka z komputerem oraz urządzeń peryferyjnych. Z literatury fachowej oraz z rozmów przeprowadzonych ze specjalistami zagranicznymi od projektowania obiektowych systemów sterowania procesami technologicznymi wynika, że stosowanie dużej liczby urządzeń do komunikacji człowiek-komputer takich jak dziurkarki, drukarki uderzeniowe, elektryczne maszyny do pisania może w pewnych sytuacjach doprowadzić do kryzysu papierowego. W obiektowym systemie komputerowej automatyzacji należy więc stosować urządzenia, które umożliwią bezpośrednie wprowadzenie informacji na nośniki, takie jak taśma magnetyczna itp. Duże pole zastosowań w OSKA/PM będą miały monitory ekranowe wraz z klawiaturą, które także pozwalają zaoszczędzić znaczne ilości papieru. Umiejętnie należy dobierać sprzęt taki, jak dyski magnetyczne. Wszędzie tam, gdzie istnieje możliwość stosowania dysków elastycznych, zamiast tradycyjnych dysków magnetycznych, należy preferować te pierwsze ze względu na ich nieporównywalną cenę z dyskami magnetycznymi. Duży obszar zastosowań w OSKA/PM będą miały graf-plottery. Istnieje paląca potrzeba ich stosowania przy sporządzaniu oprogramowania dla obrabiarek sterowanych numerycznie. Graf-plotterów nie produkuje się u nas w kraju. Dla potrzeb OSKA/PM będą one sprowadzane z importu.

Z wczesniej wymienionych systemów komputerowych i komputerów zostaną omówione niektóre urządzenia do komunikacji człowiek-komputer, urządzenia peryferyjne wchodzące w skład tzw. konfiguracji podstawowych oraz konfiguracji rozszerzonych.

a. System MERA 300

Konfiguracja podstawowa:

- 1) konsola operatora (maszyna do pisania),
- 2) szybki czytnik taśmy dziurkowanej,
- 3) szybka dziurkarka taśmy papierowej,
- 4) minidysk.

Konfiguracja rozszerzona:

- 1) drukarka mozaikowa,
- 2) pamięć taśmowa,
- 3) monitor alfanumeryczny,
- 4) floppy-disc.

I tak np. w systemie MERA-300 istnieje możliwość dołączenia za pośrednictwem odpowiedniego adapteru - interfejsu pamięci na dyskach elastycznych SP45DE (produkcji MERA-KFAP-Kraków). Dyski elastyczne znacznie wzbogacają zestaw MERA 300 ze względu na ich cenę oraz parametry techniczne. Najważniejsze parametry techniczne dysków elastycznych SP45DE są następujące:

- maksymalna pojemność pamięci (1943552 bajtów),
- maksymalna szybkość transmisji 500K bajtów/s,
- średni czas dostępu do pamięci 205 ms,
- warunki klimatyczne pracy + 5 ÷ 40°C,
40 ÷ 80% wilgotności.

Należy w tym miejscu nadmienić, że dyski elastyczne odegrają ważną rolę w systemach mikroprocesorowych na poziomie sterowania procesem, jako bardzo tanie, a stosunkowo szybkie urządzenia peryferyjne.

b. System MERA 400

Konfiguracja podstawowa:

- 1) monitor systemowy (zwykle jest to alfaskop albo drukarka mozaikowa albo maszyna do pisania),
- 2) szybki perforator taśmy papierowej.

Konfiguracja rozszerzona:

- 1) drukarka wierszowa,
- 2) dyski magnetyczne,
- 3) stacje taśm magnetycznych,
- 4) plotter X-Y.

Istnieje możliwość dołączenia pamięci kasetowej.

c. Minikomputery Jednolitego Systemu (SM-1, SM-3)

Konfiguracja podstawowa:

- 1) konsola operatora,
- 2) czytnik taśmy papierowej,
- 3) dziurkarka taśmy papierowej,

- 4) drukarka mozaikowa,
- 5) monitor ekranowy,
- 6) pamięci dyskowe.

d. System NUCON 400

Konfiguracja podstawowa:

- 1) panel operatora,
- 2) czytnik taśmy papierowej,

- 3) dziurkarka taśmy papierowej,
- 4) monitor ekranowy.

e. Komputery typoszeregu RIAD-I

R-10

Konfiguracja podstawowa:

- 1) konsola operatora (maszyna do pisania)
- 2) szybki czytnik taśmy dziurkowanej,
- 3) szybkie dziurkarki taśmy,
- 4) minidysk.

Konfiguracja rozszerzona:

- 1) drukarka wierszowa,
- 2) czytnik kart,
- 3) stacja taśmy magnetycznej,
- 4) monitor alfanumeryczny,
- 5) terminale.

R-22

Konfiguracja podstawowa:

- 1) maszyna do pisania,
- 2) czytnik kart,
- 3) drukarka wierszowa,
- 4) pamięci dyskowe (2 sztuki),
- 5) urządzenia przygotowania kart,
- 6) sprawdzarka kart,
- 7) urządzenie do przygotowania taśmy papierowej.

Konfiguracja rozszerzona:

- 1) pamięci dyskowe (w liczbie 6 sztuk).

Urządzenia peryferyjne dołączane są do kanału multipleksorowego oraz kanałów selektorowych. Kanał multipleksorowy zawiera od 48 ÷ 128 subkanałów, do których przyłącza się stosunkowo wolne urządzenia wejścia/wyjścia. Kanały selektorowe umożliwiają podłączenie stosunkowo szybkich urządzeń zewnętrznych. Do każdego z kanałów można podłączyć do 8 jednostek sterujących urządzeń wejścia-wyjścia.

R-32

Konfiguracja podstawowa:

- 1) maszyna do pisania,
- 2) czytnik taśmy papierowej,
- 3) dziurkarka taśmy papierowej,
- 4) czytnik kart,
- 5) perforator kart,
- 6) stacja taśmy magnetycznej (1 sztuka),
- 7) pamięci dyskowe (3 sztuki),
- 8) urządzenie do przygotowania kart,
- 9) urządzenie do przygotowania taśmy.

Konfiguracja rozszerzona:

- 1) stacja taśmy magnetycznej (do 7 sztuk),
- 2) pamięci dyskowe (do 5 sztuk).

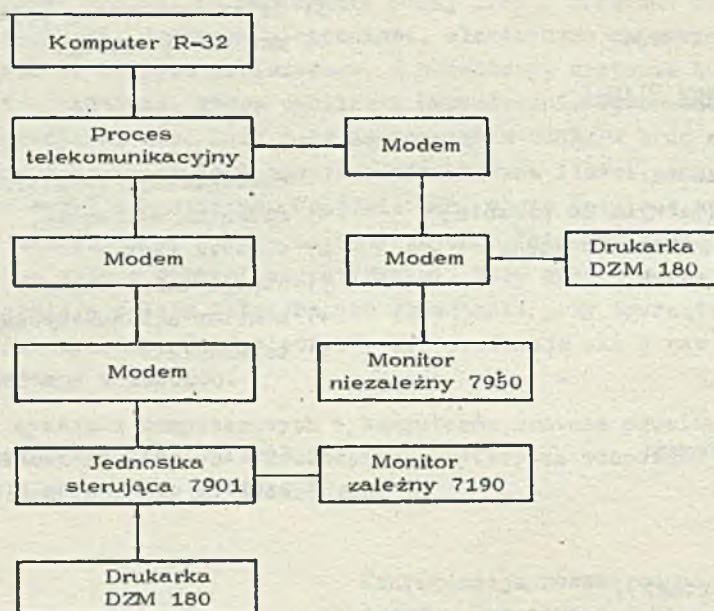
Urządzenia peryferyjne dołączone są do kanału multipleksorowego oraz kanałów selektorowych. Blok kanałów R-32 zawiera 143 kanałów typu selektorowego. Do każdego kanału selektorowego można dołączyć do ośmiu jednostek sterujących urządzeniami zewnętrznymi. W kanale multipleksorowym jest 128 subkanałów i tyle też można podłączyć stosunkowo wolnych urządzeń wejścia/wyjścia.

Oprócz zestawu standardowego urządzeń peryferyjnych, który wchodzi w skład wyposażenia komputera R-32 na szczególną uwagę zasługują systemy monitorowe zarówno lokalne jak i zdalne, które są produkowane w kraju. Systemy monitorowe muszą odegrać dużą rolę w OSKA/PM, ponieważ umożliwiają łatwiejszą obsługę sterowanego procesu i bardziej sprawne kierowane produkcją.

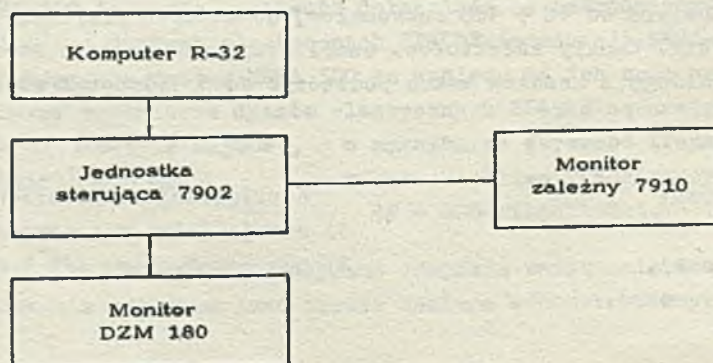
W kraju opracowano system monitorów ekranowych MERA 7900 (produkcji MERA-ELZAB-Zabrze). System MERA 7900 jest dostępny w dwóch konfiguracjach:

- lokalnej, łączonej do kanału znakowego komputera na odległość 30 m,
- zdalnej, łączonej przez modemy, łączy komunikacyjny i procesor telekomunikacyjny do kanału multipleksorowego komputera.

Sposób podłączenia monitorów ekranowych i drukarek mozaikowych do komputera R-32 pokazano na rys. 6 i rys. 7. Jest to jeden z najlepszych sposobów komunikowania się człowieka z komputerem w obiektowych systemach komputerowej automatyzacji.



Rys. 6. Sposób podłączenia monitorów ekranowych i drukarek mozaikowych do komputera R-32 w tzw. zdalnym systemie monitorowym.



Rys. 7. Sposób podłączenia monitorów ekranowych i drukarek mozaikowych do komputera R-32 w tzw. lokalnym systemie monitorowym.

R-40

Konfiguracja podstawowa:

- 1) maszyna do pisania,
- 2) czytnik taśmy papierowej,
- 3) czytnik kart,
- 4) drukarka wierszowa,
- 5) pamięć dyskowa (4 sztuki),
- 6) stacje taśm magnetycznych (4 sztuki).

Konfiguracja rozszerzona:

- 1) pamięci dyskowe (do 4 sztuk),
- 2) pamięci taśmowe (do 4 sztuk).

Stosunkowo wolne urządzenia peryferyjne dołącza się do kanału multipleksorowego. Do kanału tego może być dołączonych do 10 jednostek sterujących pamięciami urządzeń zewnętrznych. Kanały selektorowe R-40 stanowią samodzielne bloki i służą do wymiany informacji między pamięcią operacyjną a szybkimi urządzeniami zewnętrznymi. Do każdego kanału można dołączyć do 10 jednostek sterujących urządzeniami wejścia/wyjścia.

W niniejszym opracowaniu nie będą omawiane konfiguracje komputerów typoszeregu RIAD-II ze względu na to, że te maszyny nie są obecnie seryjnie produkowane.

f. Komputery serii ODRA 1300, 1305 i 1325

Konfiguracja podstawowa:

- 1) monitor,
- 2) czytnik taśmy perforowanej,
- 3) perforator taśmy papierowej,
- 4) czytnik taśmy,
- 5) pamięci bębnowe,
- 6) pamięci taśmowe.

Konfiguracje rozszerzone:

- 1) pamięci dyskowe,
- 2) monitory ekranowe,
- 3) multipleksor.

Należy zwrócić uwagę, że multipleksor umożliwia podłączenie do 63 wolnopracujących urządzeń (do 200/s) oraz urządzenia do transmisji danych za pośrednictwem linii telefonicznych i telegraficznych.

Duże korzyści w OSKA/PM mogą dać systemy służące do zapisywania danych na taśmie magnetycznej z wielu stanowisk klawiaturowych. W kraju jest produkowany system MERA 9150 (Warszawskie Zakłady Urządzeń Informatyki MERAMAT, Warszawa), który właśnie służy do tego celu. W tym systemie zapisywanie na taśmie jest poprzedzone wstępnymi czynnościami weryfikacyjnymi danych. Stanowiska klawiaturowe wchodzące w skład systemu mogą generować przerwanie zdalnie.

Podstawowe parametry systemu to:

- maksymalna liczba stanowisk - 32,
- pojemność pamięci bloku sterującego 32k słów 16-bitowych,
- cykl pamięci - 1200 ns.

Pisanie programu odbywa się w języku Validator (odmiana COBOL-u). Stosowanie systemu MERA 9150 w OSKA/PM pozwoli na znaczną oszczędność papieru, a co najważniejsze, uprawnia działanie systemu obiektowego, szczególnie na poziomie kierowania produkcją. Reasumując, należy stwierdzić, że w kraju nie brakuje większości urządzeń do komunikacji człowiek - komputer, które mogą mieć zastosowanie w pracach nad OSKA/PM.

literatura

- [1] Biuletyn Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów MERA-PIAP 1977, nr 2/64
- [2] Poradnik inżyniera automatyka, pod redakcją prof.dr inż. Władysława Findeisena, Warszawa: WNT 1973
- [3] Założenia techniczne na podstawowe moduły SMA. Wrocław: Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów 1970
- [4] Eigenbrot W.M.: Wielokanałowe regulatory procesów technologicznych. Warszawa: PWN 1968
- [5] Gościński A.: Maszyny cyfrowe w sterowaniu procesów przemysłowych. Kraków: 1975, AGH, skrypt nr 465

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA MIKROPROCESORÓW W OBIEKTOWYCH SYSTEMACH KOMPUTEROWEJ AUTOMATYZACJI

1. Rola i miejsce mikroprocesorów w systemach sterowania

Postęp w zakresie technologii wytwarzania elementów półprzewodnikowych doprowadził do masowej produkcji układów procesorów i pamięci w dużej skali integracji. Procesory wytwarzane w dużej skali integracji powszechnie przyjęło się nazywać mikroprocesorami. Obecnie produkowane są w Stanach Zjednoczonych nawet mikroprocesory na jednej strukturze łącznie z pamięcią jak np.: INTEL 8048, INTEL 8748 oraz INTEL 8035.

Wraz z pojawieniem się mikroprocesorów ulega zmianie kierunek rozwoju komputerowych systemów sterowania procesem wytwarzania. Projektanci systemów sterowania odchodzą od koncepcji scentralizowanych systemów. Mikroprocesory pozwalają uzyskać większą niż poprzednio niezawodność projektowanych systemów, zwiększają znacznie możliwości funkcjonalne systemów, a ponadto umożliwiają tworzenie rozmaitych, nie koniecznie hierarchicznych konfiguracji sterowania (wielowejściowo-wielowyjściowych, gwiazdzystych, pierścieniowych oraz całkowicie sprzężonych).

Automatyzacja procesów wytwarzania, oparta na obecnie produkowanych mikroprocesorach, narzuca jednak szczególnie ostre wymagania na mikroprocesory ze względu na ich bezpośrednią obecność w samym procesie. Mikroprocesory wykazują wtedy dużą podatność na zakłócenia elektryczne i elektromagnetyczne, a ponadto są mało odporne na wstrząsy, zapylenie itp. Nie są to jedyne trudności w zastosowaniach mikroprocesorów w komputerowych systemach sterowania procesem wytwarzania. Obecnie produkowane mikroprocesory charakteryzują się bowiem zbyt małą szybkością działania, a zatem mogą być stosowane tylko w procesach niezbyt szybkich.

Dla innych potrzeb korzystne mogą się okazać mikroprocesory bipolarne, które są znacznie szybsze od mikroprocesorów wykonanych technologią MOS. Dla produkowanych obecnie mikroprocesorów istnieją trudności z właściwym doбором bloku interfejsu oraz stabilizacją napięć zasilających.

Masowa produkcja mikroprocesorów doprowadziła do znacznego obniżenia kosztów sprzętu. Mikroprocesory znalazły więc zastosowanie tam, gdzie stosowanie minikomputerów było nieopłacalne. Doświadczenia zdobyte w zastosowaniach mikroprocesorów w komputerowych systemach sterowania procesem wytwarzania dowiodły jednak, że ich struktury oraz możliwości programowe powinny uwzględniać specyfikę tego kierunku zastosowań.

2. Wymagania dotyczące architektury oraz możliwości programowe mikroprocesorów w komputerowych systemach sterowania procesem wytwarzania

Wymagania dotyczące zbioru instrukcji mikroprocesora

Dostępne obecnie mikroprocesory mają zbiory instrukcji, które umożliwiają w sposób programowy wykonywanie operacji arytmetycznych i logicznych na danych wejściowych i wyjściowych sterowanego procesu. Zbiory instrukcji mikroprocesorów są wygodne w stosowaniu, lecz okazują się mało przydatne do tworzenia niezbędnych instrukcji sterujących procesem.

Wiadomo, że od wszystkich instrukcji sterujących procesem wymaga się prostych sposobów przeprowadzania linii wejściowych ze stanu wysokich napięć i dużych prądów do stanu niskich napięć i małych prądów i odwrotnie, zależnie od przeprowadzonego uprzednio testu stanu linii wejściowych. Do chwili obecnej instrukcje tego typu, a więc „testuj” i „ustaw” są generowane przez kompilatory. Programowa ich realizacja wymaga dosyć znacznej liczby instrukcji w języku maszyny. Proponuje się aby mikroprocesory stosowane w komputerowych systemach sterowania procesem wytwarzania miały zbiory instrukcji specjalnie zaprojektowane dla takich systemów. Listę typowych instrukcji do sterowania procesem podaje tabela 1.

Tabela I

Typowe instrukcje do sterowania procesem	
1 ^o CMP M,N	porównaj zawartość pamięci z miejsca M z zawartością pamięci z miejsca N, a następnie skocz (przeskocz) jedną instrukcję gdy $M > N$, dwie instrukcje, gdy $M < N$, nie skacz, gdy $M = N$,
2 ^o SET Qj	ustaw bit wyjściowy j do stanu 1,
3 ^o RESET Qj	ustaw bit wyjściowy do stanu 0,
4 ^o TEST Ij	testuj bit wejściowy j i skocz gdy $j = 1$,
5 ^o PUSH A	pamiętaj zawartość rejestru A na stosie,
6 ^o POP A	przesuń zawartość górnej części stosu do rejestru A,
7 ^o SET MASK	ustaw maskę dla priorytetu poziomu przerwań.

Istnieją realne możliwości skrócenia czasu wykonywania się operacji typu „testuj” i „ustaw”, jeżeli zapamiętywanie sekwencji sterujących, które składają się na rozkaz sterujący przetrzymamy na układ sterujący mikroprocesora.

Wymagania dotyczące układów sterujących mikroprocesora

Zaleca się, aby instrukcje typu „testuj” i „ustaw” mikroprocesorów stosowanych w komputerowych systemach sterowania procesem wytwarzania były pamiętane w pamięci jako mikroprogram. Mikroprogram sterujący wymaga dodatkowych układów sterujących, które będą wysyłały i odbierały sygnały sterujące oraz umożliwią pełną synchronizację pracy pamięci i modułów wejścia/wyjścia z pracą samego mikroprocesora. Układy sterujące mikroprocesora muszą być dodatkowo odpowiedzialne za przyjmowanie pierwotnych zgłoszeń przerwań, które sygnalizują mikroprocesorowi o odebraniu przerwania bez identyfikowania go z jakiego urządzenia ono pochodzi. Po odebraniu zgłoszenia przerwania, mikrokomputer zawieszona wykonywanie zasadniczego programu, rozpoznaje przyczynę przerwania i za pomocą programu obsługi przerwań obsługuje przerwanie.

Okezuje się, że programy obsługi przerwań pamiętane w pamięci mikroprogramowej szybciej obsłużą przerwanie niż programy obsługi przerwań napisane w języku maszyny. Mikroprogramy obsługi przerwań są szybkie, jednakże trudne do modyfikacji.

W związku z tym pojawiły się rozwiązania, w których pamiętanie stanu procesora odbywa się pod nadzorem mikroprogramu, identyfikacja i obsługa urządzeń wykonywana jest przez podprogramy napisane w języku maszyny i dołączone do systemu operacyjnego. Powrót procesora do stanu przed przerwaniem odbywa się pod nadzorem mikroprogramu.

Dodatkowe wymagania dotyczące systemu przerwań

Obecnie produkowane mikroprocesory mają rozbudowane systemy przerwań, jednakże stosowanie ich w komputerowych systemach sterowania procesem wytwarzania narzuca na nie dodatkowe wymagania. Przede wszystkim powinna istnieć w tych systemach możliwość pamiętania przerwań do chwili, w której są one obsługane, gdyż urządzenie wysyłające przerwanie może wymagać obsługi już po jednokrotnym wysłaniu przerwania.

Każda linia przerwań powinna być maskowana. Przerwanie odebrane w czasie wykonywania się dowolnej instrukcji powinno być ignorowane aż do chwili, gdy zostanie ona całkowicie wykonana.

W wielopoziomowym systemie przerwań powinna istnieć możliwość układania programów obsługi przerwań w ten sposób, aby zawsze było obsługane przerwanie o najwyższym priorytecie.

3. Ogólne wymagania na systemy mikroprocesorowe stosowane do sterowania procesem

Pod pojęciem systemu mikroprocesorowego rozumieć się tu będzie mikroprocesor razem z modułami przerwań, modułami wejścia, modułami wyjścia, modułami pamięci i szyną przesyłową wejściowo-wyjściową.

3.1. Modułowa struktura sterowania procesem

Zdobyte do tej pory doświadczenia z zakresu komputerowej automatyzacji procesu wytwarzania wskazują, że systemy mikroprocesorowe do sterowania procesem należy budować jako systemy modułowe. Każdy z modułów powinien być zaprojektowany w taki sposób, aby mógł bezpośrednio współpracować z szyną przesyłową wejściowo-wyjściową. Przesyłanie informacji między modułami i mikroprocesorem powinno się odbywać pod nadzorem układu sterowania mikroprocesora. Wspólna szyna przesyłowa wejściowo-wyjściowa umożliwia łatwą rozbudowę systemu mikroprocesorowego przez dołączenie dalszych modułów, a co najważniejsze innych mikroprocesorów i systemów mikroprocesorowych.

Pełną uniwersalność systemu mikroprocesorowego uzyskamy wtedy, gdy będzie on miał ponadto możliwość komunikowania się z systemami minikomputerowymi. Zdolność systemów mikroprocesorowych do komunikowania się z systemami minikomputerowymi umożliwia tworzenie rzeczywistych systemów hierarchicznych. Hierarchia w systemie jest ustalona nie na drodze programowej lecz na układowej. Istnieje możliwość tworzenia rozmaitych hierarchii w ramach systemów mikroprocesorowych. Zawsze to będą hierarchie mało przydatne, ponieważ żaden z mikroprocesorów nie jest w stanie w pełni realizować funkcji komputera nadzorczego. Systemy mikroprocesorowe, które nie mają możliwości komunikowania się z systemami minikomputerowymi charakteryzują się zbyt dużą pamięcią. W pamięci systemu zapamiętywane są te informacje, które nie zawsze są potrzebne do bieżącego sterowania procesem.

Ze wszystkich do tej pory znanych systemów hierarchicznych największą szansę stosowania mają te systemy, w których istnieje pełna wymiana informacji na każdym poziomie systemu oraz między poszczególnymi poziomami. Przyjęło się nazywać takie systemy hierarchicznymi z całkowicie rozproszonym sterowaniem, lecz z pełną możliwością wymiany informacji zarówno w pionie jak i w poziomie.

3.2. Sposoby komunikowania się między komputerami w hierarchicznych systemach sterowania procesem wytwarzania

3.2.1. Ogólne wskazówki do projektowania systemów hierarchicznych /przykłady rozwiązań/

W hierarchicznych systemach sterowania procesem wytwarzania wymaga się, aby komputery na poziomie sterowania procesem były w stanie komunikować się w sposób wydajny z maszyną nadzorczą, którą w większości wypadków jest minikomputer.

Komunikacja między komputerem lub komputerami na poziomie sterowania procesem, a komputerem nadzorczym na poziomie sterowania produkcją jest konieczna, ponieważ należy minimalizować liczbę modułów pamięci komputerów sterujących procesem. Jako przykład weźmy pod uwagę pewien szczególny proces, który przebiega w zmiennych warunkach przez cały okres czasu. W poszczególnych stanach procesu, różne programy sterujące niezbędne są do wykonywania odpowiednich operacji. Jeżeli zbiór wszystkich programów sterujących będzie zapamiętany na poziomie sterowania procesem, to należy zarezerwować znaczny obszar pamięci do przechowywania tymczasowo nieużywanych programów.

W związku z tym, aby możliwa była minimalizacja obszaru pamięci systemu sterującego procesem, należy tymczasowo nieużywane programy przechowywać na poziomie komputera nadzorczego. Stąd wynika wniosek, że komunikacja między poziomami w hierarchicznych systemach sterowania procesem wytwarzania powinna zapewnić możliwość przesyłania programów sterujących między poszczególnymi poziomami. Istnieją dwa sposoby komunikacji między poziomami w systemach hierarchicznych a mianowicie a) pasywna, b) aktywna.

W komunikacji pasywnej wszystkie transmisje informacji są zapoczątkowane na poziomie maszyny nadzorczej. W takim reżimie pracy komputery na poziomie sterowania procesem ciągle przechowują informacje, które będą niezbędne na poziomie maszyny nadzorczej.

Komputery sterujące cały czas wprowadzają informację niezbędną maszynie nadzorczej do obszaru pamięci zarezerwowanego specjalnie do tego celu. Zazwyczaj jest to pamięć z układem o bezpośrednim dostępie DMA. Transmisja informacji z poziomu sterowania procesem do poziomu kierowania produkcją jest zapoczątkowana przez komputer nadzorczy.

W chwilach, w których komputer nadzorczy potrzebuje informacji o procesie, zgłasza się do układu DMA, dołączonego do szyny przesyłowej wejściowo-wyjściowej na poziomie sterowania procesem.

Komunikacja pasywna między poziomami w systemie hierarchicznym upraszcza poniekąd system operacyjny poziomu sterowania procesem, lecz wprowadza poważne ograniczenia w całym systemie sterowania.

Rozważmy teraz komunikację aktywną między poziomami w hierarchicznych systemach sterowania procesem wytwarzania. Sposób komunikacji między poziomami, który zapewnia przepływ informacji z poziomu sterowania procesem do poziomu kierowania produkcją i odwrotnie, zwany jest systemem aktywnej współpracy między poziomami.

Cały system aktywnej komunikacji powinien być oparty na systemie przerwania.

Przerwania są generowane z poziomu sterowania procesem i poziomu kierowania produkcją, przy czym każdy poziom może generować dwa rodzaje przerwania. Jedne przerwania sygnalizują gotowość do transmisji informacji, drugie natomiast sygnalizują gotowość do odbioru informacji.

Opisany sposób komunikacji między poziomami daje projektantom systemu dużą swobodę w jego projektowaniu. Aktywna komunikacja redukuje liczbę zbędnych transmisji informacji między poziomami. Przewaga sposobu aktywnej współpracy nad pasywną polega więc na tym, że zredukowany jest do minimum przepływ informacji między poziomami, który nie wnosi nic istotnego dla obu poziomów. Sposób połączenia obu poziomów w hierarchicznych systemach sterowania procesem wytwarzania pokazano na rys. 1. Rys. 2 pokazuje sposób, w jaki należy połączyć bloki funkcjonalne systemu, aby mogła być możliwa aktywna współpraca między poziomami.

Istnieją dodatkowe wymagania dotyczące współpracy między poziomami. W czasie trwania seansu łączności komputer sterujący nie powinien być odrywany od zadań, których głównym celem jest sterowanie procesem. Nie może zdarzyć się taka sytuacja, w której proces pozostaje bez nadzoru komputera. Sytuacja, w której komputer sterujący będzie „oderwany” od procesu nie wystąpi tylko wtedy, gdy komputer na poziomie sterowania procesem zostanie całkowicie odłączony od trwającej transmisji danych, a cała jego „uwaga” będzie „skupiona” na pierwszoplanowych zadaniach, tj. na sterowaniu procesem.

Jednym ze sposobów zapewniających w pewnych sytuacjach bezkolizyjną współpracę komputera sterującego z komputerem nadzorczym jest zastosowanie pamięci z układem o bezpośrednim dostępie. Jednakże zastosowanie tylko pamięci z układem o bezpośrednim dostępie może doprowadzić do takiej sytuacji, w której komputer sterujący i komputer nadzorczy będzie chciał uzyskać dostęp do tej samej części pamięci w tym samym czasie. Jeżeli taka sytuacja nastąpi, to komputer sterujący będzie musiał czekać tak długo, aż transmisja informacji będzie całkowicie zakończona.

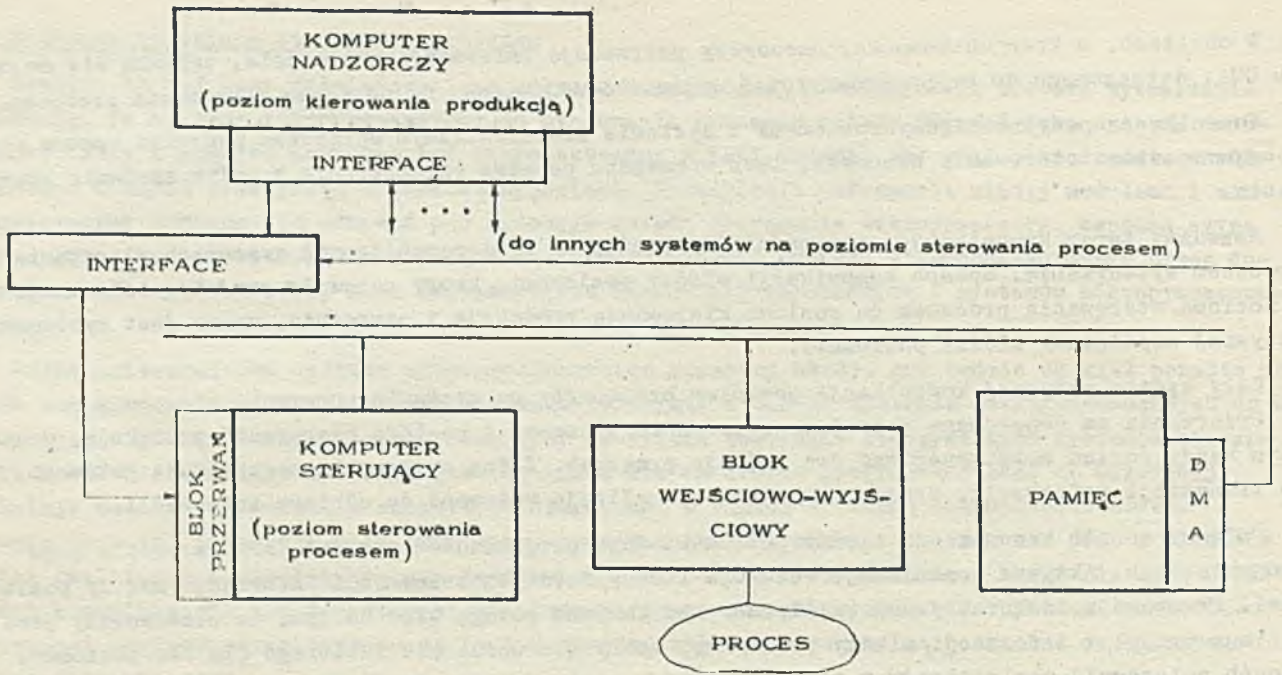
W sytuacjach awaryjnych takich, jak uszkodzenie komputera na poziomie kierowania produkcją, zakłócona jest w sposób bardzo istotny komunikacja między poziomami. W wypadku uszkodzenia komputera nadzorczego, funkcje sterujące na poziomie sterowania procesem powinny być mimo awarii w dalszym ciągu wykonywane. Będzie to możliwe tylko wtedy, gdy będzie można załadować do poziomu sterowania procesem programy sterujące z tzw. drugiego źródła.

3.2.2. Przykłady rozwiązań współpracy systemu mikroprocesorowego z komputerem nadzorczym

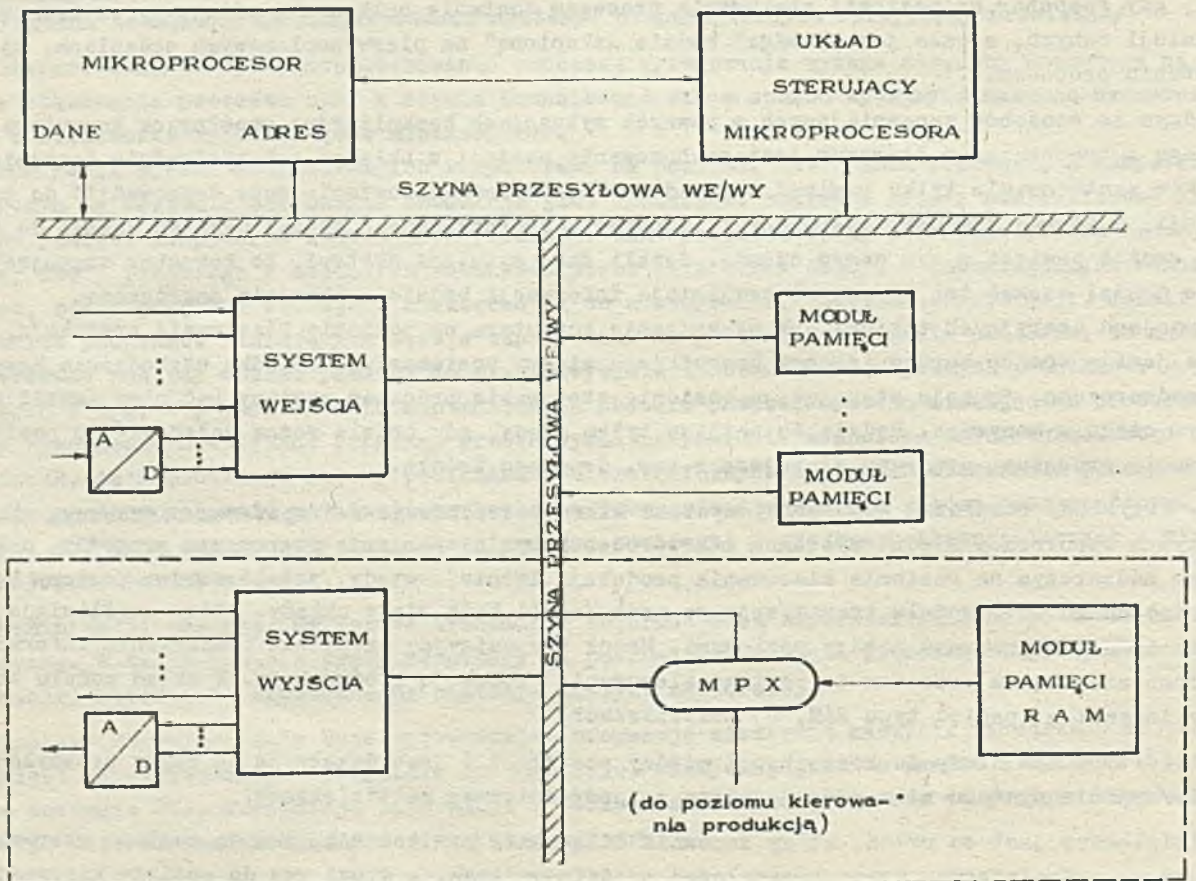
Aktywna współpraca między systemem mikroprocesorowym na poziomie sterowania procesem, a komputerem nadzorczym na poziomie kierowania produkcją istnieje wtedy, jeżeli obydwa poziomy będą miały dostęp do tzw. modułu transmisyjnego oraz jeżeli będą miały układy, które umożliwiają przesyłanie sygnałów przerwania między poziomami. Moduł transmisyjny umożliwi przesyłanie informacji z poziomu sterowania procesem do poziomu kierowania produkcją i odwrotnie. W skład modułu wchodzi między innymi: a) pamięć typu RAM, b) multipleksor.

Pamięć typu RAM służy do komunikacji między poziomami i jest dołączona do szyny przesyłowej wejścia/wyjścia systemu mikroprocesorowego za pośrednictwem multipleksora.

Multipleksor jest to układ, który zapewnia dołączanie pamięci RAM, raz do poziomu sterowania procesem za pośrednictwem szyny przesyłowej wejścia-wyjścia, a drugi raz do poziomu kierowania produkcją za pośrednictwem interfejsu. W ten sposób multipleksor zapewnia pionowy przepływ informacji między poziomami.



Rys. 1. Przykład rozwiązania aktywnej współpracy między poziomem sterowania procesem, a poziomem kierowania produkcją



Rys. 2. Sposób podłączenia systemu mikroprocesorowego do poziomu kierowania produkcją

W normalnym stanie pracy multipleksor jest dołączony do szyny przesyłowej wejścia/wyjścia systemu mikroprocesorowego. Multipleksor umożliwia także dołączenie modułu wyjściowego systemu mikroprocesorowego bezpośrednio do pamięci typu RAM, w układzie transmisyjnym. Sposób połączenia systemu mikroprocesorowego z komputerem nadzorczym pokazano na rys. 2.

Aktywna współpraca między poziomem sterowania procesem (1), a poziomem kierowania produkcją (2) wymaga odpowiednio zorganizowanego systemu przerwań.

Poziom pierwszy generuje przerwania do poziomu drugiego gdy w układzie transmisyjnym znajduje się aktualna informacja z poziomu pierwszego, a układ ten jest już gotowy do transmisji informacji z poziomu drugiego.

Poziom drugi generuje przerwanie do poziomu pierwszego w następujących przypadkach:

- a) operacja odczytania informacji z modułu transmisyjnego jest zakończona,
- b) żąda on transmisji informacji do modułu transmisyjnego,
- c) aktualna informacja z poziomu drugiego znajduje się już w module transmisyjnym.

4. Przykład architektury mikroprocesora ukierunkowanego na dyskretne sterowanie procesem wytwarzania

Mikroprocesor GT 1248

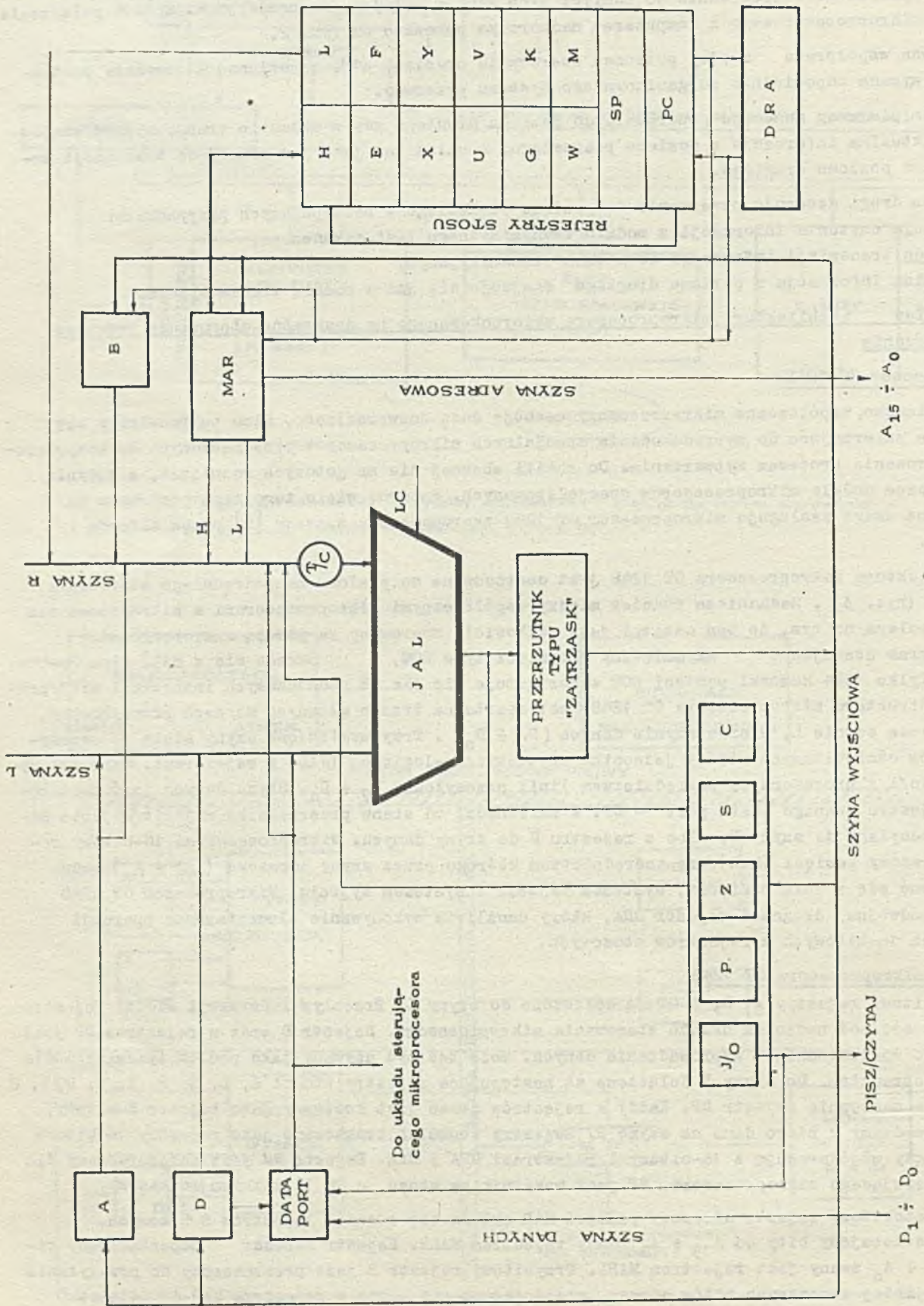
Jak wiadomo, współczesne mikroprocesory cechuje duża uniwersalność. Mimo to rozwinęły się koncepcje zmierzające do wyprodukowania specjalnych mikroprocesorów przeznaczonych do komputerowego sterowania procesem wytwarzania. Do chwili obecnej nie ma gotowych rozwiązań, a jedynie hipotetyczne modele mikroprocesorów specjalizowanych. Spośród wielu tego typu projektów na szczególną uwagę zasługuje mikroprocesor GT 1248 zaproponowany w pracy [1] przez Alforda i Sledge'a.

Architektura mikroprocesora GT 1248 jest dostosowana do poziomu bezpośredniego sterowania procesem (rys. 3). Zasadnicza różnica między współczesnymi mikroprocesorami a mikroprocesorem GT 1248 polega na tym, że ten ostatni jest całkowicie sterowany za pomocą mikroprogramu. Mikroprogram sterujący, zapamiętany w pamięci typu ROM, składa się z 8192 słów 20-bitowych. Tylko 1324 komórki pamięci ROM wykorzystuje się dla 98 podstawowych instrukcji mikroprocesora. Struktura mikroprocesora GT 1248 jest oparta na trzech głównych szynach przesyłowych, a mianowicie szynie L, R oraz szynie danych ($D_7 \div D_0$). Trzy wymienione szyny służą do przesyłania słów ośmiobitowych między jednostką arytmetyczno-logiczną (JAL) a rejestrami. Dane przesyłane są do/i z procesora za pośrednictwem linii przesyłowej $D_7 \div D_0$. Szyna danych jest dołączona do rejestru zwanego „data port” - DP. W zależności od stanu przerzutnika wejście/wyjście dane są przesyłane do szyny R, albo z rejestru D do szyny danych. Mikroprocesor ma 16-bitowy rejestr adresowy pamięci (MAR), za pośrednictwem którego przez szynę adresową ($A_{15} \div A_0$) można komunikować się z całą pamięcią, systemem wejścia i systemem wyjścia. Mikroprocesor GT 1248 zawiera podwójnej długości rejestr DRA, który umożliwia wykonywanie elementarnych operacji na słowach 16-bitowych z rejestrów stosowych.

Rejestry mikroprocesora GT 1248

Ośmiobitowe rejestry A, D, i DP są dołączone do szyny L. Przepływ informacji między rejestrami odbywa się pod nadzorem układu sterowania mikroprocesora. Rejestr D wraz z rejestrem DP jest używany do wprowadzania i wyprowadzania danych. Może też być używany jako pamięć tymczasowa dla wyników pośrednich. Do szyny R dołączone są następujące rejestry stosu: H, L, E, F, X, Y, U, V, C, K, W, M, a następnie rejestr DP. Każdy z rejestrów stosu jest dostępny jako rejestr 8-bitowy, gdy wyprowadzamy z niego dane na szynę R. Rejestry stosu są traktowane jako rejestry 16-bitowe wówczas, gdy współpracują z 16-bitowymi rejestrami DRA i MAR. Rejestr WM jest zarezerwowany dla układu sterującego mikroprocesora, SP jest wskaźnikiem stosu, a PC licznikiem rozkazów.

Szesnastobitowy rejestr adresowy pamięci MAR składa się z dwóch rejestrów 8-bitowych. Rejestr zawierający bity od $A_{15} + A_8$ zwany rejestrem MARH. Rejestr adresów odpowiadający bitom od $A_7 \div A_0$ zwany jest rejestrem MARL. Trzybitowy rejestr B jest przeznaczony do przesyłania trzech najmniej znaczących bitów adresu, znajdujących się także w rejestrze MAR do jednostki arytmetyczno-logicznej (JAL).



Rys. 3. Architektura mikroprocesora GT 1248

Ładowanie rejestru B nie zależy jednak od stanu rejestru MARL (ładowanego z szyny wyjściowej) oraz od stanu rejestru MAR ładowanego z rejestrów stosu przez rejestr DRA.

Budowa jednostki arytmetyczno-logicznej mikroprocesora

Jednostka arytmetyczno-logiczna mikroprocesora GT 1248 jest typową jednostką mikroprocesorową która dodatkowo jest wyposażona w a) bramkę negowania T/C, b) grupę pięciu wskaźników, c) przerzutniki typu "latch" (zatrask).

Bramka T/C może być używana do negowania informacji znajdującej się na szynie R. Negacja informacji na szynie R odbywa się za pośrednictwem mikroprogramu. Mikroprocesor GT 1248 ma pięć wskaźników (zbudowanych z przerzutników), które składają się na słowo stanu procesora (PSW). Tylko jeden z tych przerzutników - przerzutnik wejście/wyjście jest ładowany przez mikroprogram sterujący; pozostałe przerzutniki P, Z, S i C są ładowane w trakcie trwania operacji w jednostce arytmetyczno-logicznej. Struktura mikroprocesora zawiera 8-bitowy rejestr zwany rejestrem typu „latch” - zatrask. Zbudowany jest on z przerzutników, które przechowują wyniki z (JAL) jednostki arytmetyczno-logicznej tak długo, aż uzyskane w niej wyniki będą przesłane za pośrednictwem szyny wyjściowej do pozostałych rejestrów mikroprocesora.

Funkcje wskaźników

Stan wskaźnika wejście/wyjście zależy od zawartości rejestru DP. Wówczas, gdy stan tego przerzutnika jest równy 1, to rejestr DP znajduje się w stanie wejścia. Jeżeli jest równy 0, to rejestr DP znajduje się w stanie wyjściowym. Stan wskaźnika P wskazuje, czy ostatnie słowo bramkowane z jednostki arytmetyczno-logicznej (JAL) zawiera parzystą (P=1), bądź nieparzystą (P=0) ilość bitów. Stan przerzutnika S wskazuje, czy ostatnie słowo bramkowane z JAL było dodatnie (S=1), bądź ujemne (S=0). Stan przerzutnika Z wskazuje, czy ostatnie słowo bramkowane z JAL było zerowe (Z=0), bądź niezerowe (Z=1). Podstawowym zadaniem przerzutnika C jest sygnalizowanie powstawania nadmiaru po wykonaniu operacji dodawania w JAL. Istnieje jeszcze jedna funkcja tego przerzutnika. Lista instrukcji mikroprocesora GT 1248 zawiera dwie instrukcje: „przesuń cyklicznie w lewo” i „przesuń cyklicznie w prawo”. W trakcie wykonywania się tych instrukcji zawartość szyny L jest dodawana do zawartości szyny R, a wynik dodawania jest przesuwany albo w prawo albo w lewo. Przy przesuwaniu w lewo, bit najbardziej znaczący po dodaniu jest wpisywany do przerzutnika C przed operacją przesuwania. W trakcie wykonywania się operacji dodawania z badaniem przeniesienia, końcówka LC jest dołączona do przerzutnika C. Istnieje wtedy możliwość wykrycia nadmiaru po dodaniu zawartości szyny L do zawartości szyny R.

5. Systemy mikroprocesorowe ukierunkowane na dyskretne sterowanie procesem wytwarzania

(przegląd rozwiązań)

Produkowane są obecnie systemy mikroprocesorowe, które znalazły zastosowanie w komputerowych systemach sterowania procesem wytwarzania. Jako przykład będą omówione dwa wybrane systemy, a mianowicie BRISTOL: USC - 3000, HONEYWELL: TDC - 2000.

System pierwszy jest zbudowany na mikroprocesorach firmy INTEL (INTEL 8080). Honeywell: TDC-2000 zbudowane z mikroprocesorów CP-1600. Największą elastycznością wyróżnia się system Honeywell TDC 2000 składający się z wielu modułów, które dołączono do bardzo szybkiej szyny przesyłowej "data-hiway". Istnieje duży obszar zastosowań systemu TDC-2000, ponieważ możliwe jest zastosowanie go w systemach hierarchicznych. Wszystkie systemy cechuje bardzo duża niezawodność, w wypadku awarii istnieje zawsze możliwość przejścia na ręczne sterowanie procesem.

System BRISTOL USC-3000

System BRISTOL USC-3000 zbudowany jest na mikroprocesorach INTEL 8080. Funkcje sterujące systemu mogą być oprogramowane za pomocą sprzętowego języka blokowego typu „block-diagram”.

System może pełnić funkcję samodzielnego kontrolera, na lokalnym poziomie sterowania procesem.

BRISTOL USC-3000 współpracuje z minikomputerami, w związku z tym może być stosowany w systemach hierarchicznych na poziomie pierwszym, tj. na poziomie sterowania procesem. W skład systemu, oprócz minikomputera INTEL 8080, wchodzi:

- a) półprzewodnikowa pamięć typu RAM o pojemności 32 K słów,
- b) dyski elastyczne,
- c) 16 bloków interfejsu,

- d) dwa rodzaje monitorów ekranowych (wielkości analogowych i wielkości cyfrowych),
- e) dyskretne układy wejściowe (16 linii w jednym bloku),
- f) dyskretne układy wyjściowe (16 linii w jednym bloku),
- g) analogowe układy wejściowe (8 kanałów w jednym bloku),
- h) analogowe układy wyjściowe,
- i) moduły sterujące takie, jak:
 - zegary, liczniki, multipleksory, regulatory PID,
 - specjalne moduły sterujące zdefiniowane przez użytkownika systemu (kalkulator, blok logiczny, rejestr danych).

System BRISTOL USC-3000 wyposażono w kompilator ACCOL, który umożliwia uzyskanie taśm binarnych programów napisanych w języku Asembler 8080, mikroprocesora INTEL 8080. Istnieje także możliwość sprawdzania każdej linii sterującej i poszczególnych punktów na liniach ze schematu blokowego systemu.

System HONEYWELL TDC-2000

HONEYWELL TDC-2000 jest to system modułowy, w którym wszystkie moduły są połączone wspólną szyną przesyłową zwaną „data-hiway”. Każdy z modułów wyposażono w mikroprocesor CP-1600.

Mikroprocesory w poszczególnych modułach są odpowiedzialne za lokalne sterowanie procesem, wykonując tylko jedną szczególną funkcję sterującą. Wszystkie kontrolery mikroprocesorowe mają możliwość komunikowania się za pośrednictwem bardzo szybkiej szyny przesyłowej „data-hiway”.

System TDC-2000 cechuje bardzo duża modułowość. Poziom obwodów sterujących składa się z następujących bloków: a) zasadniczego kontrolera, b) panela danych wyjściowych, c) monitora analogowego.

Kontroler i panel danych wyjściowych w pewnych sytuacjach mogą być rozdzielone. Funkcje sterujące spełnia kontroler zbudowany na mikroprocesorze. Każdy kontroler mikroprocesorowy może obsługiwać do 8 obwodów sterujących w jednym złączu. Maksymalna liczba tego typu złącz w systemie nie przekracza ośmiu. Mikroprocesory wyposażono w 28 standardowych algorytmów, które przechowywane są w pamięci typu ROM. Między innymi do takich podstawowych programów należą programy:

- a) mnożenia, b) dzielenia, c) pierwiastka kwadratowego.

System TDC-2000 został wyposażony w bardzo szybką szynę przesyłową „data-hiway”.

Szyna „data-hiway” może być rozgałęziona, przy czym liczba rozgałęzień nie może być większa od trzech. Za pomocą szyny „data-hiway” można obsługiwać 63 kontrolery lub inne urządzenia.

Szyna „data-hiway” jest wyposażona w układ sterowania ruchem, za pomocą którego można ustalić „prawa ruchu” na szynie oraz priorytety poszczególnych urządzeń.

W wypadku wykrycia awarii kabla szyny „data-hiway” przez układ sterowania ruchem, automatycznie dołączony jest kabel zapasowy. Za pomocą szyny „data-hiway” można przesłać szeregowo 250 000 bitów/s. W celu ochrony przed błędami każde 31 bitów przesłane jest jako jedno słowo.

System TDC-2000 jest wyposażony w bloki analogowe, które podobne są do zasadniczych kontrolerów. Do podstawowych funkcji bloków analogowych należy:

- a) zbieranie danych,
- b) pośredniczenie w sterowaniu procesem przy przejściu na ręczne sterowanie,
- c) filtrowanie i przetwarzanie na postać cyfrową sygnałów z szesnastu wejść analogowych i przesyłanie wyników za pośrednictwem szyny „data-hiway” do odpowiednich urządzeń.

System ma możliwość zorganizowania połączeń między poszczególnymi obwodami sterującymi, stanowiskami operatorów i blokami analogowymi za pośrednictwem szyny „data-hiway”. Na poziomie stanowiska operatora istnieje możliwość:

- a) wyświetlania parametrów zmiennych obwodów sterujących i aktualnej struktury systemu,
- b) zmiany punktów pomiarowych algorytmów,
- c) zmiany konfiguracji układu i obwodów sterujących,
- d) połączenia się z rozgałęzieniami szyny „data-hiway”,
- e) sprawdzenia poprawności działania systemu i całej konfiguracji.

Stanowisko operatora wspomagane jest przez wewnętrzny mikroprocesor.

System TDC-2000 ponadto można rozbudować przez dołączenie:

- a) komputera zarządzającego,
- b) zdalnych stanowisk operatora,
- c) zdalnych układów zbierania danych,
- d) dodatkowych wideo-monitorów i urządzeń peryferyjnych.

Jeżeli do systemu dołączymy komputer zarządzający, to wtedy będzie on miał możliwość pobierania i modyfikowania danych z systemu za pośrednictwem szyny „data-hiway”. Schemat blokowy systemu TDC-2000 pokazuje rys. 4.

Systemy mikroprocesorowo-minikomputerowe przewidziane dla obiektowych systemów komputerowej automatyzacji w przemyśle maszynowym

Ponieważ nie dysponujemy gotowymi rozwiązaniami takimi, jak systemy BRISTOL USC-3000 oraz TDC-2000, zatem dla OSKA/PM istnieje konieczność stworzenia systemów mikroprocesorowych, które będą miały możliwość komunikowania się z minikomputerami znajdującymi się przeważnie na poziomie kierowania produkcją. Ze względu na przyszłe konstrukcje można brać pod uwagę następujące mikroprocesory: INTEL 8080, M-6800, INTEL-3000.

Mikroprocesory INTEL 8080 oraz M-6800 będą przyjęte w naszym kraju i w krajach naszej wspólnoty jako mikroprocesory standardowe. W ZSRR ma być podjęta produkcja mikroprocesora INTEL 8080, a w Bułgarii M-6800. Docelowo przewidziana jest produkcja mikroprocesora INTEL 3000.

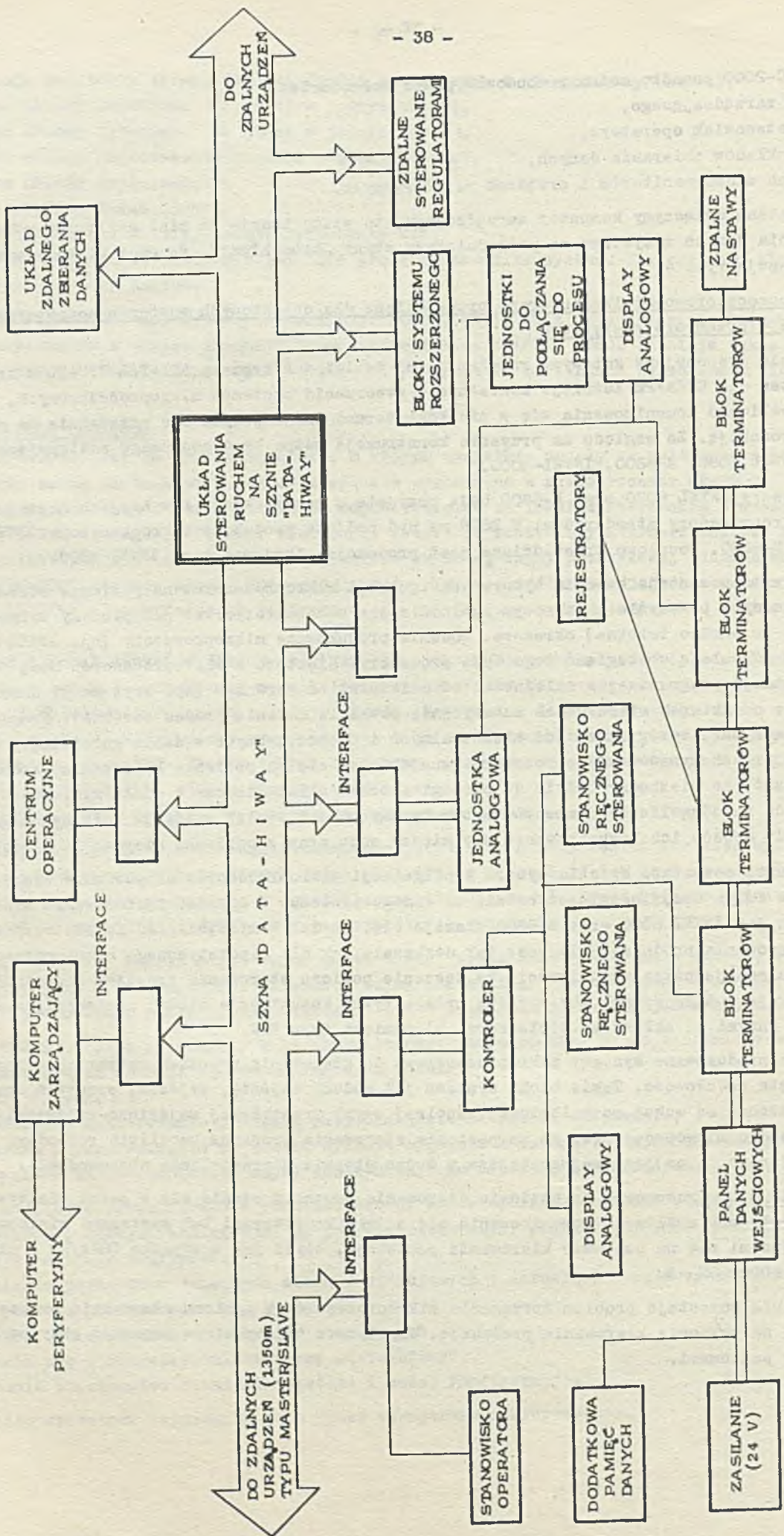
Sprawą otwartą pozostaje kwestia wyboru konfiguracji mikroprocesorów na poziomie sterowania procesem. Procesy w przemyśle maszynowym ogólnie można scharakteryzować jak procesy wolno-zmienne i (co jest tu bardzo istotne) okresowe. Obecnie produkowane mikroprocesory (np. INTEL 8080) z powodzeniem pozwalają obsługiwać tego typu procesory. Niektóre z mikroprocesorów będą jednak wymagały adaptacji programowej w zależności od zaistniałych warunków (np. zbyt długi okres dopływu prądu dla obrabiarek sterowanych numerycznie poważnie zmienia proces obróbki). Programy niezbędne do adaptacji programów, już nieaktualnych i niepotrzebnych w danym momencie, z powodzeniem można by przechowywać w mikroprocesorze znajdującym się na poziomie kierowania produkcją. Może się także okazać, że niezbędny będzie do obsługi procesu układ złożony z wielu mikroprocesorów (np. ze względu na dużą liczbę elementów automatycznych). W takiej sytuacji istotnym zagadnieniem okaże się wtedy sposób ich komunikowania się między sobą oraz z poziomem kierowania produkcją.

Sprawą otwartą pozostaje kwestia wyboru konfiguracji mikroprocesorów na poziomie sterowania procesem, co w dużym stopniu zależeć będzie od samego procesu. W wypadku zastosowania mikroprocesorów takich, jak INTEL 8080 oraz M-6800 okazuje się, że ich kompatybilność przede wszystkim z poziomem kierowania produkcją nie jest tak doskonała jak dla hipotetycznego mikroprocesora GT 1248. Nie ulega jednakże wątpliwości, że łączenie poziomu sterowania procesem z poziomem kierowania produkcją w taki sposób, aby możliwa była aktywna komunikacja między poziomami, wymagać będzie między innymi a) układu multipleksora, b) pamięci typu RAM.

Już obecnie produkowane systemy mikroprocesorowe do sterowania procesem wytwarzania cechuje daleko posunięta modułowość. Takie bloki systemu jak moduły wejścia, wyjścia, przerwań oraz pamięci rozmieszczone są wokół rozgałęzionej wspólnej szyny przesyłowej wejściowo-wyjściowej. Modułowość systemu mikroprocesorowego na poziomie sterowania procesem umożliwia rozbudowę systemu już istniejącego, a co jest najważniejsze, w dużym stopniu poprawia jego niezawodność.

Zastosowanie mikroprocesorów na poziomie sterowania procesem stanie się w pełni efektywne, jeżeli będą miały one możliwość komunikowania się z minikomputerami lub systemami minikomputerowymi znajdującymi się na poziomie kierowania produkcją, czyli jak w wypadku OSKA/PM z minikomputerami MERA-400 i SM-3.

Do rozwiązania pozostaje problem sprzęgania mikroprocesorów z poziomem sterowania procesem z minikomputerami na poziomie kierowania produkcją. Współpraca taka powinna zapewnić aktywną komunikację między poziomami.



Rys. 4. System TDC-2000

6. Podsumowanie

Z niniejszego opracowania wynika, że mikroprocesory odegrają istotną rolę w komputerowych systemach sterowania procesem wytwarzania, w szczególności na poziomie sterowania procesem. Mimo kilku niedoskonałości technicznych mikroprocesory znajdują coraz szersze zastosowanie na poziomie sterowania procesem. O powszechnym stosowaniu mikroprocesorów zadecydowała ich stosunkowo niska cena w porównaniu do ceny minikomputerów.

Stosowanie mikroprocesorów na najniższym poziomie w systemach sterowania procesem wytwarzania, pozwala wprowadzać programowe rozwiązania wszędzie tam, gdzie do tej pory stosowano tylko rozwiązania układowe. Mikroprocesory eliminują wiele błędów popełnianych przez człowieka w procesie sterowania procesem.

Do sterowania procesem produkuje się obecnie tzw. systemy mikroprocesorowe, które wyposaża się w mikroprocesory produkowane przez wiele firm światowych. Obserwujemy tendencje, z których wynika, że największą szansę realizacji mają systemy mikroprocesorowe wielowejściowo-wielowyjściowe, z możliwością aktywnej współpracy z większymi komputerami takimi, jak np. minikomputery.

Istotną zaletą takich systemów jest duża niezawodność. Ze względu na modułową strukturę systemu, uszkodzenie jednego modułu, a nawet kilku, nie wprowadza istotnych zmian w pracy całego systemu.

Jedną z istotnych wad systemów jest ich stosunkowo wysoka cena w porównaniu z ceną minikomputerów. Na całym świecie prowadzone są prace, których celem jest pełna automatyzacja procesu wytwarzania na poziomie sterowania procesem za pomocą mikroprocesorów.

Prace zmierzające do zastosowania mikroprocesorów na poziomie sterowania procesem, z możliwością komunikowania się z innymi komputerami, zrodziły koncepcje hipotetycznych modeli mikroprocesorów, które prawdopodobnie doprowadzą do wyprodukowania specjalizowanego mikroprocesora. Współczesne mikroprocesory są bowiem zbyt uniwersalne i dlatego nie mogą być optymalnie wykorzystane w komputerowych systemach sterowania procesem wytwarzania.

Literatura

- [1] Alford C., Sledge R.: Microprocessor architecture for discrete, manufacturing control
- a) part I: History and problem definition, (IEEE Transaction on Manufacturing Technology, No 2, June 1976),
 - b) part II: Identification of system requirements, (IEEE Transaction on Manufacturing Technology, No 3, September 1976),
 - c) part III: System Architecture (IEEE Transaction on Manufacturing Technology, No 4, December 1976).

mgr inż. Zbigniew POZNAŃSKI
mgr Małgorzata WOŹNIAK
Instytut Maszyn Matematycznych

PROBLEMY OPROGRAMOWANIA DO STEROWANIA PROCESEM PRODUKCYJNYM

Złożoność procesu produkcyjnego w istotny sposób wpływa na oprogramowanie maszyn cyfrowych do sterowania w czasie rzeczywistym.

Niezależnie od specjalizacji maszyny cyfrowej oprogramowanie tego typu powinno mieć następujące własności:

- wykonywanie obliczeń w czasie rzeczywistym,
- wzajemne powiązanie programów w zależności od kolejności ich aktywizowania (bezpośrednie przekazanie sterowania, wykorzystanie programów zarządzających),
- wieloprogramowy charakter wykonywania programów w czasie rzeczywistym,
- wymiana informacji z zewnętrznymi źródłami w czasie wykonywania zadań,
- występowanie kilku reżimów funkcjonowania programów,
- stosowanie pamięci buforowych w celu gromadzenia informacji wejścia-wyjścia,
- duża liczba operacji logicznych (ich liczebna przewaga nad operacjami arytmetycznymi),
- wykorzystanie środków programowo-logicznych w celu ochrony informacji wejściowej przed zakłóceniami i awariami w urządzeniach systemu sterowania.

Z oprogramowaniem maszyn cyfrowych do sterowania procesami wiąże się ściśle problem wyboru języka programowania czasu rzeczywistego. Wykorzystanie języków assemblerowych, aczkolwiek zwiększa szybkość wykonywania programów, zapewniając krótki czas reakcji systemu jest jednak bardzo niewygodne dla programistów. Stąd wynika potrzeba stworzenia nowego, uniwersalnego języka.

Kolejno będą omówione zagadnienia oprogramowania podstawowego oraz języków czasu rzeczywistego.

1. OPROGRAMOWANIE PODSTAWOWE

Oprogramowanie podstawowe systemu jest zbiorem programów umożliwiających jego funkcjonowanie. Składa się ono z kilku części (rys. 1):

- system operacyjny (zbiór programów zarządzających pracą systemu, programy podstawowej obsługi),
- programy użytkowe (oprogramowanie systemu do sterowania),
- oprogramowanie standardowe (programy biblioteczne),
- programy diagnostyczne (testujące),
- środki techniczne uruchamiania programów (translatory, programy redagowania tekstu itp.).

System operacyjny

Praca systemu operacyjnego jest ściśle uzależniona od zachowania się otoczenia, przez które rozumie się sterowany proces, operatora oraz samą maszynę, tj. procesor, pamięć operacyjną, urządzenia wejścia-wyjścia, zegar itp.

Sygnały generowane przez poszczególne źródła można podzielić na:

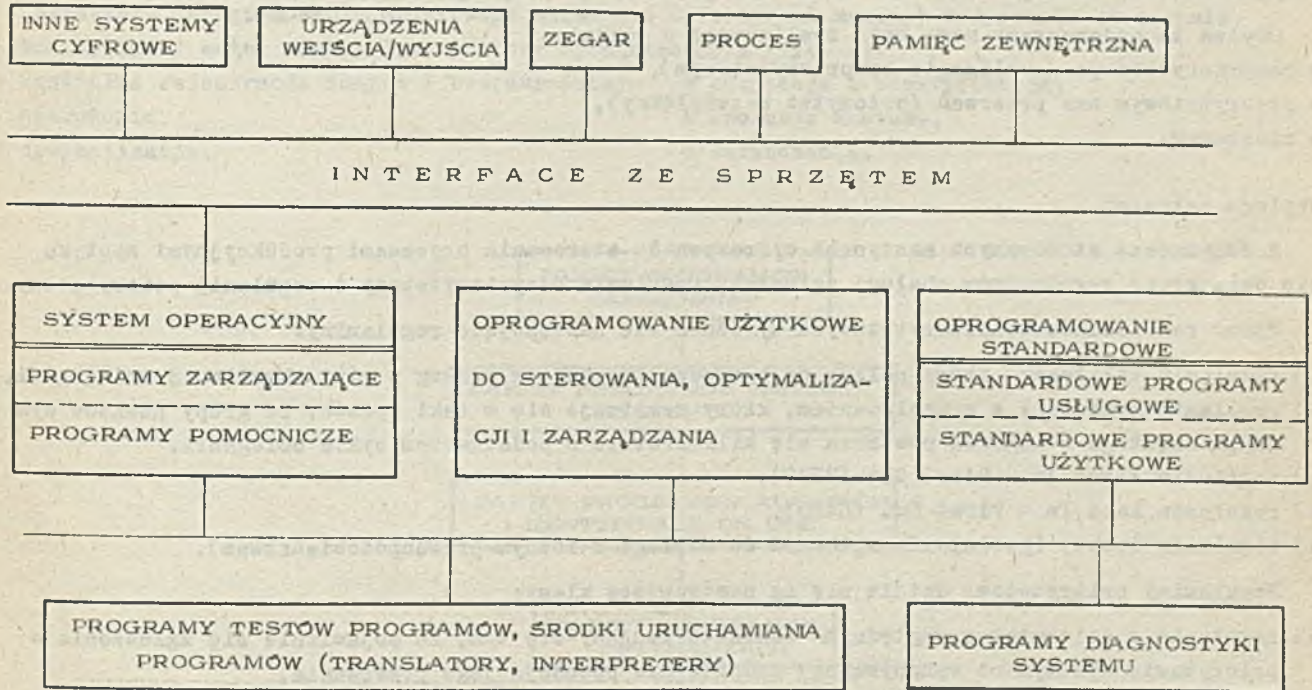
- zgłoszenia periodyczne, zależne od czasu rzeczywistego, aktywizowane zegarem (np. cykliczne obieganie punktów pomiarowych),
- zgłoszenia losowe pochodzące od operatora, procesu lub systemu cyfrowego.

Wyróżnia się zwykle dwie grupy programów tworzących system operacyjny:

- programy zarządzające,
- programy pomocnicze.

Typowy system operacyjny pracujący w czasie rzeczywistym może zawierać następującą grupę programów pomocniczych:

- programy wprowadzające i inicjujące,
- programy ponownego startu,
- programy porządkujące zbiory,
- programy obsługujące bibliotekę przechowywaną na taśmie,
- programy generujące dane do sprawdzenia,
- programy wprowadzające dane informacje do pamięci masowej,
- programy symulujące (programy symulujące: urządzenia końcowe, urządzenia sterujące transmisją danych, programy użytkowe dla celów sprawdzenia, programy zarządzające),
- programy koordynujące,
- programy drukujące zawartość pamięci.



Rys. 1. Struktura oprogramowania EMC do sterowania procesem

Programy zarządzające różnią się znacznie między sobą, w zależności od przeznaczenia systemu. Można wymienić kilka podstawowych funkcji, które mogą być realizowane przez programy zarządzające:

- sterowanie operacjami wejścia-wyjścia,
- wstępne opracowanie meldunków (przekazywanie głównym programom meldunków sprawdzonych o odpowiedniej postaci),
- komunikacja z operatorem (przyjmowanie zleceń i wyprowadzanie komunikatów o stanie systemu),
- planowanie obsługi zgłoszeń (podejmowanie decyzji na podstawie analizy priorytetów i wymagań czasowych o tym, które zgłoszenie należy obsłużyć),
- sterowanie kolejkami (tworzenie kolejek do realizacji operacji wejście-wyjście, optymalna obsługa kolejek),
- dysponowanie pamięcią operacyjną i pamięciami zewnętrznymi (ochrona pamięci, przydział pamięci, relokacje w obrębie pamięci operacyjnej),
- przydzielanie urządzeń (przydzielanie innych podzespołów danego systemu do realizacji zadań),
- planowanie przetwarzania (przydział czasu procesora, optymalizacja wykorzystania czasu),
- obsługa przerw (analiza przyczyn przerwania, przekazanie sterowania odpowiedniemu programowi, zapamiętanie rejestrów, wskaźników przerwonego programu w celu zapewnienia poprawnego powrotu),
- inicjowanie akcji czasowych,
- komunikowanie się maszyn cyfrowych,

- l) prowadzenie badań statystycznych,
- m) usuwanie przeciążeń,
- n) diagnostyka on-line.

Naturalnie, proste systemy nie wymagają realizacji wszystkich wspomnianych funkcji. Omówimy teraz dokładniej niektóre z nich.

Sterowanie operacjami wejścia-wyjścia

Jedną z podstawowych cech maszyn pracujących w czasie rzeczywistym jest rozbudowana współpraca z wieloma urządzeniami zewnętrznymi, źródłami informacji i ich odbiorcami.

W zbiorze programów obsługujących wejście-wyjście można wyróżnić dwa podprogramy: podprogram przyjmowania informacji od urządzeń transmisji danych, podprogram wydawania informacji.

Obydwa te podprogramy mogą być realizowane w reżimie:

- bezpriorytetowym (cyklicznie bezpriorytetowym),
- priorytetowym bez przerw (priorytet bezwzględny),
- mieszanym.

Obsługa zgłoszeń

W dotychczas stosowanych maszynach cyfrowych do sterowania procesami produkcyjnymi spotyka się dwie grupy regulaminów obsługi zgłoszeń: regulamin bezpriorytetowy i regulamin priorytetowy.

Wśród regulaminów bezpriorytetowych wyróżnia się następujące regulaminy:

- a) regulamin cykliczny, który polega na sprawdzeniu punktów według z góry określonej kolejności,
- b) regulamin cykliczny z przeplataniem, który realizuje się w taki sposób, że grupy punktów wymagające częstego obiegania powtarza się kilkakrotnie w podstawowym cyklu obiegania,
- c) regulamin First In - First Out (FIFO),
- d) regulamin Last In - First Out (LIFO),
- e) regulamin losowy (pobieranie zgłoszeń do obsługi z równym prawdopodobieństwem).

Regulaminy priorytetowe dzielą się na następujące klasy:

- a) regulamin z priorytetem względnym charakteryzujący się tym, że pojawienie się zgłoszenia o priorytecie wyższym od wykonywanego zadania nie powoduje jego przerwania,
- b) regulamin z priorytetem bezwzględnym charakteryzujący się tym, że w chwili pojawienia się zadania o priorytecie wyższym, wykonywany program jest zawieszony, a sterowanie jest przekazane programowi o priorytecie wyższym.

W klasie regulaminów priorytetowych można wyróżnić jeszcze regulaminy z dynamicznie zmieniającymi priorytetami. Zagadnieniem podstawowym jest tu określenie funkcji zmian priorytetu poszczególnych zgłoszeń. Ostatnio coraz częściej pojawiają się heurystyczne algorytmy wyznaczania kolejności zgłoszeń do obsługi. Ponieważ szeregowanie zadań można traktować jako wieloetapowy proces decyzyjny, zadanie poszukiwania najlepszej kolejności obsługi zgłoszeń w sensie przyjętego wskaźnika jakości sterowania sprowadza się do wyznaczenia drogi optymalnej. Analiza poszczególnych regulaminów wskazuje, że najkorzystniejsze dla powyższych zastosowań są właśnie algorytmy heurystyczne. W stosowaniu metod heurystycznych wymaga się ograniczenia przerw priorytetowych. Dopuszcza się jedynie przerwanie od zegara, przerwanie systemowe oraz przerwania, które są generowane w wypadku rozpoznania sygnału zgłoszenia o zmianie stanu technologicznego procesu.

Inicjowanie akcji czasowych

Większość zadań w systemie pracującym w czasie rzeczywistym ma charakter periodyczny. Aby zsynchronizować czynności z wykonaniem programów konieczne jest uwzględnienie wskazań zegarów czasu rzeczywistego. Dlatego też w maszynach realizowane są programowe zegary. Przy wyborze taktu zegara czasu rzeczywistego należy uwzględnić następujące czynniki:

- okresowość jednego z podstawowych procesów (np. okresowość obiegania punktów pomiarowych), przy czym dąży się, aby okres obiegania był wielokrotnością taktu zegara,

- dokładność obliczeń (obliczeń, w których wykorzystywane są wskazania zegara).

Programy użytkowe

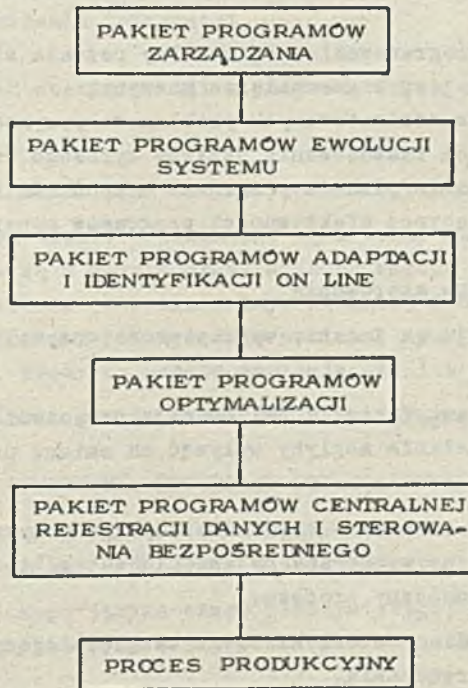
Do zgłoszeń, które są związane ze sterowanym procesem, wymagającym specjalnego oprogramowania należą:

- grupa zgłoszeń zależna od czasu rzeczywistego (dotyczy to odczytu z punktów pomiarowych, wypróbowanie sterowań),
- grupa zgłoszeń zależna od sytuacji w sterowanym procesie, związana z sygnałami alarmowymi,
- grupa zgłoszeń od operatora maszyny cyfrowej,
- grupa zgłoszeń od dyspozytora procesu,
- grupa zgłoszeń od innych maszyn cyfrowych.

Struktura oprogramowania użytkowego wiąże się z funkcjami maszyny w systemie sterowania.

I tak wyróżnić można następujące poziomy oprogramowania (rys. 2):

- centralna rejestracja danych i bezpośredniego sterowania,
- optymalizacja,
- adaptacja i identyfikacja,
- ewolucja systemu,
- zarządzanie.



Rys. 2. Struktura oprogramowania użytkowego z punktu widzenia sterowania procesem

Oprogramowanie pierwszej warstwy sterowania

Programy warstwy rejestracji danych i bezpośredniego sterowania mają za zadanie rejestrować i kontrolować stan procesu, sprawdzać przekroczenia wartości dopuszczalnych i sygnalizować stany awaryjne, wypracowywać sygnały sterujące, jak również zbierać i przetwarzać informacje dla wyższych warstw sterowania.

Oprogramowanie tej warstwy powinno zapewniać:

- łatwą i efektywną komunikację z urządzeniami zewnętrznymi,
- dużą efektywność działania programów,
- rejestrację i kontrolę dużej liczby zmiennych,

- możliwości pisania programów bez konieczności angażowania analityków systemu.

W programach użytkowych uwarunkowanych czasowo, liczba rozkazów waha się bardzo znacznie (1000 - 200000 rozkazów). Długość programów użytkowych ma duże znaczenie, ponieważ tylko nieznaczna część oprogramowania przechowywana jest w danej chwili w pamięci operacyjnej lub w pamięci o szybkim dostępie. Pozostała część przechowywana jest w pamięci zewnętrznej i ściągana w razie potrzeby. Ściąganie może odbywać się nawet do 20 razy na sekundę.

Zbiór programów warstwy bezpośredniej sterowania powinien spełniać następujące funkcje:

- zbieranie danych,
- sprawdzanie wiarygodności danych,
- filtracja danych,
- sprawdzenie wartości granicznych i dopuszczalnych szybkości zmian zmiennych,
- określenie tendencji zmian parametrów,
- alarmowanie przekroczeń,
- linearyzacja,
- wykonywanie algorytmów bezpośredniego sterowania,
- sprawdzanie wypracowanych wartości sterowań,
- wyprowadzanie sterowań do urządzeń wykonawczych,
- komunikacja z operatorem.

Analiza obecnego stanu oprogramowania tej warstwy pozwala stwierdzić, że:

- większość programów pisana jest w assemblerze maszyny,
- próby wykorzystania języków zorientowanych problemowo przynoszą coraz lepsze rezultaty,
- dotychczasowe dane dotyczące zastosowania języków wyższego rzędu pozwalają stwierdzić, że nie mogą być one wykorzystywane do pisania programów bezpośredniego sterowania ze względu na trudności uzyskania dostatecznej efektywności programów generowanych przez translator.

Oprogramowanie wyższych warstw sterowania

Programy optymalizacji mają za zadanie wypracowanie optymalnych wartości dla poziomu pierwszego.

Programy adaptacyjne i identyfikacji on-line mają przeciwdziałać zakłóceniom o małej częstotliwości, których skutki działania mogłyby wpłynąć na zmianę parametrów procesów bądź nawet funkcji celu.

Programy ewolucji mają za zadanie prowadzić predykcję przyszłych stanów procesu technologicznego. Są one także aktywizowane w wypadku pojawienia się zakłóceń katastroficznych zmieniających gwałtownie stan technologiczny procesu.

Wypracowaniem parametrów dla poziomu niższego, uwzględniających globalny cel sterowania, zajmuje się pakiet programów zarządzania.

Ponieważ oprogramowanie czterech kolejnych warstw ma wiele cech wspólnych, można rozpatrywać je łącznie. Wymagania dla tych poziomów są zupełnie inne i dlatego oprogramowanie powinno:

- umożliwiać łatwą segmentację wykonywanych programów składowych, tzn. muszą one być przesuwalne,
- odznaczać się uniwersalnością, tzn. powinny być napisane w postaci standardowych podprogramów,
- zapewnić łatwą komunikację z programami pozostałych warstw.

Aby realizować te wymagania do oprogramowania można użyć jeden z języków wyższego rzędu, np. FORTRAN RT (FORTRAN czasu rzeczywistego), bądź CORAL 66. Oprogramowanie poziomu optymalizacji może być standardowe w 60%, poziomu trzeciego w 50%, natomiast poziom czwarty może być standardowy w 80%.

Programy diagnostyczne

Od systemu pracującego w czasie rzeczywistym wymaga się, aby nie został on zatrzymany w wypadku wykrycia błędu, jeśli istnieje możliwość wyjścia z sytuacji awaryjnej. Zapewniają to programy diagnostyczne.

Programy diagnostyczne mogą być wykonywane bez straty czasu systemu. Programy te mają zwykle niski priorytet i dlatego nie blokują programów czasu rzeczywistego.

Programy diagnostyczne dzieli się zwykle na dwie grupy: programy wykrywające błędy, programy określające uszkodzone podzespoły systemu.

Po zlokalizowaniu błędu powinno nastąpić zawiadomienie o tym operatora systemu, a program automatycznej zmiany konfiguracji systemu może ograniczyć zasięg działania systemu lub też, o ile taka konieczność zachodzi, program automatycznego powrotu spowoduje włączenie układów rezerwowych.

Oprogramowanie standardowe

W skład oprogramowania standardowego wchodzi:

- a) standardowe programy usługowe (programy modyfikujące zawartość biblioteki, sortowania, konwersji),
- b) pakiety standardowe programów użytkowych, np.:
 - statystyczne,
 - stosowane w planowaniu i kierowaniu produkcją,
 - stosowane w gospodarce materiałowej,
 - stosowane w procesach wyszukiwania informacji,
 - optymalizacyjne,
 - programy, które mogą podlegać standaryzacji w poszczególnych warstwach sterowania, np. filtracji, linearyzacji itp.

Środki techniczne uruchamiania programów

Ponieważ programy sterujące (użytkowe) uruchamiane są i testowane przed wprowadzeniem do systemu, a nowe programy wprowadzane są w czasie pracy systemu bardzo rzadko - udział tej części oprogramowania w całej jego strukturze jest minimalny. Niemniej jednak w wielu istniejących systemach przechowywane są translatory języków wyższego poziomu, np. FORTRAN, PROSEL. Ma to pewien sens przy etapowej automatyzacji, kiedy to często dopisuje się lub zmienia programy użytkowe.

W dalszej części pracy szczegółowiej omówione będą języki programowania czasu rzeczywistego.

2. JĘZYKI CZASU RZECZYWISTEGO DO STEROWANIA PROCESAMI PRZEMYSŁOWYMI

Zróżnicowanie poszczególnych grup programów składających się na całość sterowania procesem powoduje, że trudno jest opracować uniwersalny język zaspokajający potrzeby wszystkich grup.

Prace nad konstrukcją standardowego języka czasu rzeczywistego, języka do sterowania procesami jeszcze trwają. Istnieje wiele opinii na temat postaci oraz podstaw konstrukcji języka. Proponuje się między innymi:

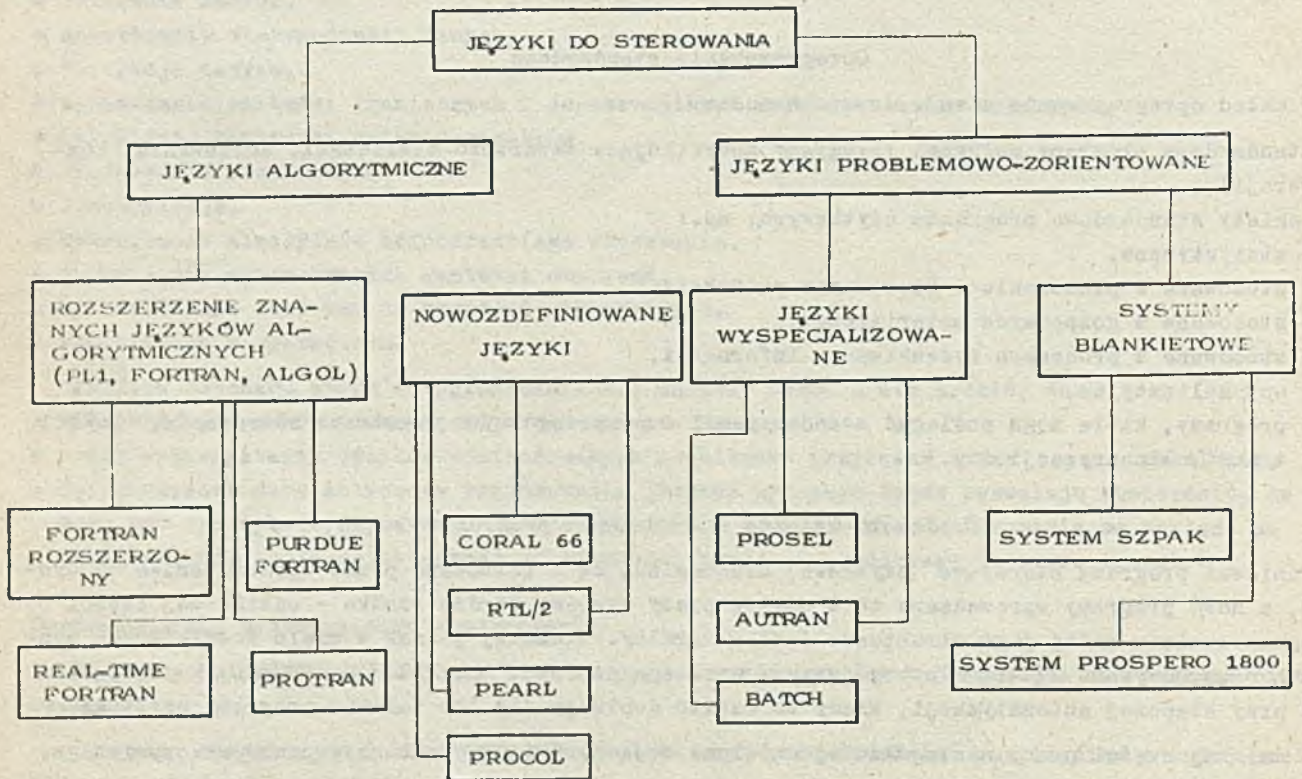
- język zorientowany do formułowania algorytmów, przy czym zakłada się, że użytkownik nie posiada żadnej wiedzy o systemie operacyjnym maszyny i programowaniu w językach wyższego poziomu,
- język czasu rzeczywistego wyższego poziomu, nie zorientowany ani na maszynę cyfrową, ani na proces przemysłowy; tzn. język proceduralny (procedury tego języka opisują operacje, a kolejność wykonywania operacji określona jest przez porządek procedur).

Analizując cechy systemów sterowania w czasie rzeczywistym, np. wieloprogramowość, operacje wejścia-wyjścia, buforowanie urządzeń wejścia-wyjścia, możliwość zmiany priorytetów, automatyczny rejestr itp., można sformułować pewne charakterystyczne cechy języka programowania systemów sterowania procesami. Oto one:

- język powinien cechować: prosta składnia i semantyka, tzn. elementarne typy zmiennych (integer, real, boolean, character, text), struktury zmiennych (tablice, skalary), operatory relacji, operacji arytmetycznych i logicznych,
- użytkownik powinien mieć możliwość komunikacji z translatozem podczas translacji i korzystania z biblioteki podprogramów,
- język powinien zapewniać obsługę zegara, przerwań oraz urządzeń wejścia/wyjścia.

Takie języki algorytmiczne jak ALGOL, FORTRAN czy PL1, w swej obecnej postaci nie spełniają wspomnianych wszystkich wymagań. Stąd rozwój języków algorytmicznych czasu rzeczywistego przebiega w dwóch kierunkach: pierwszy polega na rozszerzaniu (ALGOL, FORTRAN), drugi natomiast sprowadza się do tworzenia nowych języków.

Drugim typem konstruowanym obok języków algorytmicznych są języki problemowo zorientowane. Można je podzielić na dwie grupy: języki specjalizowane i języki systemów blankietowych. Ogólny podział języków czasu rzeczywistego ilustruje rys. 3.



Rys. 3. Podział języków do sterowania

Jezyki algorytmiczne

Rozszerzenie języka FORTRAN

Język FORTRAN jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych języków programowania. Stąd też bierze się tendencja do rozszerzania go w celu konstrukcji języka czasu rzeczywistego. W ten sposób powstały takie języki jak: Purdue FORTRAN, Real-Time FORTRAN, PROTRAN. I tak np. Real Time FORTRAN rozszerzono o następujące procedury związane ze sterowaniem w czasie rzeczywistym:

- CONNECT - realizuje połączenie programu ze zdarzeniami zewnętrznymi, przy czym zdarzeniami tymi mogą być przerwania zewnętrzne (CONNECT INTERRUPT) lub przerwania od zegara (CONNECT CLOCK),
- REQUEST - <nazwa> / . / - określa priorytet programu żadanego przez aktualnie wykonywany program,
- ATTACH - <nazwa> / . / - przydziela programowi nazwę urządzenia zewnętrznego,
- DEVICE - <nazwa> / . / - utożsamia urządzenie zewnętrzne np. punkt pomiarowy z numerem urządzenia.

Nowe języki algorytmiczne

Podane zostaną pewne cechy nowych języków algorytmicznych czasu rzeczywistego takich, jak CORAL 66, RTL/2, PEARL, PROCOL.

Języki RTL/2 oraz CORAL 66 są podobne do siebie, a podstawowymi ich elementami są procedury łączące zdarzenia zewnętrzne z odpowiednimi programami. Instrukcje związane z operacjami wejś-

cia/wyjścia są realizowane przez procedury zorientowane maszynowo i makrorozkazy. Struktura tych języków umożliwia pisanie programów zarządzających oraz użytkowych. Język RTL/2 pozwala także na dołączenie pewnych podprogramów pisanych w innym języku np. Real-Time FORTRAN.

Języki PEARL i PROCOL mają liczne udogodnienia związane z pracą w czasie rzeczywistym. Należą do nich:

- opis systemu
- synchronizacja,
- współdziałanie systemów,
- operacje wejścia/wyjścia.

Język PEARL testowany był na komputerze AEG-60-50 na Uniwersytecie w Stuttgarcie. Czas pisania programów w porównaniu z Assemblerem zmniejszył się o 10-20%, a czas testowania jeszcze bardziej.

Języki zorientowane problemowo

Języki zorientowane problemowo można podzielić na dwie grupy: wyspecjalizowane i blankietowe.

Języki wyspecjalizowane charakteryzują się prostą budową, a instrukcje z nich są zwykle nazwami pewnych czynności wykonywanych podczas sterowania procesami np. OPEN (zawór), CLOSE itd. Wynika stąd, że struktura języka ogranicza jego stosowanie tylko do wąskiej klasy procesów. Przykładem takich języków są: PROSEL, AUTRAN, BATCH.

Systemy blankietowe stanowią zbiór uzupełniających się wzajemnie blankietów; wypełnienie blankietów określa akcje kontroli i sterowania. W skład systemu blankietowego wchodzi także język uzupełniający, służący do pisania programów, które nie zostały objęte oprogramowaniem zawartym na blankietach.

Blankiety stanowią zarazem dokumentację procesu, łatwą do analizy i dokonywania zmian.

Języki wyspecjalizowane

PROSEL

PROSEL jest przeznaczony specjalnie do sterowania sekwencyjnego. Zawiera on około 40 instrukcji typu:

- wykonawczego np. START, STOP, CONTINUE, OPEN, CLOSE, WAIT,
- czasowego np. DELAYS, DELAYM,
- wskaźnikowego i badania np. SFLAG, CLAFIAG (do przekazywania informacji przez zapalenie, zgłaszanie wskaźników), CK OPEN (do badania warunków otwarcia np. zaworu) itp.

AUTRAN

Język AUTRAN zorientowany jest na procesy ciągłe. Programy sterowania bezpośredniego obejmują:

- listę specyfikacji służących do określenia struktury fizycznej układu np. CONTROL VALVE /CVALA/CLOSED.3/ - oznacza, że zawór CVALA jest zamykany sygnałem z kanału 3,
- listę operacji, określających kolejność sterowania i kontroli np. CLOSE /VALV B2/ CONFIRM - zamknąć VALV B2, zameldować,
- listę sytuacji alarmowych oraz reakcji systemu w wypadkach ich zaistnienia np. WHEN /VALV B2. ALARMS.OPEN/EXECUTE /42/, wykonaj akcję 42, gdy VALV B2 jest otwarty i wysłano sygnał alarmowy.

BATCH

Język BATCH przeznaczony jest do sterowania procesami dyskretnymi. W jego skład wchodzi tabela zmiennych systemowych opisujących proces oraz zestaw podstawowych instrukcji takich jak:

- SETV - ustaw wartość zmiennej,
- COMP - porównaj wielkości,
- GOTO - prześlij sterowanie do wskazanego elementu,
- EXIT - wyjdź z bloku,
- TIME - uruchom pomiar czasu itp.

Systemy blankietowe

Przykładem języka systemu blankietowego może być system SZPAK opracowany w PIAP. Stanowi on wersję języka BICEPS stosowanego w maszynach GE - PAC 4020 dopasowaną do EMC ODRA 1325. SZPAK przeznaczony jest do sterowania nadrzędnego. Jest on zbiorem programów wykonujących zadania ruchu, rejestracji i przetwarzania danych, kontroli i sterowania. Programowanie polega tu na wypełnieniu dwóch typów blankietów. Dane związane ze zbieraniem informacji z procesu wprowadza się na blankiecie rejestracji i przetwarzania zmiennej procesu, zaś parametry sterowania określone są na blankiecie sterowania zmienną procesu. Do oprogramowań nietypowych algorytmów sterowania wykorzystano podzbiór języka FORTRAN IV, tj. język uzupełniający PF.

3. OPROGRAMOWANIE MASZYN DO NUMERYCZNEGO STEROWANIA OBRABIARKAMI

Program do numerycznego sterowania obrabiarkami składa się z programu procesora i postprocesora. W procesorze obliczane są wartości współrzędnych toru narzędzia na podstawie opisu przedmiotu i narzędzia. W procesorze przekształca się program, przechodząc z układu współrzędnych przedmiotu na układ współrzędnych obrabiarki. Oblicza się również przyśpieszenia i opóźnienia, tak aby przy określonych własnościach dynamicznych serwomechanizmów obrabiarki - uchyby nie przekraczały wartości dopuszczalnych. Ostatecznie postprocesor przekształca instrukcje sterujące funkcjami pomocniczymi obrabiarki w oznaczenia kodowe wymagane dla tych funkcji przez układ sterowania obrabiarki.

Do opisu geometrii narzędzia, przedmiotu obrabianego i toru ruchu narzędzia stosuje się zwykle języki programowania oparte na mnemotechnicznej metodzie adresowania instrukcji, przy której wykorzystuje się słowa i symbole łatwe do zapamiętania przez programistę. Języki te można podzielić na: języki związane z określonymi obrabiarkami lub komputerami i na języki uniwersalne.

Zaletą języków związanych z obrabiarkami lub komputerami jest możliwość stosowania mniejszych komputerów, natomiast wadą ograniczony zasięg zastosowania.

Wszystkie uniwersalne języki programowania oparte są na APT (Automatically Programmed Tools). Ponieważ APT wymaga zastosowania komputera o pojemności pamięci 256 K utworzono liczne języki o zawężonym zakresie zastosowania, wymagające mniejszych maszyn.

Do najbardziej znanych należą: ADAPT, EXAPT, IFAPT, MINI-APT, NEL-NC. Niektóre z nich np. EXAPT, IFAPT zawierają automatyczny dobór narzędzi i określenie innych parametrów technologicznych, czego brak w APT.

Struktura uniwersalnych języków programowania

Podstawowymi elementami języka są: słowa, liczby i elementy składni. Średnio połowa słów języka o ustalonym znaczeniu zebrana w słowniku przeznaczona jest do opisu funkcji obrabiarki w postprocesorze, a druga połowa do: a) określania geometrii przedmiotu, b) określania ruchów narzędzia, c) sterowania komputerem.

Słowa, liczby i elementy składni tworzą instrukcje. Stosuje się trzy rodzaje instrukcji: instrukcje definiujące, wykonawcze i instrukcje programowania.

Instrukcje definiujące

Instrukcje definiujące określają zależności geometryczne i technologiczne.

Instrukcje geometryczne służą do opisanego kształtu i wymiarów przedmiotu przed i po obróbce. Kształt przedmiotu obrabianego jest opisywany za pomocą instrukcji definiujących:

- a) powierzchnie analityczne, płaszczyzny (PLANE), walce (CYLINDR) i inne powierzchnie, które można opisać za pomocą równań; istnieje wiele definicji poszczególnych powierzchni np. jednym ze sposobów określenia płaszczyzny w APT jest podanie 3 punktów PL3= PLANE /PT1, PT2, PT3/;
- b) powierzchnie uzyskiwane doświadczalnie (przez podanie punktów, które są podstawą do interpolacji

c) zbiory punktów:

- punkty leżące na prostej lub wektorze,
- punkty leżące na łuku koła,
- punkty tworzące siatkę w polu prostokąta ograniczonego liniami lub punktami wierzchołkowymi,
- punkty stanowiące dowolną kombinację pojedynczych punktów i zbioru punktów.

Instrukcje technologiczne^{x/} opisują przedmiot obrabiany i zabiegi obróbkowe, które należy wykonać w położeniach określonych przez instrukcje geometryczne.

Instrukcje dotyczące przedmiotu obejmują materiał przedmiotu obrabianego oraz korekcję parametrów skrawania.

Instrukcje wykonawcze

Instrukcje te wykorzystują i realizują poprzednio podane definicje geometryczne i technologiczne. Można je podzielić na:

- instrukcje ruchu np. w EXAPT-GOTO/P1 - ruch do punktu zdefiniowanego wcześniej P1,
- instrukcje modyfikujące ruch (przeszkody można omijać przez uniesienie narzędzia spowodowane słowem modyfikującym AVOID /./),
- instrukcje pracy (np. WORK).

Instrukcje programowania

W celu przeprowadzenia operacji logicznych takich, jak obliczenie poszczególnych kroków, pętli programu, przekształcanie układu współrzędnych i skoków stosuje się instrukcje podobne do instrukcji języka FORTRAN. Źródłowy program obróbki musi zawierać informacje ogólne o przedmiocie obrabianym, rozkazy dla postprocesora oraz rozkazy dla obrabiarki. Postprocesor dla konkretnej obrabiarki jest wywoływany instrukcją MACHIN <symbol postprocesora>. Funkcje obrabiarki podają takie instrukcje, jak np. COOLNT/OFF (wyłączenie chłodziwa), STOP (zatrzymanie obrabiarki)^{x/}.

Pracę przy przygotowaniu programu można zmniejszyć (czasem o 90%) przez użycie podprogramów (MACRO). Podprogram jest samodzielną częścią programu. Jest on wywoływany instrukcją CALL. Podprogram może zawierać każdą instrukcję danego języka.

Poszczególne języki stanowiące podzbiory języka APT są ukierunkowane głównie na niektóre operacje np.:

- | | | | |
|------------|---|-------------|---|
| • IFAPT | - frezowanie kształtowe, toczenie, | • MINIAPT | - wiercenie, toczenie, frezowanie, |
| • MINIFAPT | - sterowanie punktowe, frezowanie ze sterowaniem odcinkowym, | • PROGRAMAT | - toczenie, |
| • NEL-NC | - wersja (ZP) - wiercenie i wytaczanie,
wersja (ZCL) - frezowanie,
wersja (ZC) - toczenie | • EXAPT1 | - wiercenie, wytaczanie, |
| | | • EXAPT2 | - toczenie ze sterowaniem odcinkowym lub kształtowym. |

PODSUMOWANIE

Konstrukcja oprogramowania maszyny cyfrowej uzależniona jest od wymagań, jakie stawia proces, którym maszyna ma sterować. W oprogramowaniu maszyn do sterowania procesami szczególną rolę odgrywa system operacyjny, który jest łącznikiem między sterowanym procesem i maszyną. Problemy związane z systemem operacyjnym poruszono w opisie języków czasu rzeczywistego (ich własnościach) wskazując na potrzebę jednolitości systemu operacyjnego i programów użytkowych ukierunkowanych na konkretny proces.

Analiza podstawowych języków programowania w czasie rzeczywistym prowadzi do wniosku, że problem uniwersalnego języka pozostaje nadal nierozstrzygnięty. Każdy ze wspomnianych języków ma

^{x/} instrukcja stosowana w języku EXAPT

obok wielu zalet, liczne istotne wady w kontekście zdefiniowanych wcześniej własności języków czasu rzeczywistego. Jedno z pewnością nie ulega wątpliwości, że zagadnienie wyboru lub zbudowania języka do sterowania procesami przemysłowymi stanowi problem sam w sobie i wymaga wielu badań i analiz. Wykorzystanie języków assemblerowych wydaje się uzasadnione jedynie w warstwie sterowania bezpośredniego i to tylko wówczas, gdy wymaga się bardzo krótkiego czasu reakcji systemu i minimalnego wykorzystania pamięci maszyny. Za językiem czasu rzeczywistego przemawia przede wszystkim łatwość tworzenia oprogramowania oraz skrócenie czasu pisania i testowania programów (w przypadku języka PEARL średnio 30-krotnie).

Wydaje się, że należy dążyć do: maksymalnej standaryzacji oprogramowania dla poszczególnych warstw sterowania, tworzenia narzędzi zarówno do projektowania komputerowych systemów sterowania (automatyczne lub wspomagane komputerem) jak i produkcji oprogramowania (języki wysokiego poziomu). Oddzielne zagadnienie stanowią banki danych dla potrzeb zarządzania i kierowania produkcją.

PRÓBA OCENY EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ OBIEKTOWYCH SYSTEMÓW KOMPUTEROWEJ AUTOMATYZACJI

1. Wstęp

W hierarchicznym systemie OSKA^{3d}, sterowanie procesem odbywa się na odcinku wytwórczym i w trzech poziomach hierarchicznych. Do takiego automatycznego systemu sterowania przedsiębiorstwem (kombinatem) w warunkach nowych uruchomień dochodzi cały system tzw. technicznego przygotowania produkcji (TPP), w skład którego wchodzi automatyzacja prac inżynierskich (API).

W obiektowym systemie komputerowej automatyzacji można zatem wyodrębnić:

- system automatycznego sterowania, regulacji i kontroli procesu technologicznego,
- system technicznego przygotowania produkcji,
- system obiegu informacji, realizujący funkcje zarządzania.

Najwcześniej automatyzację wprowadzono do przetwarzania i obiegu informacji. Wcześniej pojawiły się także systemy automatyczne do sterowania procesami technologicznymi ciągłymi (np. w chemii, gdzie złożoność procesu i niedostępność wymuszała automatyzację, opartą na automatyce pneumatycznej, elektrycznej, czy ostatnio elektronicznej). Dopiero w latach sześćdziesiątych zaczęto wprowadzać sterowanie tymi procesami za pomocą elektronicznych maszyn cyfrowych.

Najpóźniej zaczęto wprowadzać technikę komputerową do sterowania procesami technologicznymi w zakładach przemysłu maszynowego i wykorzystywać do technicznego przygotowania produkcji, a szczególnie API.

Intensywny rozwój techniki wytwarzania, deficyt rąk do pracy oraz rozwój systemów komputerowych zmusza do połączenia tych wszystkich podsystemów w jedną całość (z zastosowaniem techniki komputerowej) służącą do techniczno-organizacyjnego przygotowania produkcji i sterowania procesem technologicznym (optymalnego sterowania produkcją w celu zapewnienia odpowiedniej jakości, ilości i obniżki kosztów produkcji).

Rozpatrzmy efekty jakie dają omawiane trzy systemy, odrębnie w sytuacjach, kiedy nie ma między nimi połączeń.

2. Efektywność systemów informacyjnych

Ogólnie poniesione nakłady powinny przynieść określone efekty, np. obniżkę kosztów własnych i zwiększenie zysku.

Porównując nakłady i efekty interesujemy się przede wszystkim:

- stosunkiem efektów do nakładów (ilekrotnie uzyskane wyniki przewyższają poniesione nakłady),
- okresem zwrotu nakładów (po upływie jakiego okresu czasu poniesione nakłady będą zrekomensowane uzyskanymi efektami).

Efekty automatyzacji procesu informacyjnego przedsiębiorstwa różnią się od efektów wprowadzenia automatyzacji procesu technologicznego, gdyż te drugie przynoszą dodatkową wartość.

Efekty występujące w systemach informacyjnych można dzielić na wiele sposobów, są to sprawy ogólnie znane [1], dla przypomnienia jako podstawowy podział przyjęto: a) efekty wymierne i niewymierne, b) efekty jednorazowe i ciągłe.

Interesują nas głównie źródła efektów ekonomicznych systemów informacyjnych, związanych z określonymi typowymi dziedzinami działalności przedsiębiorstwa.

^{3d} Obiektowe systemy komputerowej automatyzacji

A. Z zakresu technicznego przygotowania produkcji

- o Efekty wynikające z zaspokojenia potrzeb rynku (wyeliminowanie wyrobów o złej jakości).
- o Zmniejszenie liczby stosowanych rodzajów części w projektach konstrukcyjnych, co powoduje zwiększenie seryjności produkcji (zwiększenie efektywnie wykorzystanego czasu), zmniejszenie stanów normatywnych materiałów.
- o Zwiększenie stopnia normalizacji i unifikacji wyrobów i części (w wyniku informacji o częściach już produkowanych).
- o Zmniejszenie nakładu pracy na prace konstrukcyjne i technologiczne.
- o Zmniejszenie liczby różnych operacji.
- o Zwiększenie zakresu stosowania grupowej obróbki części, co w efekcie daje zwiększenie seryjności.
- o Ograniczenie liczby pomocy warsztatowych.
- o Zmniejszenie zużycia materiałów w wyniku optymalizacji rozkroju.

B. Z zakresu planowania produkcji

- o Efekty wynikające z terminowego wykonania zadań asortymentowych i ilościowych.
- o Efekty wynikające ze zmniejszenia godzin przestoju w związku ze zwiększeniem rytmu produkcji.
- o Zmniejszenie liczby godzin przestoju w wyniku ciągłości serii, planowania zużycia materiałów, planowania pomocy warsztatowych.
- o Efekty wynikające z optymalizacji planów produkcji (możliwości realizacji zwiększonego planu produkcji).
- o Zmniejszenie stanów produkcji w toku, możliwość realizacji produkcji w serii ekonomicznej.

C. Z zakresu gospodarki materiałowej

- o Zmniejszenie stanów zapasów materiałów w wyniku optymalizacji tych zapasów.
- o Zmniejszenie stanów zapasów materiałów w wyniku powiązania planowania zużycia materiałów z rzeczywistymi terminami wejścia materiału do obróbki.
- o Zmniejszenie stosowania materiałów zastępczych w wyniku właściwego planowania dostaw materiałów.
- o Likwidacja przestoju z powodu braku materiałów dzięki zastosowaniu w efekcie planowania zużycia - planowania ciągłego.
- o Zmniejszenie liczby braków dzięki wykonywaniu na emc szczegółowej analizy przyczyn i źródeł ich powstawania.

D. Z zakresu gospodarki narzędziowej

- o Zmniejszenie przestoju maszyn z powodu braku pomocy warsztatowych.
- o Zmniejszenie stanu zapasów pomocy warsztatowych.
- o Zmniejszenie strat czasu spowodowanych stosowaniem technologii zastępczych wynikających z braku wykonania właściwych pomocy warsztatowych.

E. Z zakresu gospodarki remontowej

- o Zmniejszenie liczby godzin przestoju (z powodu awarii urządzeń produkcyjnych) w wyniku właściwego planowania i realizacji remontów.
- o Efekty związane z optymalizacją zapasów części przeznaczonych do remontu urządzeń produkcyjnych.

F. Z zakresu transportu

- o Efekty wynikające z optymalizacji środków i tras transportowych.

G. Efekty występujące równoległe z efektami omówionymi

- o Zwiększenie dokładności i jakości uzyskiwanych wyników.

- Efekty wynikające z możliwości otrzymania różnorodnych informacji (dodatkowe przekroje informacji) do celów zarządzania.
- Zmniejszenie liczby pracowników.

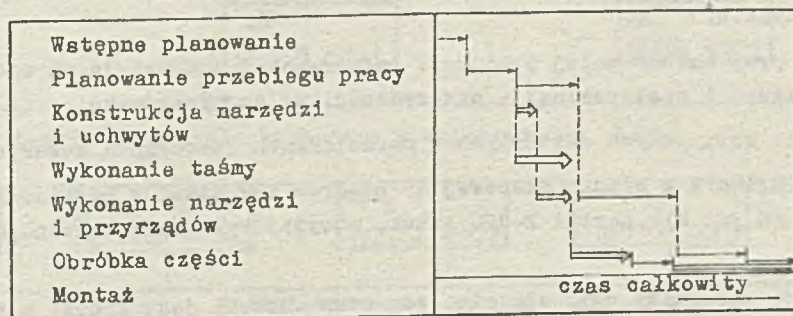
Po omówieniu źródeł efektów w systemach informatycznych omówimy jakich efektów należy się spodziewać przy stosowaniu automatyzacji w zakładach przemysłu maszynowego.

3. Efekty stosowania automatyzacji niekomputerowej w przemyśle maszynowym

Efekty automatyzacji w przemyśle maszynowym podajemy przede wszystkim na przykładzie obrabiarek sterowanych numerycznie (osn)

Główne zalety obrabiarek sterowanych numerycznie wg źródeł niemieckich [9]

- Oszczędność na czasie zadaniem (jednostkowym) wynosi 20-70%, przy czym czas ten jest coraz bliższy czasowi jednostkowemu wynikającemu z cyklu obrabiarki, ponieważ wpływ operatora jest minimalny. To powoduje, że wydajność obrabiarki jest równa na przestrzeni tygodnia.
- Obrabiarki są lepiej wykorzystane. Udział czasu rzeczywistej pracy obrabiarki (ruch roboczy i jałowy) wynosił np. dla frezarek konwencjonalnych 25-30%, przy osn 50-70%, dla wytaczarek konwencjonalnych 33% przy osn 60%.
- Oszczędności na tprz (czas przygotowawczo-zakończeniowy), np. czas ustawiania wytaczarki sterowanej numerycznie (sn) zmniejszono o 55%, na automacie rewolwerowym sn czas ustawiania był mniejszy o 43% w stosunku do krzywkowego.
- Oszczędność na kosztach pomocy warsztatowych, osn wymagają z reguły prostych uchwytów, eliminuje się zatem koszty wykonania specjalnych uchwytów, koszty ich konserwacji i magazynowania.
- Zmniejszenie kosztów narzędzi, co wynika z równomierniejszego przebiegu pracy i wyeliminowania wpływu operatorów na dobór parametrów obróbki.
- Zmniejszenie kosztów kontroli i prób. Przy wyeliminowaniu błędów powodowanych przez operatora można znacznie zmniejszyć liczbę sztuk kontrolowanych przy ustawianiu obrabiarki, a w niektórych wypadkach można ograniczyć się do kontroli pierwszej sztuki.
- Skrócenie cyklu produkcyjnego i szybszy przepływ części przez warsztat. Np. rys. 1 pokazuje wykonanie skrzynki przekładniowej na poziomej wiertarce. Cykl pracy osn skrócił się o 1/3.
- Zmniejszenie zapasów magazynowych. Skrócenie cyklu produkcyjnego i czasów przeobrażania obrabiarek pozwala na zmniejszenie wielkości serii, a więc i na zmniejszenie zapasów części do montażu i półwyrobów w toku produkcji. Części zamienne mogą być produkowane na poszczególne zamówienia a nie do magazynu.
- Oszczędność powierzchni. Osn mogą zastąpić często kilka obrabiarek konwencjonalnych, a dodatkową oszczędność powierzchni uzyskuje się ze zmniejszenia powierzchni na produkcję w toku (rozdzielnie) i magazyny.
- Możliwość szybkiego przeprowadzenia zmian konstrukcyjnych. Zmian wymaga z reguły tylko taśma sterująca, dość rzadko zmieniać trzeba proste uchwyty.



→ obrabiarki konwencjonalne
 ⇨ obrabiarki sterowane numerycznie (osn)

Rys. 1. Cykl produkcji na obrabiarkach konwencjonalnych i obrabiarkach sterowanych numerycznie

Wady obrabiarek sterowanych numerycznie

- Koszt osn, który w zależności od rodzaju obrabiarek jest od kilku do kilkunastu razy większy od kosztów obrabiarek konwencjonalnych.
- Następnym utrudnieniem jest fakt, że osn narzucają całej produkcji konieczność dostosowania się do ich rytmu pracy, co stawia duże wymagania organizacji zakładu.
- Wzrastają wymagania, co do jakości półwyrobów i materiałów, które mają być obrabiane na osn.
- Zwiększenie wymagań w zakresie konserwacji i remontów (znaczące zwiększenie kosztów konserwacji i remontów; potrzebna jest także wyszkolona kadra o wysokich umiejętnościach).
- Konieczność zatrudnienia wykwalifikowanej kadry przygotowującej proces i operatorów.

Ze względu na wysokie koszty, efektywność stosowania osn nie jest jednakowa dla różnych typów obrabiarek.

Udział czasu rzeczywistego pracy (czasu głównego) w całym funduszu godzin danej obrabiarki kształtuje się następująco:

- dla obrabiarek konwencjonalnych 25-35% przy narzędziach SWS (stal szybko tnąca),
- dla obrabiarek konwencjonalnych 15-25% przy ostrzach z węglików spiekanych,
- dla wytaczarek sn - 60%,
- dla frezarek - 50-75%,
- inne specyficzne wypadki do 90%.

Efekt ten wynika z przeniesienia poza stanowisko robocze (obrabiarke sn) znacznej części czynności wchodzących w skład tpz i wyeliminowanie znacznej części czasu traconego.

Czas główny zasadniczo jest równy dla obrabiarek konwencjonalnych i osn, ponieważ wynika z parametrów procesu. Wyjątkiem jest sytuacja, gdy pożądana jest zmiana szybkości skrawania.

Oszczędności przy pracy na osn

- Elementem oszczędności jest okres między czasami głównymi, tj. czas uzbrajania i regulowania obrabiarki, czas przebiegów jałowych narzędzi, zmian pozycji wyrobu, zmian parametrów obróbki, zmiany i wymiany narzędzi, mocowanie i zdejmowanie półwyrobów itd. Najkorzystniejsze warunki dla osn dają takie części, które wymagają dużej liczby zabiegów, zwłaszcza zabiegów wymagających różnych typów obróbki. Im bardziej skomplikowana część - tym większe korzyści na obróbce daje stosowanie sterowania programowego.
- Drugim elementem mającym wpływ na stosowanie obrabiarek ze sterowaniem numerycznym jest oszczędność na oprzyrządowaniu. Wszystkie pozycje narzędzia względem obrabianego półwyrobu nadawane są przez układ sterujący obrabiarki - nie potrzeba stosować przyrządów do nadawania przedmiotowi obróbki położeń potrzebnych przy obróbce poszczególnych powierzchni. Przedmiot obrabiany może być z reguły mocowany za pomocą zacisków. Dodatkową korzyścią jest większa dokładność powierzchni sprzężonych wobec eliminacji błędów wynikających z kilkakrotnego bazowania. Można przyjąć, że im bardziej skomplikowana część, tym większe oszczędności można uzyskać na oprzyrządowaniu.

Przy stosowaniu osn przy bardzo małej produkcji jednorazowej przeważają na ogół oszczędności na czasie, przy większej i powtarzalnej - oszczędności na oprzyrządowaniu.

Przykłady szczególnie korzystnych zastosowań w obrabiarkach sterowania numerycznego:

- wiertarki - np. do wiercenia w płycie stalowej 15 otworów i 2 otworów rozwierconych, najtańsze jest stosowanie sn już dla partii 2-120 sztuk, powyżej wykonanie konwencjonalne w przyrządach,
- wytaczarki - najlepsze rezultaty uzyskuje się, gdy czas obróbki jest krótki w porównaniu z czasem ustawiania obrabiarki, np. podstawa maszyny IBM [9] (odlew ciśnieniowy ze stopu Al), cykl produkcyjny po zastosowaniu sn został zredukowany z 28 do 5 dni, wielkość serii ze 180 do 100 sztuk, liczba operacji z 11 do 2, czas ustawiania z 6,3 godz. do 1 godz., a czas obróbki 100 sztuk z 23,7 godz. do 20 godz. Rama maszyny IBM [9] (odlew ze stopu Al) cykl produkcyjny po zastosowaniu sn został zredukowany z 78 dni do 8 dni, wielkość serii została

zredukowana z 400 do 100 sztuk, liczba operacji z 15 do 2, czas ustawiania maszyny został skrócony z 11,5 godz. do 1,5 godz.

- frezarki - szczególnie korzystne jest sterowanie numeryczne przy frezowaniu konturów, jest opłacalne nawet przy bardzo małych seriach kilku sztuk.

Sterowanie numeryczne rzadziej stosuje się do obrabiarek do toczenia, gdzie wymagane jest głównie sterowanie ciągłe, ze względu na zbyt wysokie ceny układu sterowania. Najbardziej odpowiednimi częściami do obróbki na tokarkach sn, są części wymagające obróbki kształtowej.

Wraz z rozwojem techniki mikroprocesorowej i zastosowaniem układów mikroprocesorowych do sterowania obrabiarek, obniży się wyraźnie udział kosztów sterowania w obrabiarce do kosztów hardware'u (samej obrabiarki). Tendencja ta prowadzi do redukcji kosztów układów do sterowania ciągłego ze 150% kosztów obrabiarki konwencjonalnej do 10%.

Należy się liczyć, że rozwój zastosowania sterowania mikroprocesorowego w obrabiarkach spowoduje wzrost efektów ze stosowania w procesie produkcyjnym obrabiarek sterowanych numerycznie.

Urządzenia automatyczne typu osn, zautomatyzowanych transporterów i magazynów materiałowych, automatycznych linii montażowych, należą do podstawowych elementów obiektowego systemu komputerowej automatyzacji. Omówimy teraz jak będą się kształtowały koszty tych urządzeń, koszty sprzętu komputerowego oraz ogólne koszty OSKA przy różnych konfiguracjach sprzętu komputerowego i przy różnych procesach technologicznych.

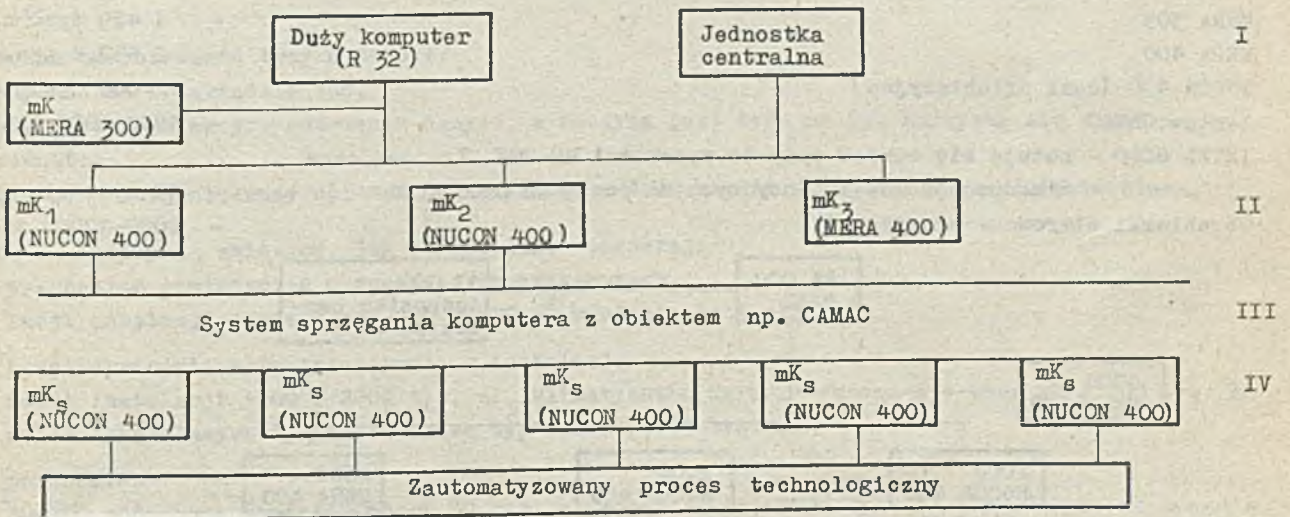
4. Koszty wprowadzenia OSKA w przemyśle maszynowym

Na koszty OSKA ogólnie składają się następujące czynniki:

- koszt systemu komputerowego z oprogramowaniem podstawowym bez urządzeń (automatów) wykonawczych (K)
- koszt automatycznych linii czy zautomatyzowanych gniazd produkcyjnych (K_L)
- koszt związany z organizacją ośrodków epd (elektronicznego przetwarzania danych) (K_o)
- koszt oprogramowania specjalnego (Q_p).

Jest to zatem koszt systemu sterowania procesem produkcyjnym, systemu obiegu i przetwarzania informacji do celów sterowania i zarządzania, z uwzględnieniem kosztu organizacji ośrodka.

Nadrzędny system sterowania (hierarchiczny) można przedstawić wg poniższego schematu:



Rys. 2. Nadrzędny system sterowania

- mK_1 - sterowanie wydziałem produkcyjnym, linią technologiczną lub automatem technologicznym
- mK_2 - sterowanie układami pomiarowo-kontrolnymi (statystyczna i dynamiczna kontrola jakości)

mK_3 - wprowadzanie i wyprowadzanie informacji ze stanowiska roboczego, przygotowanie techniczne produkcji (konstrukcyjno-technologiczne).

W myśl przyjętych założeń koszty OSKA możemy określić na podstawie wzoru

$$F = K + K_o + K_L + Q_p$$

- udział kosztów systemu komputerowego bez urządzeń automatów wykonawczych (K) w ogólnych kosztach OSKA, można uznać jako złożoność systemu komputerowego (sprzętu)
- udział kosztów związanych z organizacją ośrodka epd (K_o) w ogólnych kosztach OSKA - można uznać jako stopień przygotowania zakładu do wprowadzenia epd
- udział kosztów automatycznych linii, czy zautomatyzowanych gniazd (K_L) w ogólnych kosztach OSKA - można uznać jako stopień złożoności linii technologicznej
- udział kosztów oprogramowania specjalnego (Q_p) w ogólnych kosztach OSKA można przyjąć jako stopień złożoności oprogramowania

Każdy z tych czterech elementów kosztów OSKA w warunkach rzeczywistych będzie przybierać różne wartości. W pracy rozważono:

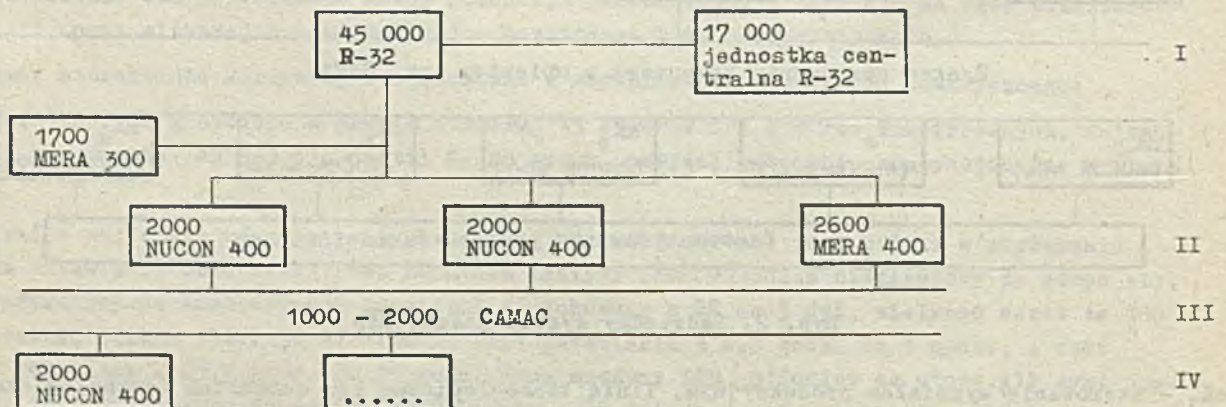
- dla "K" - wersję sprzętową dla systemu hierarchicznego, dwa warianty minimum i maksimum
- dla "K_o" - warunki, w których: a) nie ma w zakładzie epd, b) gdy jest ośrodek przygotowania danych a maszyna jest typu mK lub ośrodek korzysta z maszyny na zewnątrz, c) jest zorganizowany ośrodek obliczeniowy z dużą emc do zarządzania przedsiębiorstwem
- dla "K_L" - dwie zautomatyzowane linie obróbki wiórowej oraz linię montażową, dla dwóch pierwszych linii rozpatrzono warianty minimum i maximum
- dla "Q_p" - koszty oprogramowania specjalnego dla a) prostych procesów technologicznych zbliżonych do ciągłych, b) dla średnio złożonych, c) dla złożonych (montaż karoserii)

Koszty systemu komputerowego (K)

Na podstawie przyjętych danych i schematu systemu hierarchicznego możemy zbudować model kosztów systemu, bez członów wykonawczych.

Ceny urządzeń

R-32 - z oprogramowaniem i sprzętem towarzyszącym	- 44 753 tys. zł
- wg konfiguracji standardowej	- 32 429 tys. zł
MERA 305	- 1 429 tys. zł
MERA 400	- 2 552,8 tys. zł
NUCON 400 (cena orientacyjna)	- 2 000 tys. zł
Zestaw CAMAC	- 1000-2000 tys. zł
INTEL 8080 - notuje się spadek ceny do wysokości 40-20%. Krajowa cena mikroprocesorów licencyjnych na początku produkcji	- 10 tys. zł
Obrabiarki sterowane numerycznie	- 2000-10000 tys. zł



Koszty systemu

$$K = I + II + III + IV$$

A. Wersja minimum

Sterowanie zarządzaniem opiera się na jednym komputerze R-32, jednej jednostce elektroniczno-go przetwarzania informacji na wydziale 1 mK (typ np. MERA 400), jednostce sterującej pracą linii 1 mK (typ np. NUCON 400) i małym systemie CAMAC. System sprzęgania mk z systemem NUCON ze względu na stosunkowo niskie koszty np. 300 tys. zł, może być pomijany. Koszt takiego systemu K_{min_1} wyniesie 49.600 tys. zł.

W celu zapewnienia niezawodności systemu w centralnym ogniwie dubluje się jednostkę centralną. Koszt procesora z pamięcią 256 kb - 17.000 tys. zł. Koszt takiego systemu K_{min_2} wyniesie 66.600 tys. zł.

B. Warianty systemu maximum

Sterowanie opiera się na maszynie np. R-32, z dodatkową jednostką centralną z pamięcią 256 kb, mk MERA 300 do przygotowywania programów, 3 mk na poziomie II, system CAMAC, mk sterujące liniami 1-5 NUCON 400.

Koszt systemu K_{max_1} (przy 1 mK na poziomie IV) wyniesie 73.300 tys. zł.

Koszt systemu K_{max_2} (przy 5 mk na poziomie IV, rozbudowany system CAMAC) wyniesie 82.300 zł.

C. Ze względu na rozwój mikroprocesorów należy rozważyć w układzie kosztów wariant, kiedy rolę mk sterującego linią przejmie mikroprocesor

$$K_{min_{2\mu p}} = \begin{matrix} R-32 \\ 45\ 000 \end{matrix} + \begin{matrix} Jc\ R-32 \\ 17\ 000 \end{matrix} + \begin{matrix} MERA\ 400 \\ 2\ 000 \end{matrix} + \begin{matrix} \mu P \\ 10 \end{matrix} + \begin{matrix} CAMAC \\ 1\ 000 \end{matrix}$$

Koszty takiego systemu będą wynosiły odpowiednio: koszty minimalne przy sterowaniu 1 μp - $K_{min_{2\mu p}} = 64.610$ tys. zł, koszty maksymalne przy 10 μp - $K_{max_{1\mu p}} = 71.310$; $K_{max_{2\mu p}} = 72.350$ tys. zł.

Koszty związane z organizacją ośrodka epd

Dotychczasowa ocena dotyczyła tylko kosztów sprzętu oraz oprogramowania standardowego.

Dla systemu, który przyjęliśmy (sterowanie nadrzędne dużym komputerem) konieczne jest stworzenie ośrodka obliczeniowego. Należy tu wziąć pod uwagę następujące elementy: personel ośrodka obliczeniowego, pomieszczenia o specjalnych wymaganiach; instalacje (przetwornice, klimatyzacja itp.).

Można tu rozróżnić trzy sytuacje:

- gdy nie ma w zakładzie epd,
- gdy jest ośrodek przygotowania danych, a maszyna jest typu mk lub korzysta się z maszyny z zewnątrz,
- gdy jest zorganizowany ośrodek obliczeniowy z dużą emc do zarządzania przedsiębiorstwem.

do p. a Koszty są związane, jak powiedziano wcześniej:

- z wykonaniem pomieszczeń o specjalnych wymaganiach,
- koszt adaptacji powierzchni $100 \div 500\ m^2$ wyniesie do 5 mln zł
 - z przetwornicami, klimatyzatorami, z instalacją
- koszt instalacji $1000 \div 2000$ tys. zł, klimatyzator Carrier - koszt 534 tys. zł + 100 tys. zł automatyka Honeywell, przetwornica typ Selin $\div 700$ tys. zł
 - z personelem
- 30-100 osób przy średniej płacy 50 tys. zł rocznie, tj. 1500 tys. zł - 5000 tys. zł rocznie
- Łączne koszty organizacji ośrodka $K_{(A)0}$ wyniosą $3500 \div 12\ 000$ tys. zł

do p. b

- rozbudowanie istniejącej powierzchni minimum o $50\ m^2$, maximum o $400\ m^2$; koszt wyniesie minimum 500 tys. zł, maximum 4000 tys. zł

- rozbudowa instalacji istniejącej 100 tys. zł, budowa nowej (o ile nie było) - 2000 tys. zł,
- zwiększenie personelu - przy małym ośrodku o 20 osób, przy dużym o 80 osób (średnia płaca roczna 50 tys. zł).

Łączne koszty organizacji ośrodka $K_{(B)}^0$ wyniosą 2500 - 10 000 tys. zł

do p. c

- nie nastąpi zasadniczo rozbudowa istniejącej powierzchni,
- nie nastąpi rozbudowa instalacji,
- zatrudnienie może wzrosnąć np. o 10-30 osób.

Łączne koszty organizacji ośrodka $K_{(C)}$ wyniosą 500 tys: zł - 1500 tys: zł.

Dla wariantów A, B, C koszty ośrodka będą od 1,5 mln zł - 12 mln zł.

Rozpatrzenie wariantów A, B, C (koszty związane z organizacją ośrodków epd w wariantach kosztów systemów sterowania minimum i maximum) bez automatyzacji procesu (Q).

Koszt systemu (sprzęt + organizacja ośrodka emc) dla wariantów ABC organizacji ośrodka w tys. zł

Q_1 \ wariant organizacji ośrodka	A	B	C
Q_{min_1}	53 100	52 100	51 000
Q_{min_2}	70 100	69 100	67 100
Q_{max_1}	85 300	83 300	74 200
Q_{max_2}	94 300	92 300	83 800

Jak będzie wyglądał procentowy udział kosztów K_0 w koszcie systemu sterowania Q pokazuje poniższa tabela.

Tab. Procentowy udział kosztów organizacji ośrodka (K_0) w koszcie systemu sterowania Q

Q \ Wariant	A	B	C
Q_{min_1}	6,6%	4,8%	0,98%
Q_{min_2}	5,0%	3,6%	0,75%
Q_{max_1}	14,0%	12,0%	2,0%
Q_{max_2}	12,7%	10,0%	1,8%

dla wariantu:

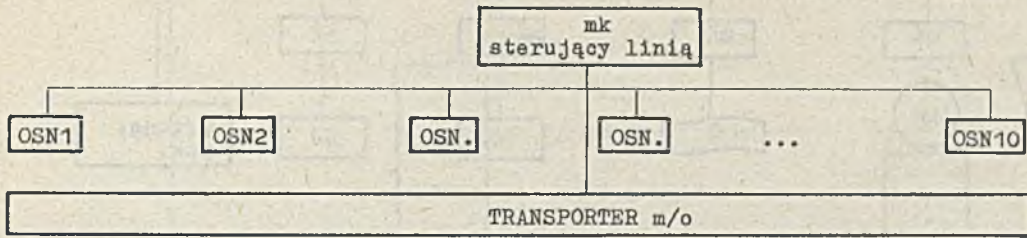
$$A: \frac{K_0 \ 100\%}{Q} = 5 \div 14; \quad B: \frac{K_0 \ 100\%}{Q} = 3,6 \div 12; \quad C: \frac{K_0 \ 100\%}{Q} = 0,75 \div 2$$

Koszty automatyzacji produkcji (procesu technologicznego) z zastosowaniem komputera (K_L)

W celu określenia kosztów automatyzacji produkcji (procesu technologicznego), rozważmy dwa przykłady wzorowane na istniejących bądź projektowanych liniach automatycznych w przemyśle maszynowym.

Przykład A

System automatyzacji wydziału mechanicznego wzorowany na linii frezarko-wiertarek



Liczba obrabiarek sterowanych numerycznie 5-10 (w linii)

Koszty OSN kształtują się jak niżej:

np. tokarka sn (firmy Gildenmeister)	- 6000 tys. zł
frezarki	- 3500 - 4000 tys. zł
tokarka programowana sekwencyjnie	- 3000 tys. zł

Koszt małej linii (np. 5 obrabiarek) wyniesie 4500 tys. zł x 5 = 22 500 tys. zł.

Koszt dużej linii: (np. 10 obrabiarek) wyniesie 45 000 tys. zł.

Urządzenia produkcji krajowej są dotychczas bardzo drogie, np. frezarko-wytyczarka - 10 mln zł.

Mała linia 10 000 x 5 = 50 000 tys. zł, duża linia 10 000 x 10 = 100 000 tys. zł.

Transporter w zależności od stopnia złożoności urządzenia kosztuje od 1 do 10 mln zł. Urządzenia towarzyszące, np. automatyczny magazyn półwyrobów, automatyczny magazyn wyrobów - koszty od 1 do 5 mln zł, urządzenia testujące - 3 - 5 mln zł.

Koszt zautomatyzowanej linii (K_L) składa się z następujących elementów:

$$K_L = K_{OSN} + K_T + K_M + K_{KJ}$$

osn - linia obrabiarek sterowanych numerycznie	- K_{OSN}
T - transporter	- K_T
M - automatyczny magazyn półwyrobów i wyrobów	- K_M
KJ - urządzenia testujące	- K_{KJ}

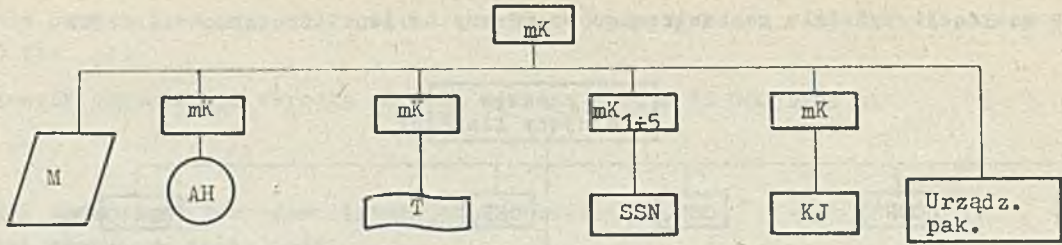
Koszty $K_{L_{min}}$ będą utworzone przez minimalne przyjęte wartości poszczególnych składników, koszty $K_{L_{max}}$ - przez maksymalne wartości.

Minimalny koszt systemu $K_{L_{min}}$ wyniesie 55 000 tys. zł a maksymalny $K_{L_{max}}$ 120 000 tys. zł.

Następny przykład do określenia kosztów linii technologicznej wzorowany jest na linii do produkcji gwintowników.

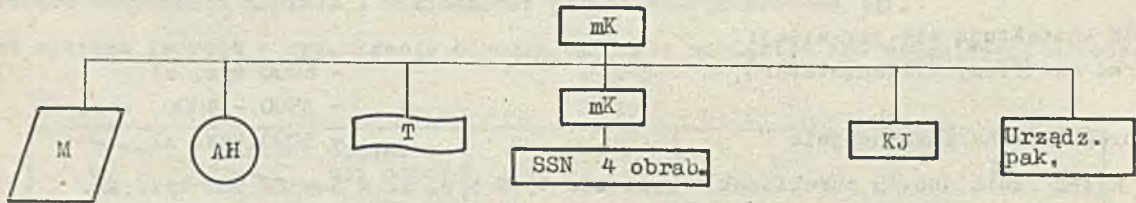
Przykład B

Zakłada się, że sterowanie będzie obejmować następujące procesy technologiczne: praca magazynu automatycznego materiałów o różnej średnicy, przygotowanie półfabrykatów, obróbka cieplna, obróbka mechaniczna, czyszczenie, mycie, cechowanie, kontrola wyrobu, konserwacja, pakowanie.



Przyjmuje się, że liczba minikomputerów występujących w linii wyniesie od 1 do 12.

Wariant minimum



Koszt automatycznej linii (K_L)

$$K_L = K_{mK} + K_{aH} + K_T + K_{SSN} + K_{KJ} + K_X$$

mK - NUCON 400 - 2000 tys. zł; K_{mK}

AH - automat hartujący - 1000 tys. zł; K_{aH}

T - transporter - 500 tys. zł; K_T

SSN - obrabiarki - 5000 tys. zł; K_{SSN}

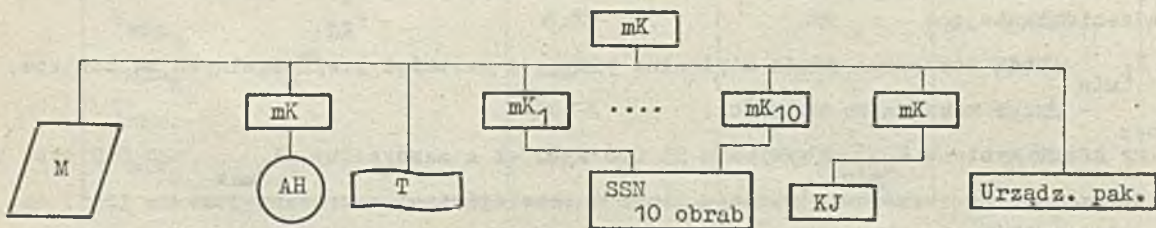
KJ - urządzenia kontrolno-pomiarowe - 2000 tys. zł; K_{KJ}

X - urządzenia pakujące i inne elementy linii $\approx 30\%$ składników K_X

analogicznie, jak dla przykładu A oblicza się koszty K_{Lmin_1} i K_{Lmin_2} .

Koszt minimalny K_{Lmin_1} wyniesie 33 000 tys. zł a K_{Lmin_2} - 36 000 tys. zł.

Wariant maksimum



mK - NUCON 400 - 2000 tys. zł; - K_{mK}

AH - automat hartowniczy 2000 tys. zł; - K_{aH}

T - transporter - 2000 tys. zł; - K_T

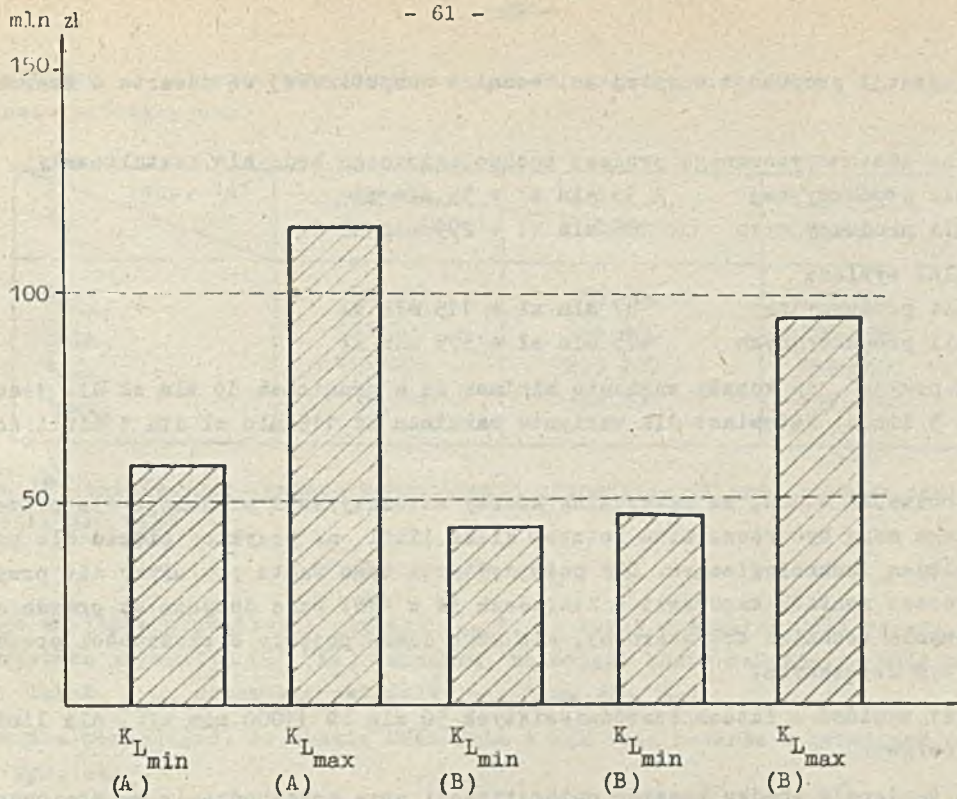
SSN - obrabiarka sterowana numerycznie - 5000 tys. zł; - K_{SSN}

KJ - urządzenia kontrolno-pomiarowe - 3000 tys. zł; - K_{KJ}

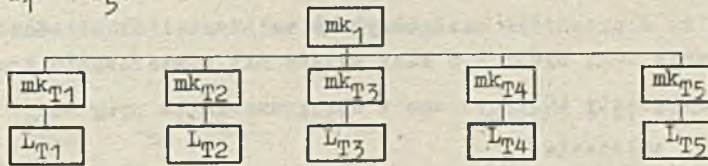
K - pozostałe urządzenia - 20% - K_X

Koszty systemu maksimum (K_{Lmax}) wyniosą 97 000 tys. zł.

Koszty dużych systemów sterowanych komputerem zależą od złożoności procesu technologicznego, czyli od liczby sterowanych urządzeń automatycznych, jak również od nasycenia linii komputerami. Systemy złożone mogą być nawet kilkakrotnie droższe od systemów prostych, widać to wyraźnie na diagramie.



Dotychczasowe schematy dotyczyły 1 linii, co może odpowiadać rzeczywistości w prostych układach produkcyjnych (zakład produkuje głównie wyroby o podobnym procesie technologicznym) lub wydziałowi produkcyjnemu w systemie kilku różnych technologicznie wyrobów produkowanych w zakładzie. Przyjmijmy, że zakład produkuje średnio 5 rodzajów wyrobów o odmiennym procesie technologicznym. Będziemy wtedy mieli do czynienia z pięcioma liniami (gniazdami) automatycznymi $L_{T_1} + L_{T_5}$.



Koszty systemu

$$K_{L_T} = \sum_{i=1 \div 5} K_{L_i}$$

Tab. Koszt systemu z pięcioma liniami technologicznymi dla przykładu A i B (w mln zł)

Przykład	A mln zł	B mln zł
$K_{L_{T_{min_1}}}$	275	165
$K_{L_{T_{min_2}}}$	-	180
$K_{L_{T_{max}}}$	575	485

Koszty automatyzacji produkcji opartej na technice komputerowej są zawarte w szerokich granicach.

- Koszty minimalne zautomatyzowanego procesu technologicznego będą się kształtowały
dla jednej linii produkcyjnej 33 mln zł + 55 mln zł
dla pięciu linii produkcyjnych 165 mln zł + 275 mln zł
- Koszty maksymalne wyniosą
dla jednej linii produkcyjnej 97 mln zł + 115 mln zł
dla pięciu linii produkcyjnych 485 mln zł + 575 mln zł

Ogólnie można przyjąć, że koszty wariantu minimum są w granicach 33 mln zł dla jednej linii, 165 mln zł - dla 5 linii. Natomiast dla wariantu maksimum od 115 mln zł dla 1 linii do 575 mln zł dla 5 linii.

Z powyższych rozważań widać, że maksymalne koszty automatyzacji produkcji dla procesu technologicznie złożonego mogą być równoważne kosztom kilku linii, na przykład pięciu dla procesów prostych pod względem technologicznym. Dla potwierdzenia tego faktu posłużymy się przykładem automatyzacji procesu montażu karoserii w Zakładach VW w RFN. Dane dotyczą co prawda automatyzacji bez zastosowania techniki komputerowej, ale mogą dawać pojęcie o złożoności procesu montażu i kosztach z tym związanych.

Koszt tej linii wyniósł w latach sześćdziesiątych 50 mln DM (1000 mln zł), dla linii o wydajności 240 zespołów/godz.

Ze względu na tendencję spadku kosztów automatyzacji przy przechodzeniu na sterowanie mini-komputerowe (tendencja dotyczy głównie USA i wysoko rozwiniętych krajów Europy Zachodniej), obecnie koszty tego typu linii byłyby odpowiednio niższe. W odniesieniu do warunków krajowych, koszty te chyba nie uległyby zmianie.

Koszty komputerowej automatyzacji produkcji z uwzględnieniem oprogramowania specjalnego

Dotychczas nie brano pod uwagę kosztów specjalnego oprogramowania. Wg źródeł brytyjskich dla procesów (ciągłych) w chemii koszty oprogramowania są równe lub wyższe od kosztów maszyny cyfrowej ze sprzętem peryferyjnym.

Doświadczenia wskazują, że w przemyśle maszynowym (w zależności od złożoności procesu produkcyjnego) koszty oprogramowania mogą być 3 ÷ 5 razy wyższe niż w sterowaniu procesami ciągłymi.

Jak będą się kształtowały koszty (Q^*) systemu z oprogramowaniem przy takim założeniu?

Przyjmuje się następujące założenie:

- dla prostych procesów technologicznych zbliżonych do ciągłych $a = 1$,
- dla średnio złożonych $a = 3$,
- dla złożonych $a = 5$.

Koszty systemu sprzętu z uwzględnieniem kosztów oprogramowania specjalnego

Koszty systemu emc (Q^*) z oprogramowaniem specjalnym Q_p

$$Q^* = K + Q_p; \quad Q_p = a \times K$$

przy obliczonych uprzednio

$$K_{\min_1} = 49\ 600 \text{ tys. zł}$$

$$K_{\max_1} = 73\ 300 \text{ tys. zł}$$

$$K_{\min_2} = 66\ 000 \text{ tys. zł}$$

$$K_{\max_2} = 82\ 300 \text{ tys. zł}$$

Koszt oprogramowania specjalnego wyniesie 49 mln ÷ 411 mln zł w zależności od przyjętego systemu sprzętowego i złożoności procesu technologicznego.

Tab. Koszt systemu Q' (sprzęt komputerowy z oprogramowaniem specjalnym) dla wariantów złożoności procesu produkcyjnego

Q'_i \ wsp. "a"	$a = 1$ (tys. zł)	$a = 3$ (tys. zł)	$a = 5$ (tys. zł)
Q'_{min_1}	99 200	198 400	297 600
Q'_{min_2}	133 200	266 400	396 600
Q'_{max_1}	146 600	293 200	459 800
Q'_{max_2}	164 600	396 200	493 800

Suma kosztów (F) obiektowego systemu komputerowej automatyzacji przy różnych nakładach na organizację ośrodka emc (K_o)

$$F = K + Q_p + K_L + K_o$$

Dla danego wariantu organizacji ośrodka (A, B, C) koszt minimalny OSKA będzie utworzony z $K_{A_o \min}$; pozostałe składniki (Q' , K_L) minimum, natomiast koszt maksymalny OSKA będzie utworzony z $K_{o \min}$ lub $K_{o \max}$, pozostałe składniki maksimum (Q' , K_L).

Ogólnie można powiedzieć, że koszty OSKA $F_{\min} \div \max$ będą zawarte w granicach od 132 000 tys. zł do 1081 000 tys. zł.

Szczegółowe własne wyliczenia poszczególnych wariantów kosztów OSKA zawarte są w pracy [1].

Rozpatrzmy jeszcze system OSKA dla montażu bardzo złożonego procesu technologicznego (linia montażowa karoserii - analogia z VW w NRF):

przyjmujemy

- koszt linii $K_{LM} = 1\ 000\ 000$ tys. zł
- rozbudowany system sprzętowy $K_{max_2} = 82\ 000$ tys. zł
- współczynnik oprogramowania $a = 5$
- koszt systemu, sprzęt + oprogramowanie $Q'_{max_2} = 493\ 800$ tys. zł

Rozpatrując warianty skrajne organizacji ośrodka tj. A i C

dla wariantu A

$$F_{M_{max}} = K_{LM} + Q'_{max} + K_{A_o_{max}} = 1\ 505\ 800 \text{ tys. zł}$$

dla wariantu C

$$F_{M_{min}} = 1\ 494\ 300 \text{ tys. zł}$$

Tab. Zestawienie powiązań między składnikami systemu a kosztom całości OSKA* w tys. zł

Skład OSKA F_i	Stopień przygotowania do wprowadzenia epd	%	Stopień złożoności systemu (sprzęt)	%	Stopień złożoności oprogramowania	%	Stopień złożoności linii technologicznej	%	F
	K_o		K		Q_p		K_{LT}		
F_{min}	500	0,4	49 600	37,4	49 600	37,4	33 000	24,9	132 700
$F_{o max}$	12 000	8,3	49 600	34,4	49 600	34,4	33 000	22,9	144 200
$F_{min_{L_1}}$ 1 l. obr.	12 000	4,1	82 300	28,2	82 300	28,2	115 000	39,5	291 600
$F_{max_{L_1}}$ 1 l. obr.	12 000	1,9	82 300	13,2	411 500	66,1	115 000	18,5	621 000
$F_{min_{L_m}}$ 5 l. obr.	12 000	1,6	82 300	10,9	82 300	10,9	575 000	76,5	751 600
$F_{max_{L_m}}$ 5 l. obr.	12 000	1,1	82 300	7,6	411 500	38,0	575 000	53,2	1081 000
$F_{o min}$	500	0,05	82 300	7,7	411 500	38,5	575 000	53,7	1069 500
F_{max_M}	12 000	0,8	82 300	5,5	411 500	27,0	1000 000	66,0	1505 800

* Obliczenia własne

Omówienie wariantów powiązań poszczególnych składników kosztów OSKA

- F_{min} - system, w którym przyjęto koszty K, K_L, Q_p, K_o - "minimum"
- $F_{o max}$ - system, w którym K_o jest max (to znaczy, że zakład nie ma ośrodka obliczeniowego i epd) pozostałe czynniki "minimum"
- $F_{min_{L_1}}$ - system, w którym przyjęto maksymalne koszty organizacji ośrodka, system sprzętowy K_{max} , współczynnik oprogramowania $a = 1$, proces realizowany na 1 linii technologicznej o maksymalnej złożoności
- $F_{max_{L_1}}$ - system jak F_{min} , o wysokich kosztach oprogramowania $a = 5$
- $F_{min_{L_m}}$ - system, w którym przyjęto maksymalne koszty organizacji ośrodka ($K_{o max}$), system sprzętowy K_{max} , proces realizowany na pięciu liniach technologicznych $K_{LT max}$, niskie koszty oprogramowania $a = 1$
- $F_{max_{L_m}}$ - system jak $F_{min_{L_1}}$, o wysokich kosztach oprogramowania $a = 5$
- $F_{o min}$ - system, w którym przyjęto $K_{LT max}, K_{max}, Q_{p max}, K_{o min}$ najniższe koszty organizacji ośrodka
- F_{max_M} - system, w którym wszystkie koszty są maksymalne i rozpatrzono złożony proces montażowy (K_{LM})

Główne czynniki mające wpływ na koszty systemów OSKA

- Złożoność procesu technologicznego (K_L) 22,9% - 76%
- Czy dotychczasowa produkcja jest już zautomatyzowana $f(K_L)$
- Koszty oprogramowania systemu $f(K, K_L)$ 27% - 38%

- Liczba różnych technologicznie detali lub wyrobów (liczba koniecznych linii) $f(K_{IT})$
- Koszty systemu komputerowego $K \ 5\% + 37\%$

Mniejszy wpływ na koszt OSKA ma fakt czy istnieje ośrodek emc, czy trzeba go tworzyć (K_0) $0,4\% + 8,3\%$

5. Przykłady występujących kosztów i zysków w OSKA

Zestawienie czynników mających wpływ na koszt lub zysk

Zysk = (suma wszystkich przychodów) - (suma wszystkich kosztów)

Składniki zmienne

Składniki stałe

K	surowców	Odsutki od kosztów inwestycyjnych Amortyzacja Stałe koszty ogólne
O	paliwa i energii	
S	robocizny	
Z	konserwacji	
T	obsługi	
Y	transportu	
	Zmienne koszty ogólne	
P		Wpływy ze sprzedaży wiedzy o procesie Dotacje
R	Sprzedaż produkcji	
Z		
Y	Sprzedaż usług	
C	Sprzedaż energii (jako produktu ubocznego)	
H H O D Y		

Zestawienie bilansowe przedstawiające walory systemu sterowania z maszyną cyfrową musi zawierać po jednej stronie wszystkie koszty a po drugiej zyski wynikające z całego przedsięwzięcia.

Koszty przedsięwzięcia związane są z projektowaniem systemu, instalowaniem systemu, uruchamianiem systemu, utrzymywaniem systemu.

Określenie kosztów zainstalowania obiektowego systemu komputerowej automatyzacji OSKA jest bardzo utrudnione ze względu na:

- charakter procesów,
- rozmiary procesów,
- charakter wymaganych pomiarów,
- dokładność (czujników) pomiarów,
- stopień złożoności wyrobu (produkcja gwoździ, produkcja gwintowników, czy przekładni zębatych).

Przy porównywaniu kosztów występujących np. w przemyśle chemicznym (wg źródeł angielskich) występuje następująca zależność: przy konwencjonalnym oprzyrządowaniu pomiarowo-regulacyjnym całkowity koszt oprzyrządowania wynosi $5\% \div 15\%$ całkowitych nakładów inwestycyjnych na instalację. Średnio - 10% nakładów inwestycyjnych na instalację.

Na podstawie doświadczeń można uważać, że koszt sterowania z maszyną cyfrową może być równy kosztowi sterowania konwencjonalnego lub być większy o połowę. Zainstalowanie maszyny cyfrowej nie powinno spowodować wzrostu nakładów na całość inwestycji na instalację więcej niż o 5% , np. jeśli koszt oprzyrządowania pomiarowo-regulacyjnego wynosi około $125\ 000\ \$$ to poprawa charakterystyki instalacji w wyniku zastosowania sterowania z maszyną cyfrową (zamiast oprzyrządowania konwencjonalnego) wymagałoby wzrostu całkowitych nakładów inwestycyjnych z $1\ 250\ 000\ \$$ do $1300\ \$$.

W przemyśle aparaturowym (np. chemicznym) można przyjąć za zasadę, że dodatkowy koszt wynikający z zastosowania emc zamiast oprzyrządowania konwencjonalnego maleje ze wzrostem rozmiarów

systemu i ze wzrostem liczby układów regulacji występujących w tym systemie. Wynika to z faktu, że koszt jednostki centralnej i podstawowych urządzeń zewnętrznych w małym stopniu zależy od rozmiarów systemu.

Powyższe dane odnosiły się do systemów, gdzie emc jest wdrażane w nowych instalacjach technologicznych w trakcie ich budowania. Inaczej będą się kształtowały koszty systemu (sterowanie emc) w wypadku włączenia maszyny cyfrowej do już istniejącej instalacji produkcyjnej. Powoduje to wymianę albo całości, albo dużej części przyrządów.

Koszt nowego systemu z emc zwiększony o koszt niezbędnej wymiany oprzyrządowania z reguły znacznie przekracza koszt takiego systemu wdrażanego w budującym się zakładzie (jeszcze wyraźniej wystąpi to w przemyśle maszynowym). W wypadku gdy emc jest wdrażana w instalacji, gdy oprzyrządowanie konwencjonalne było realizowane z uwzględnieniem sterowania emc, koszt ten jest wyższy niż w wypadku pierwszym, ale znacznie niższy, niż w drugim (przy oprzyrządowaniu konwencjonalnym nieprzystosowanym do emc).

Koszty oprogramowania

Koszty oprogramowania do sterowania w linii są równe lub wyższe od kosztów sprzętu (maszyny cyfrowej z bezpośrednim sprzętem peryferyjnym).

Źródła brytyjskie (Interplan z 1971 r.) podają dla większych systemów DDC (direct digital control - bezpośrednie sterowanie numeryczne)

• maszyna cyfrowa	20% + 25%
• oprogramowanie z analizą systemu	25% + 35%
• oprzyrządowanie, montaż, uruchomienie	40% + 50%

Sterowanie nadrzędne, wymagające stosowania modeli matematycznych jest znacznie droższe z powodu kosztów oprogramowania. Koszty sprzętu są nieco większe niż dla DDC ze względu na potrzebę większej mocy obliczeniowej. Przewiduje się, że w następnych latach będzie obniżać się koszt sprzętu przy tendencji do wzrostu kosztów oprogramowania.

Korzyści wynikające ze sterowania z maszyną cyfrową (na przykładzie przemysłu aparaturowego)

- Utrwalenie korzyści ze studiów nad systemem. Wiele korzyści nie jest bezpośrednio związanych z maszyną, lecz wywodzi się ze studiów nad systemem. Korzyści te mogą być osiągnięte bez instalowania maszyny cyfrowej, ale bez emc trudno te korzyści utrzymać (niebadałość lub niedoskonałość personelu obsługi). Maszyna raz zaprogramowana będzie ściśle realizować proces.
- Zwolnienie kierownictwa do innych zajęć.
- Ciągłość sprawnego działania procesu.
- Większa wydajność procesu - możliwość prowadzenia procesu w pobliżu ograniczeń.
- Większa sprawność procesu.
- Lepsze rozumienie procesu.
- Pewniejsze dane dla służby finansowej.
- Sprawniejsze udostępnianie danych.
- Ułatwione sterowanie.

Główne korzyści ze sterowania maszyną cyfrową są sprawą indywidualną każdej instalacji. W jednej mogą wynikać z powodu lepszego wykorzystania surowców, w drugiej z oszczędności paliwa, a w trzeciej ze wzrostu wydajności produkcji, w następnej zaś ze zmniejszenia kosztów obsługi procesu.

Przy tak zróżnicowanych źródłach korzyści, koszty systemu mogą okazać się we wszystkich wypadkach zbliżone.

Inne trudności dotyczące określenia efektów, polegają na prawidłowym rozgraniczeniu efektów z samego stosowania maszyny i z analizy systemu. Sama analiza prowadzi bowiem do uzyskania istotnych korzyści bez względu, czy zostanie zainstalowany komputer czy nie. Bez komputera stopień wykorzystania tych wyników z czasem malałby. T.M. Stout [2] podaje następujące dane dla średniej wielkości systemu:

• jednostka centralna + urządzenia wejścia/wyjścia	210 000 \$
• oprzyrządowanie i sterowanie	60 000 \$
• prace projektowe, techniczne i programowanie (ok. 2/3 przypada na analizę systemu i programowanie, reszta to kierowanie projektowaniem i instalowaniem urządzeń)	200 000 \$
	<hr/>
	470 000 \$

- Orientacyjny podział procentowy kosztów systemu sterowania o wartości 500 000 \$
- | | |
|---|-----|
| • przyrządy | 40% |
| • maszyna cyfrowa (sprzęt i oprogramowanie) | 60% |

Oczywiście koszty rosną wraz ze wzrostem i stopniem złożoności systemu.

Przykład 100-układowej instalacji przemysłu chemicznego:

• oprzyrządowanie pneumatyczne	295 000 \$
• oprzyrządowanie elektroniczne	380 000 \$
• sterowanie nadrzędne z emc	635 000 \$
• system DDC - bez rezerwowania	362 000 \$
- rezerwowanie ręczne	542 000 \$
- pełne rezerwowanie analogowe	677 000 \$

Omówione przykłady dotyczyły sterowania procesem, którego koszt wynosi ponad 12,5 mln \$. Omówione w tekście dane odnoszą się do systemów sterowania z emc kosztujących od 250 000 \$ wzwyż, czyli systemów dla instalacji produkcyjnych o wartości ponad 1 875 000 \$ czy ponad 2,5 mln \$.

Ze względu na rozwój produkcji sprzętu komputerowego, koszty maszyn z oprogramowaniem spadły już do 50 000 + 75 000 \$ przy przyjętej proporcji (60% całego systemu) koszt pełnego systemu komputerowego sterowania procesem wyniosłby 75 000 + 125 000 \$. Koszty te można przyjąć dla sterowania procesem o kosztach budowy instalacji produkcyjnej już tylko 600 000 \$.

Tendencja ta prowadzi do tego, że opłacalne staje się sterowanie komputerowe dla instalacji o koszcie 250 000 \$, a nawet niższym. Podane dane i proporcje przy obecnej tendencji spadku cen na sprzęt, pozwalają określać przybliżone koszty systemu sterowania opartego na maszynie cyfrowej dla dużych instalacji 12,5 ÷ 2,5 mln \$ i średnich 625 ÷ 250 tys. \$.

- Znając koszt instalacji technologicznej można określić koszt systemu (orientacyjnie).
- Określając orientacyjnie koszt maszyny (sprzęt, oprogramowanie) można określić koszt oprzyrządowania (2/3 maszyny), a dalej całego systemu.
- Zakładając koszt oprzyrządowania można określić koszt maszyny i całego systemu.

Przy takim podejściu trzeba pamiętać o stosowaniu współczynników związanych ze złożonością procesu, ilością oprzyrządowania i relacjach cenowych w poszczególnych krajach.

Wzorując się na źródłach zachodnio-europejskich i amerykańskich należy brać pod uwagę fakt, że w krajach RWPG i Polsce koszt 1 godziny pracy żywej w stosunku do pracy maszyny, jest jak 1 : 50 ÷ 1 : 100, natomiast w Stanach Zjednoczonych stosunek ten wynosi odpowiednio 4 : 1,4 [5]. Z tego powodu należy pamiętać, że wdrożenie komputerów OSKA w początkowym stadium, z punktu widzenia przedsiębiorstwa, może nie tylko nie prowadzić do zwiększenia efektywności, a przeciwnie - może wymagać dodatkowych nakładów finansowych, dodatkowej pracy i wysiłku intelektualnego.

Po analizie stosowania systemów informacyjnych, efektów stosowania automatyzacji niekomputerowej w automatyzacji procesów technologicznych w przemyśle maszynowym oraz pokazaniu korzyści wynikających ze sterowania komputerowego procesami ciągłymi, można już ośmielić w przybliżeniu korzyści wynikające z komputerowej automatyzacji zakładów przemysłu maszynowego.

Podstawowy wniosek: w OSKA będą występowały wszystkie elementy efektów osiąganych w systemach informacyjnych. Komputerowe powiązanie systemu zarządzania przedsiębiorstwem z wydziałami produkcyjnymi i procesami technologicznymi powoduje, że omówione efekty będą bardziej spotęgowane. Do tych efektów należy dołączyć te, które wynikają z automatyzacji w wyniku stosowania osn.

Należy jednak szczególnie podkreślić niektóre korzyści i występujące w OSKA elementy, bez których w pewnych sytuacjach w ogóle nie do pomyslenia byłby dalszy intensywny postęp w przemyśle maszynowym. Są to:

- zmniejszenie stanu zatrudnienia w zakładach przemysłu maszynowego przy zapewnieniu wykonania znacznie zwiększonych planów produkcyjnych,
- zapewnienie stałej wysokiej jakości produkcji wynikające ze ścisłej realizacji procesu technologicznego (system komputerowy zapewnia realizację wszystkich parametrów procesu oraz stałą obiektywną automatyczną kontrolę wyrobów),
- większa wydajność procesów produkcyjnych,
- natychmiastowa informacja na żądanie (w różnych przekrojach) o bieżącym stanie produkcji,
- lepsze wykorzystanie parku maszynowego w zakładzie,
- zmniejszenia zużycia materiałów.

Jednakże efekty te mogą być osiągnięte przy spełnieniu niezwykle wysokich parametrów niezawodnościowych całego systemu, tj. sprzętu komputerowego z oprogramowaniem, maszyn i urządzeń technologicznych, odpowiednich jakościowo materiałów i podzespołów, zapewnienie sprawnej obsługi konserwacyjnej i remontów. W pracy nie zostały omówione niesłychanie ważne elementy, dotyczące zagadnienia projektowania OSKA, zarówno od strony jakości projektów, jak i kosztów poniesionych na prace projektowe, które na obecnym etapie, ze względu na ich pionierski charakter będą wysokie.

Literatura

- [1] HOLYŃSKI M., JAWOREK K., SZYNKA J., TAŃSKI K.: Ocena efektywności ekonomicznej obiektowych systemów komputerowej automatyzacji. Archiwum opracowań IMM 1977 nr 27
- [2] HIDDEN A.E., LOWE E.J.: Maszyny cyfrowe w automatyce przemysłowej. Warszawa: WNT 1975
- [3] Giełda Postępu Technicznego. Zbiór referatów. Mechanizacja i automatyzacja pracy inżyniera i technika z uwzględnieniem emc
- [4] SPYCHAJ J.: Obiektowe systemy komputerowej automatyzacji (OSKA), BOINTE IMM 1976
- [5] NIRI G.: Pewne aspekty efektywności stosowania nowych modeli emc. Referat z posiedzenia grupy roboczej RWPG, Bratysława 1977. Biuletyn Informacyjny OSKA 1977 nr 2 (w druku)
- [6] CALIKOWSKI R.: Kierunki rozwoju urządzeń i środków pomiarowych na tle typów produkcji. Prace OBRPTiKM 1976
- [7] ŁADA W.: Realizacja systemów sterowania z maszynami cyfrowymi. Informatyka 1974 nr 7/8
- [8] SPYCHAJ J.: Rachunek ekonomicznej efektywności zautomatyzowanych systemów zarządzania i planowania w ZSRR. ETO Nowości 1974 nr 3
- [9] TYMOWSKI J.: Automatyzacja procesów technologicznych w przemyśle maszynowym. Warszawa: WNT 1975
- [10] LIS W.: Efektywność systemów informatycznych. Warszawa: TNOiK 1975

INFORMACJE Z KRAJU I ZE ŚWIATA

Z KRAJU

Biuro Polityczne Komitetu Centralnego PZPR na posiedzeniu w dn. 26 sierpnia br. dokonało oceny rozwoju informatyki i jej zastosowań w latach 1975-1977. W okresie tym nastąpił rozwój systemów informatycznych i wzrosła automatyzacja procesów produkcyjnych, zwiększyła się liczba zainstalowanych komputerów i minikomputerów, rozszerzył się zakres ich zastosowania do sterowania procesami produkcyjnymi.

Biuro Polityczne zaleciło, aby w latach 1977-80 położyć szczególny nacisk na podniesienie jakości sprzętu informatycznego produkcji krajowej, większą efektywność wykorzystania sprzętu zainstalowanego, lepszą gospodarkę oprogramowaniem i lepszą koordynację międzyresortową produkcji oraz wykorzystania maszyn i urządzeń informatycznych.

ZE ŚWIATA

MIKROPROCESORY

Trzy mikroprocesory o wspólnej pamięci sterują obrabiarkami

W systemie opracowanym przez firmę Actron of Monrovia w Kalifornii, mikroprocesory pełnią funkcję urządzenia sterującego i mają wspólną pamięć. 16-bitowe mikroprocesory NMOS były zaprojektowane przez firmę Nitron w Cupertino, Kalifornia dla firmy Actron. Obie te firmy są oddziałami firmy McDonnell Douglas Corp. Zgodnie z wypowiedzią S.G. Froyda, dyrektora technicznego firmy Actron, najważniejszą zaletą tego systemu mikroprocesorowego jest większa wydajność w porównaniu z wydajnością innych dostępnych systemów. Także średni czas międzyawaryjny systemu wynosi 2500 godzin w porównaniu do 536 godzin dla systemu sterowania numerycznego sterowanego za pomocą mikrokomputera.

Mikroprocesor polepsza dokładność przetwornika a-c tablicy danych

Zastosowanie mikroprocesora INTEL 8080 w magnetostrykcyjnym przetworniku a-c tablicy danych polepsza dokładność lokalizacji punktów w porównaniu z podobnymi systemami o rząd wielkości. Przetwornik a-c wytwarza dane binarne, które identyfikują miejsca przecięć współrzędnych x-y na tablicy danych. Mikroprocesor 8080 w połączeniu ze specjalną pamięcią stałą wzbogaca tablicę danych, zwaną "inteligentnym przetwornikiem a-c" przez firmy Summagraphics Corp. Fairfield, CT, o system programowany, który wykonuje obliczenia logometryczne dla każdego punktu na tablicy, wybranego za pomocą rysika lub przesuwki. Ten rodzaj obliczeń podaje bezwzględną wartość dla każdego punktu współrzędnych w dowolnym miejscu na powierzchni tablicy z tolerancją do $\pm 0,004$ cala, usuwając przy tym nieliniowości właściwe systemowi pomiarowemu. We wcześniejszych systemach firmy Summagraphic dokładność była określona jako $\pm 0,08\%$ odległości od początku osi współrzędnych. Obecnie dokładność bezwzględna nie zmienia się z odległością od początku układu osi współrzędnych.

Mikroprocesor sterujący testerem dysków elastycznych

Dodanie mikroprocesora INTEL 8080 do testera dysków elastycznych FD-33 umożliwia wykonywanie takich testów, jak określanie amplitudy i rozdzielczości, a także pomiarów standardowych. Mikroprocesor ten umożliwia również użytkownikom dokładny wybór testów, które chcą wykonać. Na przykład testy AQL mogą być pominięte lub włączone dla dokładnej analizy jakościowej. Inną cechą testera FD-33M jest zdolność do wykonywania testów opracowanych przez użytkownika, jeśli po-

trafi on programować mikroprocesor INTEL 8080. Producent planuje także typowe pakiety oprogramowania dla użytkowników, którzy wolą nie opracowywać swoich własnych.

Electronic Design 1976 nr 15
Electronic Design 1976 nr 16
Electronics 1976 nr 25

1976 - DOBRY ROK DLA PRODUCENTÓW KOMPUTERÓW

Dla większości firm komputerowych rok 1976 okazał się dobrym rokiem.

- Wpływy firmy IBM za trzeci kwartał wzrosły o 18,5% sięgając 587 milionów dolarów. Zysk wzrósł o 9,9% co dało 3,96 milionów. Zyski kwartalne należą do największych w historii IBM.
- Dział komputerów firmy Control Data przyczynił się w sposób istotny do wzrostu dochodów firmy o 63% w trzecim kwartale. "Po raz pierwszy w obrębie kilku lat widzimy znaczną poprawę zarówno w transakcjach komputerowych jak i finansowych" powiedział prezes William C. Norris. Zyski w dziedzinie komputerów za ten okres wynosiły 329 milionów w porównaniu z 310 milionami w tym samym okresie 1975 r.
- Firma Burroughs osiągnęła rekordowe dochody zarówno w trzecim kwartale jak i w okresie dziewięciu miesięcy 1976, wynosiły one odpowiednio 13 i 9% wzrostu w stosunku do 1975 roku. Zaznaczyła się silna tendencja rozwojowa utrzymująca się od kilku kwartałów i obejmująca trzeci kwartał roku, a zamówienia z całego świata za okres dziewięciu miesięcy wzrosły o 22% w stosunku do analogicznego okresu ostatniego roku.
- W firmie NCR pobory w trzecim kwartale wzrosły o 58% przy wzroście dochodów o 9% w stosunku do ubiegłego roku. Poważną rolę w uzyskaniu lepszych wyników odegrał wzrost sprzedaży komputerowych systemów dla detalicznych domów handlowych, dla banków i innych instytucji finansowych.
- Firma Honeywell podała, że obroty firmy na całym świecie w dziedzinie komputerów "znacznie przewyższyły" wielkości z roku ubiegłego. Przyrost ten wiązano z dużymi nowymi zamówieniami dla USA i Kanady.
- Zamówienia na komputery firmy Sperry Univac wzrosły w drugim kwartale o 33%. W firmie Sperry Rand Corp. pobory w drugim kwartale wzrosły o 4,9%. Rezerwy firmy na dzień 30 września wynosiły 1,85 miliarda dolarów, w przybliżeniu tyle samo co w roku ubiegłym.
- Dochody firmy Digital Equipment Corp. w pierwszym kwartale nowego roku finansowego wzrosły o 46%. Pobory wzrosły do 16,7 miliona z 11,4 miliona w analogicznym kwartale ubiegłego roku. Zamówienia utrzymują tendencję zwykłą, a budowa nowych zakładów w New Hampshire i Southwest przebiega zgodnie z planem.

Na dzień 1 stycznia 1977 r. firma Digital Equipment zanotowała ponad 78.000 instalacji, 30.000 zatrudnionych, oraz 125 biur sprzedaży i obsługi klientów w więcej niż 30 krajach, 26 zakładów produkuje minikomputery i urządzenia zewnętrzne.

Z RFN donosi DEC o 3800 instalacjach, 600 współpracownikach i 8 biurach sprzedaży i obsługi klientów. Nie jest to może dużo w liczbach względnych, bo RFN posiada 105.300 instalacji komputerowych przedstawiających wartość ok. 11,5 mld dol. w połowie 1976 r. wg najnowszej statystyki Grupy Diebolda. Systemy uniwersalne stanowią ok. 75%, resztę zaś komputery do sterowania procesami i małe systemy. Jednak odsetek instalacji do sterowania procesami obniżył się z 33,8% w 1975 r. do 12% w pierwszej połowie 1976 r. Przy tym jednak producenci komputerów uniwersalnych zatrzymują swoje udziały na rynku. IBM Corp. posiada 56,5% wartości zainstalowanych systemów, Siemens AG - 18,4%, zaś Sperry-Univac - 7,2%.

Data Management 1977 vol.15 nr 1
Online-adl-Nachrichten 1977 nr 3
Electronics 1976 nr 25

PRZEMYSŁOWY MIKROKOMPUTER LUB NARZĘDZIE BADAWCZE

Firma Logical Services opracowała system mikrokomputerowy, który jest na tyle elastyczny, że może służyć do prac rozwojowych nad prototypami jak również na tyle niedrogi, że ma służyć jako przemysłowy układ regulujący. Sercem systemu mikroprocesorowego Servant jest jednostka centralna wykorzystująca mikroprocesor 8080A. System Servant 8 wyposażony jest w pióro świetlne i wyjście na oscyloskop oraz pełny zestaw elementów sterowniczych i wskaźników na płycie czołowej. Pióro świetlne i oscyloskop umożliwiają badanie i zmienianie zawartości rejestrów i miejsc pamięci bez użycia urządzenia końcowego. Występuje siedem kluczy warunkowych umożliwiających przerwanie programów w celu sprawdzenia zawartości rejestrów i miejsc pamięci. Oprogramowanie systemu operacyjnego składa się z programu komunikacyjnego, do którego uzyskuje się dostęp zaraz po włączeniu zasilania. Dostępne są assembler i program sprawdzający, program wydawniczy oraz specjalizowane programy makro i programy zastosowaniowe. Wśród modułów opcyjnych są: analogowy układ wejściowy 16-kanalowy, 8-bitowy układ wyjściowy, szyna pośrednicząca w standardzie IEEE ASCII, uniwersalny pakiet umożliwiający wykonanie połączeń wg wymagań użytkownika.

Cena podstawowego systemu, który zawiera jednostkę centralną, pamięć operacyjną 4k, układ pośredniczący TTY, kasetę, oprogramowanie pamięci stałej wynosi 2495 dolarów. Ceny poszczególnych modułów: od 50 dolarów dla pakietu uniwersalnego do 350 dolarów dla pakietu sterującego.

Electronic Design 1976 nr 24

AUTOMATYCZNY SYSTEM TESTOWY SPRAWDZA MODUŁY TELEWIZYJNE

Firma Teradyne opracowała sterowany komputerowo, dowolnie programowalny system testowy modułów telewizji kolorowej, który umożliwia szybsze, wielokrotne testowanie. Zaletami jego są: obiektywizacja pomiarów, możliwość symulowania warunków eksploatacyjnych i diagnostyka uszkodzeń. Komputer oblicza natychmiast dane jakościowe, a wyniki są drukowane na drukarce taśmowej.

Elektronik 1976 nr 9

PROJEKTOWANIE OBWODÓW DRUKOWANYCH

Zachodniemiecka firma Rohde i Schwarz zamierza zamówić ostatecznie komputerowo wspomagany system projektowania z firmy Racal-Redac Ltd. W roku 1976 sprzedaż z firmy Redac systemów projektowania pakietów z obwodami drukowanymi osiągnęła kwotę 3 mln marek. Podjęcie dużych przedsięwzięć handlowych w RFN przez firmę Racal-Redac doprowadziło do lokalizacji kierownictwa firmy w Monachium. W niemieckich biurach projektowych zainstalowany został Mini System projektowania pakietów na obwodach drukowanych, opracowany dla użytkownika przez małych producentów. Rohde i Schwarz zainstalował w swej fabryce w Monachium kompletny system Redac, który zawiera komputer firmy Digital Equipment Corporation do pomocy w produkcji około 250 pakietów na obwodach drukowanych w skali roku. Pakiety te przeznaczone są do wyrobów telekomunikacyjnych i pomiarowych. Firma ta wybrała system z dwoma graficznymi urządzeniami końcowymi, co pozwala na jednoczesną pracę dwóch inżynierów nad odrębnymi projektami pakietów na jednym systemie. System Redac do projektowania pakietów na obwodach drukowanych sprzedany został w RFN firmie BBC z Mannheim z przeznaczeniem dla opracowywania elektrycznych systemów sterujących i wyrobów dużej mocy, jak również firmie Schenck w Damstadt dla produkcji wyrobów sterowania maszynami, w tym również wagami. Biuro CADE w Laichingen w pobliżu Stuttgartu wykonało tak wiele prac z wykorzystaniem systemu Redac do projektowania obwodów drukowanych, że zakupiło drugi kompletny system w drugim biurze usługowym w Kolonii i jest on już w pełni wykorzystywany.

Computer-aided Design 1977 nr 1

SYSTEM WSPOMAGANY MINIKOMPUTEREM WYTWARZA TAŚMY DO WYKONANIA PEYTEK DRUKOWANYCH

Firma Dansk Data Elektronik przeznaczyła grafoskopowe urządzenie końcowe Tetronik 4014 z minikomputerem Texas Instruments 960B do wytwarzania taśm do produkcji płyt drukowanych.

Firma DDE sprzedaje ten system w całości z programem za 60 tys. dol. System ten posiada małą bibliotekę standardowych elementów w typowych konfiguracjach i wielkościach. Prowadzony przez siatkę linii na ekranie, operator posługuje się urządzeniem wejściowym do przenoszenia elementów z wykresu na rysunek płyty drukowanej na ekranie. Może on widzieć jednocześnie obie strony wykresu płyty drukowanej. Operator daje komputerowi zadanie znalezienia najkrótszej drogi między dwoma punktami i linia ta ukazuje się na ekranie. Wszystkie pozostałe punkty mogą być łączone w ten sam sposób, ale drogi te zawsze przebiegają po pionowych i poziomych liniach układu siatkowego. Operator ma możliwość włączenia także własnej drogi, gdy okaże się, że droga sugerowana przez komputer może zablokować istotne punkty. Po ukończeniu wykresu przenosi się go na taśmę papierową do produkcji. Taśma programuje wiertarkę dla wykonania otworów łączących obie strony płyty drukowanej.

Dyrektor firmy, Claus Eryk Christoffersen mówi, że system ten może także wykrywać błędy projektu i korygować je przed oddaniem płyty drukowanej do produkcji, ponieważ operator może przebadать wszystkie układy na ekranie przed przeniesieniem ich na taśmę. System ten może przetwarzać płyty drukowane o powierzchni 528 cm², przy czym dłuższy bok może mieć 30,6 cm (przynajmniej 95% wszystkich płyt drukowanych w Europie jest tej wielkości).

Electronics 1976 nr 25

ROZWINIĘTY JĘZYK BASIC POZWALA NA PROGRAMOWE STEROWANIE PROCESÓW CZASU RZECZYWISTEGO

Pakiet programów sterujących BASIC stanowi rozszerzoną wersję standardowego języka BASIC i został opracowany dla sterowania procesami w czasie rzeczywistym. Zapewnia on przesyłanie informacji do i z urządzeń wejścia-wyjścia (czego nie ma w języku BASIC). Rozkaz WHEN /Gdy/ pozwala użytkownikowi opracowywać programy, które akceptują i obsługują przerwania przypadkowe. Język dostarcza pełny zakres obliczeń dla funkcji arytmetycznych i trygonometrycznych, tablic wielowymiarowych, macierzy i operacji zależnościowych. Rozszerzone własności zawierają instrukcję, która umożliwia użytkownikowi synchronizację ze swoim programem określonego wydarzenia zewnętrznego - gdy to zdarzenie wystąpi, program przechodzi do określonego rozkazu. Rozszerzone instrukcje wejścia-wyjścia umożliwiają wyspecyfikowanie numeru zespołu, czyli zastosowanie mne-motechniczne oznaczenia logicznego urządzenia we-wy. Instrukcja CALL pozwala na wywołanie i przekazanie parametrów do zespołu podprogramów językowych. Użytkownik może nastawić i odczytać datę i godzinę za pośrednictwem instrukcji TIME. Program sterujący BASIC wymaga 8K pamięci i jest wykonywany pod kierunkiem programu zarządzającego Real-Time Executive. Oprogramowanie i dokumentacja są dostępne w firmie Computer Automation za opłatą 400 dolarów.

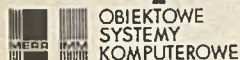
Computer Design 1976 nr 11

BRANŻOWY OŚRODEK INFORMACJI NAUKOWEJ TECHNICZNEJ I EKONOMICZNEJ
INSTYTUTU MASZYN MATEMATYCZNYCH
02-078 Warszawa, ul. Krzywickiego 34, tel. 21-84-41 w. 391

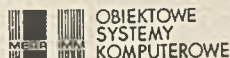
BOINTE udziela informacji
z zakresu techniki komputerowej

BOINTE wydaje

informacja ekspresowa



przegląd dokumentacyjny



biuletyn informacyjny



Materiały konferencyjne, szkoleniowe, prospekty

BOINTE gromadzi

wydawnictwa zwarte, czasopisma krajowe i zagraniczne, katalogi i prospekty, sprawozdania z prac naukowo-badawczych oraz inne materiały informacyjne

BOINTE wykonuje usługi reprodukcyjne i poligraficzne
fotokopie, mikrofilmy, kserokopie z zakresu posiadanych zbiorów

WARUNKI PRENUMERATY

Prenumeratę na kraj przyjmują Oddziały RSW "Prasa-Książka-Ruch" oraz urzędy pocztowe i doręczyciele w terminie do 25 listopada na rok następny.

Cena prenumeraty rocznej zł 840.

Jednostki gospodarki uspołecznionej, instytucje i organizacje społeczno-polityczne składają zamówienia w miejscowych Oddziałach RSW "Prasa-Książka-Ruch".

Zakłady pracy i instytucje w miejscowościach, w których nie ma Oddziałów RSW oraz prenumeratorzy indywidualni, zamawiają prenumeratę w urzędach pocztowych lub u doręczycieli.

Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę, która jest o 50% droższa od prenumeraty krajowej, przyjmuje RSW "Prasa-Książka-Ruch", Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, ul. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, konto PKO nr 1531-71 - w terminie podanym dla prenumeraty krajowej.