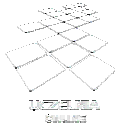


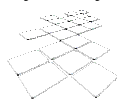
Systemy wbudowane



# Komputer jako urządzenie sterujące

Andrzej URBANIAK

Komputer jako urządzenie sterujące (1)



## Pojęcia podstawowe

- Cyfrowy system automatyki (CSA), Komputerowy system sterowania (KSS), Komputerowy układ automatyki (KUA), Mikrokomputerowy system sterowania (MSS)
  - sprzęt + oprogramowanie
  - funkcje:
    - zbieranie wartości zmiennych procesowych
    - analiza i dokumentacja przebiegu procesu
    - przetwarzanie zbieranych zmiennych na decyzje zapewniające osiągnięcie celu procesu
    - wypracowanie decyzji i oddziaływanie na proces
    - realizacja łączności: operator – proces
    - testowanie poprawności funkcjonowania własnych układów

Komputer jako urządzenie sterujące (2)

Wykorzystanie komputera jako urządzenia sterującego wymaga analizy zarówno sprzętu jak i oprogramowania jako dwóch najistotniejszych elementów każdego systemu komputerowego. Stosowane są różne określenia na tego typu systemy. Cyfrowy system automatyki stanowi najszerze zakresowo określenie i obejmuje wszystkie rozwiązania wykorzystujące układy cyfrowe automatyki. System komputerowy jest szczególnym przypadkiem takiego układu. Sformułowanie to jednak nie zakłada wykorzystania komputera do celów sterowania, a jedynie różnego rodzaju układów cyfrowych. Z naszego punktu widzenia, bardziej odpowiednim określeniem będą sformułowania zawierające w swej treści układ mikroprocesorowy jako element systemu. Stąd sformułowania: komputerowy system sterowania (KSS), komputerowy układ automatyki czy wręcz mikrokomputerowy system sterowania (MSS) stanowią bardziej adekwatne określenia odnoszące się do specyfiki systemów wbudowanych.

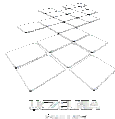
Funkcje realizowane przez KSS obejmują zarówno te, które realizowane są przez klasyczne układy sterowania jak również inne dodatkowe stanowiące specyfikę KSS. I tak to co stanowi specyfikę KSS obejmuje:

- zbieranie wartości zmiennych procesowych,
- analizę i dokumentację przebiegu procesu,
- realizację łączności: operator – proces,
- testowanie poprawności funkcjonowania własnych układów.

Natomiast funkcje:

- przetwarzanie zmiennych procesowych na decyzje,
- wypracowanie decyzji i oddziaływanie na proces,

stanowią zakres klasycznie realizowanych zadań przez każdy system sterowania.



## Pojęcia podstawowe

- Otoczenie KSS: automatyzowany proces+zespół operatorów procesu
- Zdolność wypracowania decyzji: cecha każdego systemu automatyki
- Sterowanie procesem – wypracowanie decyzji i jej realizacja
- Zmienne sterujące (sterowania) – zmienne procesowe, poprzez które system sterowania lub operator może zmieniać stan procesu
- Stan procesu – wartości liczbowe pewnego minimalnego zbioru zmiennych procesowych, których znajomość w chwili  $t_0$  oraz znajomość wymuszeń w okresie od  $t_0$  do  $t$  ( $t_0 < t$ ) pozwala określić stan procesu w chwili  $t$ .

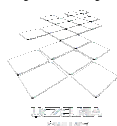
Komputer jako urządzenie sterujące (3)

Zwróćmy jeszcze uwagę na elementy istotne w procesie sterowania i ich specyfikę w odniesieniu do KSS. W klasycznym ujęciu systemu sterowania otoczenie systemu stanowi automatyzowany proces. W przypadku KSS należy jeszcze uwzględnić zespół operatorów procesu, którzy komunikują się na bieżąco z systemem sterowania.

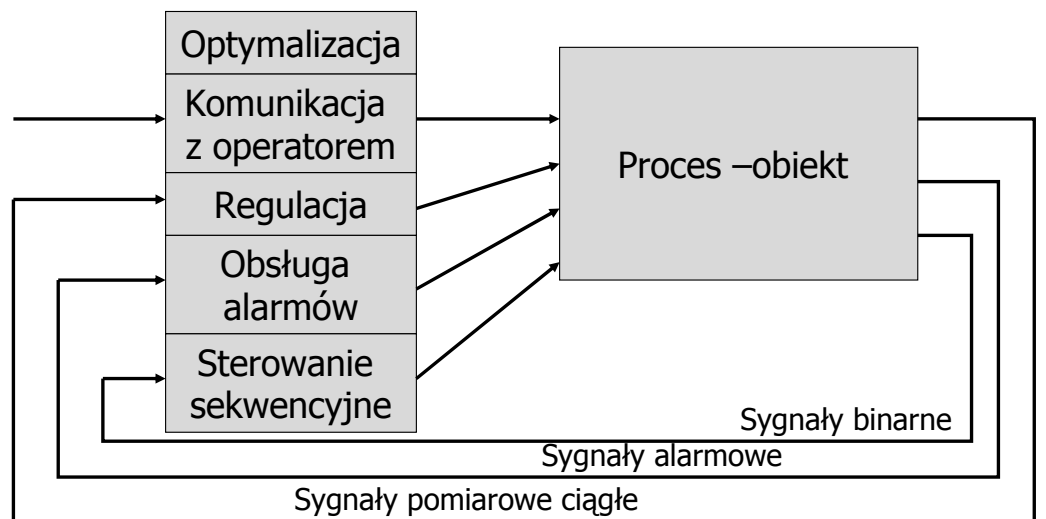
Ogólnie mówiąc, zadanie systemu sterowania można sprowadzić do zmiany stanu procesu zgodnie z określonymi wcześniej wymaganiami. Istnieje zatem konieczność zdefiniowania stanu procesu. Przyjmuje się, że stan procesu określają wartości liczbowe pewnego minimalnego zbioru zmiennych procesowych, których znajomość w chwili  $t$  oraz znajomość wymuszeń w okresie od  $t_0$  do  $t$  pozwala określić stan procesu w chwili  $t$ .

Każdy proces sterowania wymaga jeszcze zdefiniowania zmiennych sterujących, czyli wielkości, które mogą skutecznie wpłynąć na zmianę stanu procesu.

Kluczową sprawą w sterowaniu jest również „pomysł” na zmiany stanu procesu, czyli algorytm sterowania pozwalający na wypracowanie sygnału oddziaływania na proces oraz realizacja tego oddziaływania.



## Zadania komputera



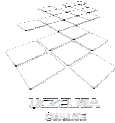
Komputer jako urządzenie sterujące (4)

Główne zadania komputera realizowane w procesie sterowania zestawiono na rysunku. Najprostszą formą sterowania realizowaną za pomocą KSS są funkcje sterowania sekwencyjnego wykorzystujące sygnały binarne. W tradycyjnych rozwiązaniach realizowane były za pomocą układów przekaźnikowych lub układów logicznych.

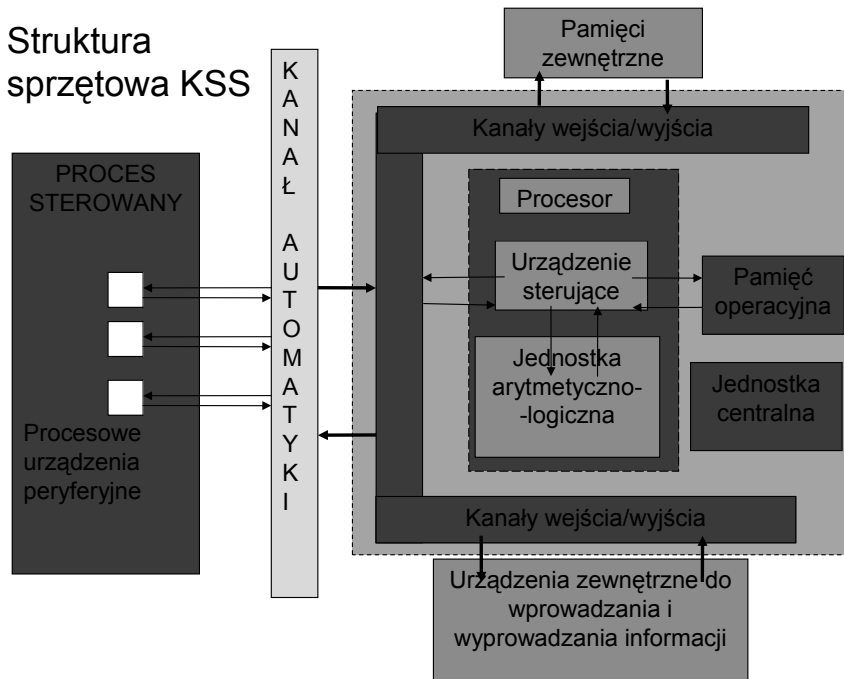
Olbrzymim ułatwieniem dla obsługi systemu sterowania (w szczególności w bardziej złożonych przypadkach) była realizowana obsługa stanów alarmowych (przekroczenia wielkości procesowych, stany awarii lub braku gotowości pracy urządzeń). Operator systemu otrzymując informacje o przekroczeniach wielkości charakterystycznych procesu mógł bardziej efektywnie reagować na zaistniałe sytuacje.

Zadania regulacyjne KSS spełnia w takim samym zakresie jak układ regulacji z klasycznym regulatorem. Istotną różnicą polega jedynie na sposobie realizacji algorytmów regulacji: w klasycznym rozwiązaniu jest to sprzętowy wybór rodzaju i typu regulatora, natomiast w ujęciu KSS jest to zależność (formuła) zgodnie z którą zostaje wyliczony sygnał sterujący przekazywany na obiekt.

Możliwości jakie daje zastosowanie komputera pozwalają na rozszerzenie tych funkcji o procedury komunikacji z operatorem procesu oraz realizację algorytmów optymalizacji wybranych procesów.



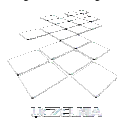
## Struktura sprzętowa KSS



Komputer jako urządzenie sterujące (5)

Omawiając zadania komputera jako urządzenia sterującego nie sposób pominąć istotnej kwestii dostosowania konstrukcji systemu komputerowego do zadań jakie przed nim stoją w obszarze sterowania. Najogólniej mówiąc system komputerowy zawierający wszystkie podstawowe elementy winien być dodatkowo wyposażony w specjalizowane urządzenie zewnętrzne jakim jest kanał automatyki, służący do komunikacji komputera sterującego z obiektem sterowania. Podobnie jak pozostałe urządzenia zewnętrzne (pamięci zewnętrzne, urządzenia peryferyjne do wprowadzania i wyprowadzania informacji) również kanał automatyki komunikuje się z komputerem poprzez kanały we/wy.

Obecność kanału automatyki warunkuje wykorzystanie komputera jako urządzenia sterującego. Kanał automatyki wyposażony jest w bloki funkcjonalne odpowiednie do charakteru procesu sterowanego, pozwalające na odczyt informacji z obiektu oraz skuteczne oddziaływanie na niego.



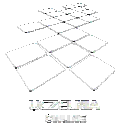
## Struktura funkcjonalna



Komputer jako urządzenie sterujące (6)

Przypatrzmy się teraz komputerowemu systemowi sterowania od strony funkcjonalnej. Analogicznie do sprzętowej struktury KSS, można wskazać strukturę funkcjonalną. Powstaje ona jako odpowiedź na oczekiwania odnośnie do funkcji systemu. Pierwszym etapem jest utworzenie systemu zbierania i przetwarzania zmiennych procesowych. Z technicznego punktu widzenia oznacza to skuteczne opomiarowanie procesu. W oparciu o te pomiary istnieje możliwość sygnalizacji przekroczeń wartości zmiennych procesowych, kontroli przebiegu wybranych elementów procesu jak również jego dokumentacji. Informacje mogą być wprost przydatne w warstwie sterowania operatywnego oraz na poziomie zarządzania. Przełożenie decyzji podejmowanych w warstwie zarządzania i sterowania operatywnego na proces może mieć miejsce poprzez system sterowania zmiennych procesowych binarnych oraz zmiennych procesowych ciągłych. Wykorzystanie obu tych systemów będzie konieczne w sytuacji gdy oddziaływanie na sterowany proces odbywać się będzie poprzez zmienne obu typów: ciągle i dyskretne (w szczególności binarne). Warstwa sterowania zmiennych procesowych ciągłych obejmuje zadania realizowane przez klasycznie rozumianą regulację. Skuteczne oddziaływanie umożliwiają urządzenia wykonawcze typu ciągłego. Warstwa sterowania zmiennych procesowych dyskretnych obejmuje najczęściej sterowanie załączaniem i wyłączeniem urządzeń i ich napędów. Realizowana jest zwykle za pomocą dwupołożeniowych urządzeń wykonawczych.

Powyższy podział funkcjonalny nie wyczerpuje wszystkich możliwych elementów struktury funkcjonalnej, a stanowi jedynie poglądową prezentację najczęściej spotykanych funkcji.



## Klasyfikacja KSS

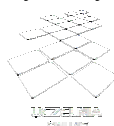
- Ze względu na powiązania z procesem
  - Systemy monitorowania - tylko zbieranie danych w celu wspomaganie działania operatora procesu (MS - Monitoring Systems)
  - Systemy sterowania automatycznego
    - Systemy sterowania bezpośredniego (DDC – Direct Digital Control)
    - Systemy sterowania nadrzędnego (SPC – SuPervisory Control)
  - Systemy wbudowane (ES – Embedded Systems)

Komputer jako urządzenie sterujące (7)

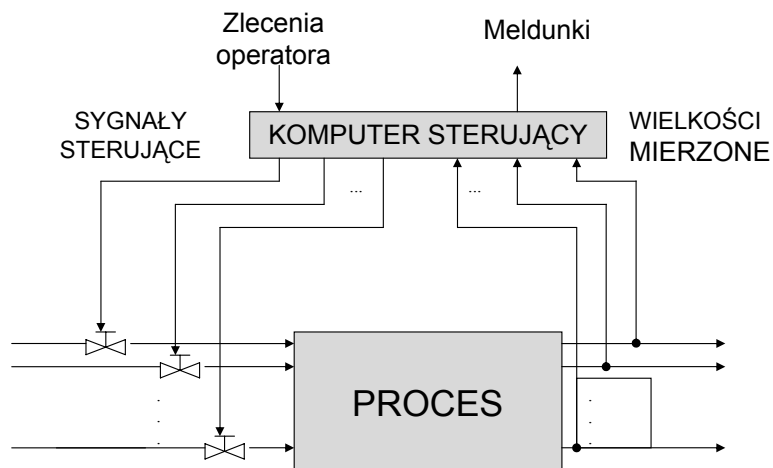
Wśród KSS można wyróżnić pewne klasy rozwiązań. Klasyfikacji KSS dokonamy ze względu na dwa główne kryteria. Pierwszym kryterium klasyfikacyjnym niech będzie powiązanie komputera jako urządzenia sterującego z procesem sterowanym. Klasyfikację odniesiemy tylko do takich systemów, w których mamy do czynienia z bezpośrednim połączeniem z procesem sterowanym, czyli do tak zwanych systemów bezpośrednich. Połączenie to jednak może być zrealizowane od strony zbierania i/lub od strony oddziaływania na proces. W przypadku gdy realizowane są tylko pomiary zmiennych procesowych i na tej podstawie określa się stan procesu wówczas mówimy o systemach monitorowania procesu (Monitoring Systems – MS). Wcześniejsze rozwiązania tego typu określano mianem systemu Centralnej Rejestracji i Przetwarzania Danych. Bardzo rozbudowane systemy monitorowania stosuje się w celu zbierania danych ze złożonych doświadczeń i eksperymentów naukowo-badawczych. W popularnych rozwiązaniach systemy monitorowania wykorzystuje się do celów wspomaganie operatorów procesów. Zwykle systemy monitorowania występują razem z systemami sterowania automatycznego.

Te ostatnie mają miejsce gdy KSS posiada powiązania zarówno po stronie układu pomiarowo-przetwarzającego jak i po stronie oddziaływania na proces. Wyróżnia się tu zwykle dwie klasy systemów: systemy sterowania bezpośredniego (Direct Digital Control - DDC) oraz systemy sterowania nadrzędnego (Supervisory Control – SPC). Szczegółową charakterystykę tych systemów przedstawimy w dalszej części wykładu.

Trzecią grupę KSS stanowią systemy wbudowane (Embedded Systems – ES), powiązanie integralnie z procesem sterowanym, najczęściej bez możliwości oddzielenia komputerowego systemu sterującego.



## System sterowania bezpośredniego DDC



Komputer jako urządzenie sterujące (8)

Na rysunku przedstawiono strukturę systemu DDC. Komputer sterujący pełni w tym rozwiązaniu rolę wielokanałowego regulatora.

System DDC realizuje takie same funkcje jakie mogą być wykonywane przez konwencjonalne regulatory (często zastępuje 50, 100, ... układów regulacji konwencjonalnej).

Sygnal wejściowy doprowadzany do komputera sterującego podlega następującym operacjom obliczeniowym:

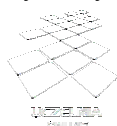
- wartość zmierzona przekształcana jest w *Algorytmie Przekształcenia* w taki sposób, aby liczbowo reprezentowała wielkość regulowaną w jednostkach technicznych,
- w oparciu o pamiętaną wartość zadaną i zmierzoną wartość regulowaną wyznaczany jest uchyb regulacji,
- na podstawie wartości uchybu wyznaczana jest nowa wartość sygnału sterującego w tzw. *Algorytmie Sterowania*.

Sygnal sterujący wysyłany jest do obiektu w odpowiednim momencie czasu zwanym *chwilą impulsowania*.

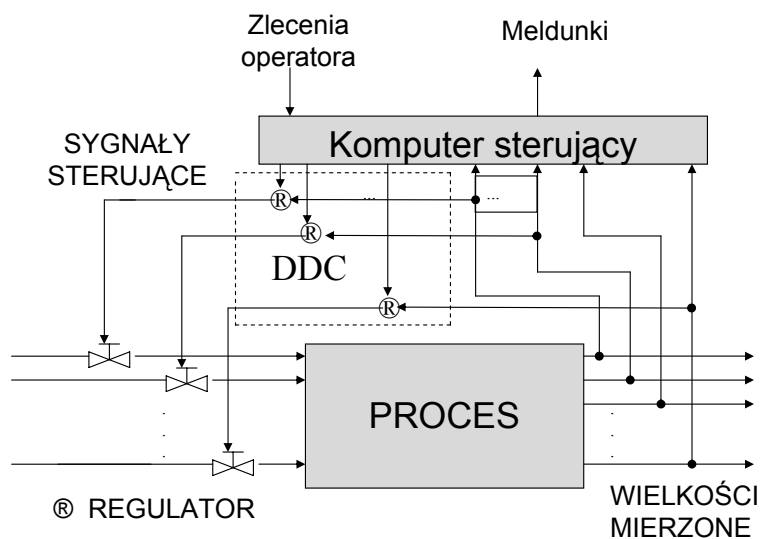
Niewątpliwą zaletą układu jest jego prostota natomiast wadą jest brak jakiegokolwiek redundancji sprzętowej.

Awaria komputera sterującego powoduje całkowity paraliż pracy układu.





## System sterowania nadrzędnego SPC



Komputer jako urządzenie sterujące (9)

Na kolejnym rysunku przedstawiono strukturę systemu sterowania nadrzędnego SPC, w którym komputer sterujący spełnia rolę nadrzędną w stosunku do regulatorów klasycznych lub systemu DDC (na rysunku zaznaczonego linią przerywaną).

System SPC ma strukturę bardziej „otwartą” i może być rozwijany w czasie normalnego działania procesu (pod kontrolą regulatorów klasycznych lub systemu DDC).

W dziedzinie obliczeń system SPC realizuje:

- wyznaczanie bieżących wartości zmiennych procesowych, których nie można bezpośrednio zmierzyć,
- wykonanie wyspecjalizowanych procedur obliczeniowych dotyczących sterowania,
- predykcję stanów procesu,
- zestawienia danych, dokumentację.

System SPC jest niewątpliwie bardziej złożonym systemem zapewniającym jednakże większą niezawodność pracy. Istnienie klasycznego systemu sterowania pozwala na pracę całego systemu w przypadku awarii KSS.



## System wbudowany - ES

### Systemy wbudowane – Embedded systems (ES)

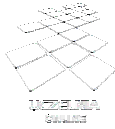
#### Cechy:

- układ mikroprocesorowy sprzężony konstrukcyjnie, dedykowany programowo do określonego urządzenia
- bogaty zestaw funkcji,
- nie posiada on „własnego życia” (nie istnieje możliwość jego sprzętowego wydzielenia),
- wysokie wymagania w zakresie niezawodnościowym,
- niska cena w porównaniu do układu macierzystego

Komputer jako urządzenie sterujące (10)

W klasyfikacji KSS ze względu na powiązania z procesem systemy wbudowane zajmują specyficzne miejsce z uwagi na następujące cechy:

- układ mikroprocesorowy sprzężony jest konstrukcyjnie i dedykowany programowo do określonego urządzenia,
- posiada bogaty zestaw funkcji,
- nie posiada on „własnego życia” (nie istnieje możliwość jego sprzętowego wydzielenia),
- stawia się mu wysokie wymagania w zakresie niezawodnościowym,
- cena systemu wbudowanego jest nieporównywalnie niska w stosunku do układu macierzystego.



## Klasyfikacja

- Ze względu na strukturę logiczną
  - System prosty „simplex”
  - System prosty z procesorem wejścia/wyjścia
  - System MASTER – SLAVE
  - System z pełną redundancją
  - Systemy sieciowe

Komputer jako urządzenie sterujące (11)

Drugim kryterium klasyfikacji KSS będzie struktura logiczna. Nie chodzi w tym przypadku o wewnętrzną strukturę układu mikroprocesora czy komputera sterującego, ale o strukturę wzajemnych powiązań między jednostką sterującą, procesem i pamięcią, w której przechowywane są informacje istotne z punktu widzenia sterowania procesem.

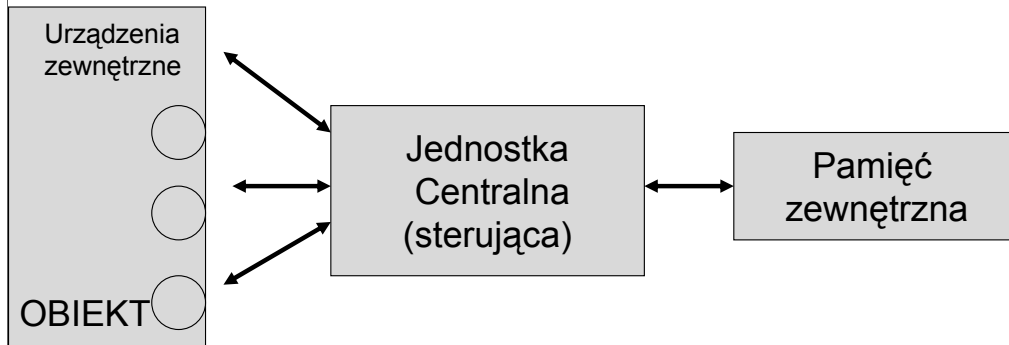
Wyróżnić można kilka podstawowych struktur:

- system prosty „simplex”,
- system prosty z procesorem wejścia/wyjścia,
- system MASTER – SLAVE,
- system z pełną redundancją,
- systemy sieciowe.

Poniżej zaprezentowane zostaną wymienione struktury.

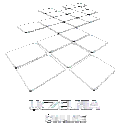


## System prosty „simplex”

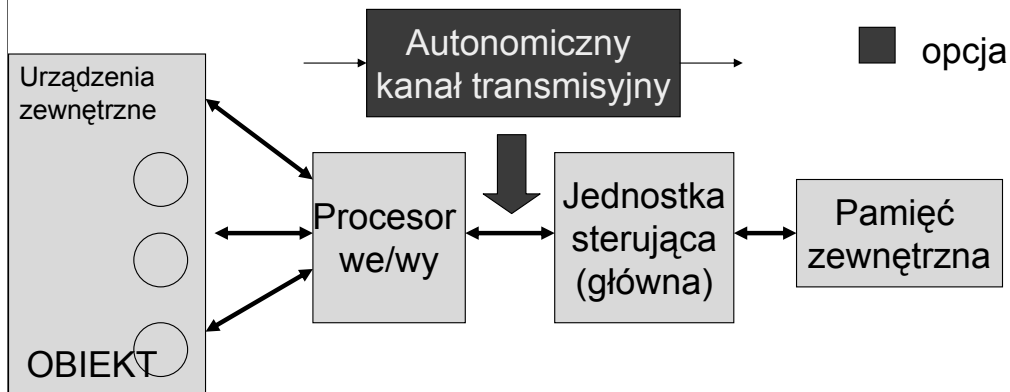


Komputer jako urządzenie sterujące (12)

System prosty charakteryzuje szeregowe ustawienie elementów konstytuujących KSS. Nie występuje w nim żadna możliwość zastępowalności urządzeń czy oprogramowania. Wszystkie funkcje realizowane są przez jedną jednostkę sterującą, a informacje gromadzone są w repozytorium związanym ściśle z tą jednostką. Prezentowany system zastępuje stosowane dotychczas klasyczne układy automatyki, w szczególności układy sterowania sekwencyjnego.



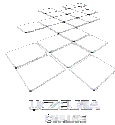
## System prosty z procesorem we/wy



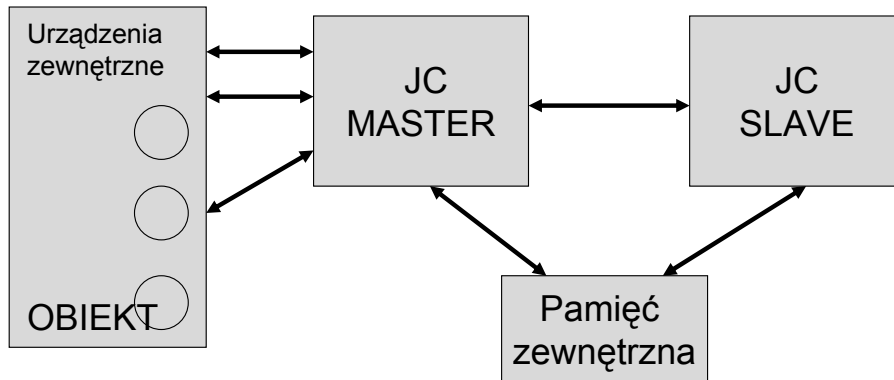
Komputer jako urządzenie sterujące (13)

System prosty z procesorem wejścia/wyjścia stanowi rozszerzoną wersję systemu prostego poprzez wprowadzenie dodatkowego procesora realizującego algorytmy akwizycji danych i wstępnego ich przetwarzania. Zastosowanie tej struktury jest uzasadnione szczególnie w sytuacji, gdy obiekt sterowania jest oddalony od głównej jednostki sterującej. Wówczas procesor we/wy umieszczony w pobliżu obiektu realizuje wstępne algorytmy a wyniki przekazywane są do głównej jednostki. W przypadku większych odległości stosuje się autonomiczne układy do transmisji danych, w których przesył odbywa się z zachowaniem pełnej kontroli przesyłu nierzadko z wykorzystaniem specjalnych urządzeń i kodów.

W sytuacjach awaryjnych istnieje możliwość częściowego rozdzielenia funkcji między jednostkę centralną a procesor we/wy.



## System master-slave



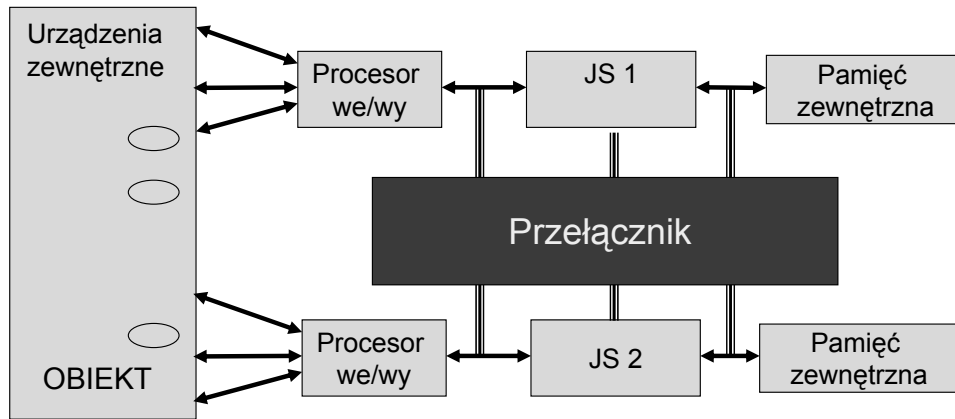
Komputer jako urządzenie sterujące (14)

Struktura MASTER-SLAVE jest często stosowana nie tylko w KSS. Spotyka się ją również w rozwiązaniach sieciowych. Jej główną zaletą jest wykorzystanie dwóch jednostek sterujących współpracujących ze wspólnym repozytorium informacji. System wymaga specjalizowanego oprogramowania komunikacyjnego. Wobec jednostek Master i Slave formułuje się różne wymagania wynikające ze specyfiki ich funkcji. Jednostka Master winna być wyposażona w rozbudowany system przerwań umożliwiający skuteczną identyfikację stanu obiektu oraz efektywne oddziaływanie na obiekt. Jednostka Slave stanowi zaplecze obliczeniowe dla jednostki Master, która przydziela jej zadania do wykonania. Występuje tu jednoznaczna podległość: jednostka Master zarządza całością procesu sterowania. Współpraca z jednym repozytorium informacji pozwala na dużą zamiennność funkcji. Układ ten charakteryzuje się dobrym wskaźnikiem niezawodności, ze względu na możliwą redundancję zarówno sprzętową (jednostki Master i Slave mogą być wykorzystywane zamiennie) jak i programową.

Mimo skomplikowanych procedur komunikacyjnych struktura ta znajduje szerokie zastosowania.



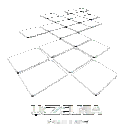
## System podwójny



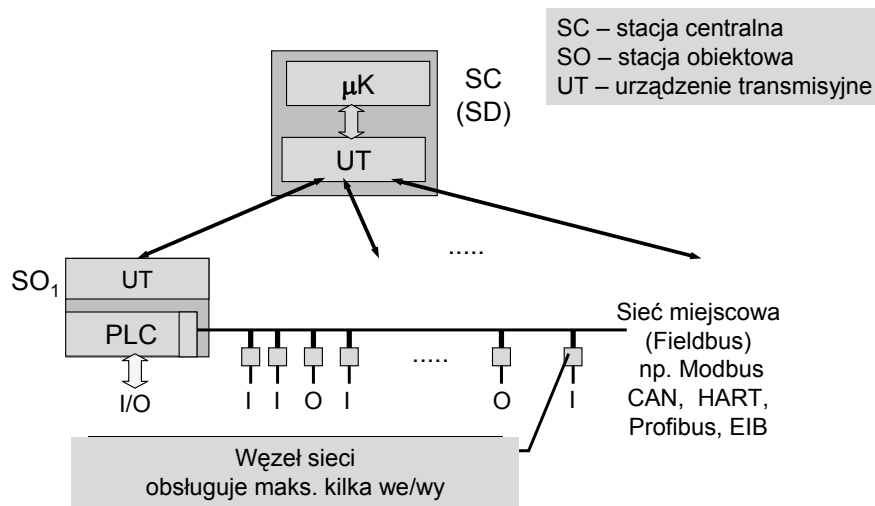
Komputer jako urządzenie sterujące (15)

Kolejna struktura KSS stosowana jest w systemach o wymaganej najwyższej niezawodności. Zdublowanie wszystkich elementów struktury umożliwia całkowitą ich zamienność. Kluczowym elementem tego rozwiązania jest przełącznik realizowany najczęściej programowo. Umożliwia on uzyskanie dowolnej konfiguracji toru przekazywanych informacji. Na rysunku przedstawiono system podwójny w stosunku do struktury systemu prostego z procesorem we/wy, ale można zrealizować system podwójny w odniesieniu do innych struktur omówionych wcześniej.

Są to rozwiązania o wysokich kosztach i dlatego stosuje się najczęściej w technice satelitarnej i wojskowej.



## Struktury sieciowe

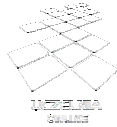


Komputer jako urządzenie sterujące (16)

Najbardziej rozbudowana strukturę logiczną mają rozwiązania oparte na strukturach sieciowych. Nie sposób wyliczać w tym miejscu różnych rozwiązań, należy natomiast zauważyć, że KSS może być traktowany jako specyficzna sieć komputerowa, której głównym zadaniem jest organizacja przesyłu informacji i sygnałów sterujących procesami. Dotyczy to w szczególności procesów, które z natury mają charakter rozproszony (sieć energetyczna, wodociągowa, telekomunikacyjna) a proces sterowania musi obejmować je całościowo. Specyfika takiej struktury obejmuje nie tylko specjalizowane urządzenia do realizacji rozproszonych zadań, ale również określone protokoły komunikacyjne. Specyfika ta zostanie jeszcze rozszerzona w oddzielnym wykładzie na temat protokołów, natomiast stosowane najczęściej w KSS ich przykłady podano na rysunku.

Podano powyżej charakterystyka podstawowych struktur logicznych KSS pozwala na zauważenie różnorodności problemów związanych z wykorzystaniem komputera jako urządzenia sterującego, a w szczególności jako urządzenia wbudowanego w system macierzysty.





## Wymagania sprzętowe - przerwania

### •System przerwania priorytetowych

Przerwanie jest to sygnał, który powoduje zawieszenie aktualnie wykonywanego zadania i zapamiętanie jego stanu oraz przejście do wykonywania programu obsługi przerwania

Stan programu definiuje minimalna liczba informacji, która jest konieczna do wznowienia przerwanej zadania niezależnie od zadań wykonywanych w czasie jego zawieszenia

Przerwania służą do zasygnalizowania procesorowi zdarzeń, które zachodzą w niemożliwym do przewidzenia momencie

Komputer jako urządzenie sterujące (17)

#### Wymagania sprzętowe

Zwróćmy obecnie uwagę na specyficzne cechy systemu komputerowego, które umożliwiają jego efektywne wykorzystanie jako urządzenia sterującego. Omówienie to pozwoli na wyspecyfikowanie wymagań sprzętowych odnośnie do tak wykorzystywanych systemów komputerowych.

Pierwsze wymaganie sformułujemy w odniesieniu do systemu przerwania. Jest rzeczą oczywistą, że system przerwania stanowi istotny element komunikacji systemu komputerowego z jego otoczeniem. A ściślej mówiąc, pozwala na zasygnalizowanie do komputera zdarzeń zachodzących w jego otoczeniu.

Przypomnijmy w tym miejscu podstawowe pojęcia związane z systemem przerwania.

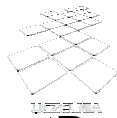
Przerwanie jest to sygnał, który powoduje zawieszenie aktualnie wykonywanego zadania i zapamiętanie jego stanu oraz przejście do wykonywania programu obsługi przerwania.

Stan programu definiuje minimalna liczba informacji, która jest konieczna do wznowienia przerwanej zadania niezależnie od zadań wykonywanych w czasie jego zawieszenia.

Ponieważ przerwanie sygnalizuje procesorowi zajście określonego zdarzenia, musi ono zatem być w pełni identyfikowane (numer przerwania) a równocześnie system komputerowy musi być wyposażony w określone procedury obsługi przerwania, stosowanie do ich charakteru. Programy obsługi przerwania związane są zatem ściśle z identyfikacją numeru przerwania.

Istotnym problemem jest również określenie ważności przerwania poprzez przypisanie priorytetów.

Reasumując można stwierdzić, że z punktu widzenia zadań sterowania, system komputerowy winien być wyposażony w rozbudowany, priorytetowy system przerwania.



## Wymagania sprzętowe - przerwania

### Rodzaje przerwań

Wewnętrzne – generowane dla poinformowania o zajściu pewnych zdarzeń wewnątrz JC; najczęściej zdarzenia te mają charakter błędów (np. wykrycie nadmiaru arytmetycznego, błąd parzystości pamięci, próba wykonania nielegalnego rozkazu, naruszenie ochrony pamięci)

Zewnętrzne – związane z urządzeniami zewnętrznymi i dotyczące zmiany stanu urządzeń

Programowe – są pewnym typem rozkazów (makroinstrukcje); wykonanie rozkazu przerwania powoduje przejście do programu umieszczonego na stałe w pamięci operacyjnej realizującego treść makroinstrukcji

Komputer jako urządzenie sterujące (18)

Wyróżnia się trzy podstawowe grupy przerwań:

- Wewnętrzne – generowane dla poinformowania o zajściu pewnych zdarzeń wewnątrz JC; najczęściej zdarzenia te mają charakter błędów (np. wykrycie nadmiaru arytmetycznego, błąd parzystości pamięci, próba wykonania nielegalnego rozkazu, naruszenie ochrony pamięci)

- Zewnętrzne – związane z urządzeniami zewnętrznymi i dotyczące zmiany stanu urządzeń

- Programowe – są pewnym typem rozkazów (makroinstrukcje); wykonanie rozkazu przerwania powoduje przejście do programu umieszczonego na stałe w pamięci operacyjnej realizującego treść makroinstrukcji

Najistotniejsze z punktu widzenia zadań sterowania są przerwania zewnętrzne.

W KSS istnieje potrzeba zmian poziomów przerwań – realizuje się to za pomocą rejestr maskowania przerwań, którego wartość może być programowo zmieniana. Przerwania maskowane nie są przyjmowane do obsługi.



## Wymagania sprzętowe – pamięć wirtualna

**Wirtualizacja pamięci** – przesyłem informacji zajmuje się system operacyjny, a programista dysponuje pamięcią jednopoziomową, znacznie większą niż rzeczywista pamięć operacyjna.

**Adres wirtualny** – adres generowany podczas wykonywania programu. Zbiór tych adresów nazywa się przestrzenią adresów wirtualnych

**Adres w PO** - adres w fizycznej PO. Zbiór tych adresów tworzy przestrzeń adresów fizycznych.

Komputer jako urządzenie sterujące (19)

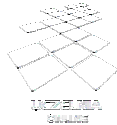
Kolejnym wymaganiem jest racjonalne gospodarowanie pamięcią w KSS. Potrzeba ta wynika głównie z faktu dysponowania ograniczoną pamięcią o dostępie bezpośrednim (rozumianym tutaj jako pamięć adresowalna bezpośrednio przez procesor).

Jednym z możliwych i często stosowanych rozwiązań jest technika wirtualizacji pamięci. Pokrótkie przypomnijmy jej zasady.

Organizacja pamięci wirtualnej pozwala na dużą swobodę twórcy oprogramowania. Daje mu bowiem do dyspozycji adresy wirtualne stwarzając wrażenie dysponowania bardzo dużą pamięcią operacyjną przy stosunkowo niewielkim zakresie fizycznej pamięci operacyjnej. Przesyłem informacji między pamięcią operacyjną a zewnętrzną zajmuje się procesor. Najważniejsze pojęcia związane z wirtualizacją to:

•Adres wirtualny – adres generowany podczas wykonywania programu. Zbiór tych adresów nazywa się przestrzenią adresów wirtualnych.

□Adres w PO - adres w fizycznej PO. Zbiór tych adresów tworzy przestrzeń adresów fizycznych.



## Wymagania sprzętowe – pamięć wirtualna

### Elementy:

Urządzenie translacji adresów - służy do automatycznego obliczania adresu fizycznego odpowiadającego w danej chwili adresowi wirtualnemu; posiada rejestr stron aktualnie znajdujących się w PO

Stronicowanie pamięci – podział całej pamięci (PO i PZ) na bloki zwane stronami (zwykle o stałej wielkości – 512, 1024 słowa)

Adres wirtualny składa się z dwóch części:

adresu (numeru) strony

adresu (przesunięcia) na stronie

Komputer jako urządzenie sterujące (20)

Realizacji techniki wirtualizacji pamięci wymaga kilku istotnych elementów:

- urządzenia translacji adresów, które służy do automatycznego obliczania adresu fizycznego odpowiadającego w danej chwili adresowi wirtualnemu; posiada rejestr stron aktualnie znajdujących się w PO,
- stronicowania pamięci, czyli podziału całej pamięci (PO i PZ) na bloki zwane stronami (zwykle o stałej wielkości – 512, 1024 słowa).

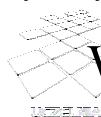
Występujący w programie adres składa się z dwóch części:

adresu (numeru) strony,

adresu (przesunięcia) na stronie.

Zasada wirtualizacji:

Program zawiera wyłącznie adresy wirtualne. Urządzenie translacji adresów sprawdza adresy odwołań z zawartością rejestru stron. Jeśli adres jest zgodny z zawartością rejestru stron, to służy on do zaadresowania komórki w PO. Jeśli nie, to wygenerowany jest błąd strony. Powoduje on przejście do systemu operacyjnego i przepisanie żądanej strony do PO po uprzednim zrzuceniu innej strony do PZ. Oddzielnym problemem jest wybór strony przeznaczonej do zrzucenia. Opracowano szereg algorytmów wymiany stron od FIFO (First In First Out) do LIFO (Last In First Out).



## Wymagania sprzętowe – ochrona pamięci

### •Systemy ochrony pamięci

- Wydzielenie obszaru do wyłącznej dyspozycji SO
- Ochrona w oparciu o rejestry LIMIT, DATUM
- Maski ochrony pamięci – z każdym blokiem pamięci związana jest maska jedno- lub wielobitowa,np.
  - jednobitowa: 0 – program może dokonać zapisu do bloku; 1 – program nie ma możliwości zapisu,
  - dwubitowa: 00 – bez możliwości dostępu do bloku
- 01 – jedynie wykonywanie programu
- 10 – jedynie czytanie danych
- 11 – czytanie i wpisywanie danych
- Klucz ochrony pamięci – zawiera identyfikator programu mającego dostęp do danego bloku

Komputer jako urządzenie sterujące (21)

Kolejnym problemem do rozwiązania w KSS jest ochrona pamięci. Stosuje się tutaj różne systemy, między innymi:

wydzielenie obszaru do wyłącznej dyspozycji SO

Obszar taki jest określony sztywno przez producenta.

ochrona w oparciu o rejestry LIMIT, DATUM

Zawartość tych rejestrów określa obszar pamięci zastrzeżony dla systemu operacyjnego i niedostępny dla programisty. Wartości rejestrów mogą być programowo zmieniane.

maski ochrony pamięci – z każdym blokiem pamięci związana jest maska jedno- lub wielobitowa,np.

jednobitowa: 0 – program może dokonać zapisu do bloku; 1 – program nie ma możliwości zapisu,

dwubitowa: 00 – bez możliwości dostępu do bloku

01 – jedynie wykonywanie programu

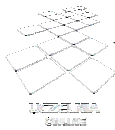
10 – jedynie czytanie danych

11 – czytanie i wpisywanie danych

Bardziej zaawansowana metoda ochrony stosowana w wielu popularnych systemach plików.

klucz ochrony pamięci – zawiera identyfikator programu mającego dostęp do danego bloku

W tym systemie ochrony obszar jest dostępny wyłącznie dla określonych programów.



## Wymagania sprzętowe – kanał we/wy

Kanały we/wy - autonomiczne urządzenie

Procesor jedynie inicjuje pracę kanału podając:

adres urządzenia zewnętrznego

kierunek transmisji

adres w PO początku danych

liczbę przesyłanych słów

Po zakończeniu transmisji procesor jest o tym fakcie powiadamiany przez przerwanie

Współpraca procesora z kanałem odbywa się poprzez rejestr buforowy

Komputer jako urządzenie sterujące (22)

Komunikacja komputera sterującego z obiektem (procesem) sterowanym odbywa się przez kanał wejścia/wyjścia.

Procesor jedynie inicjuje pracę kanału podając:

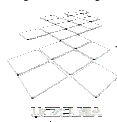
adres urządzenia zewnętrznego

kierunek transmisji

adres w PO początku danych

liczbę przesyłanych słów

Po zakończeniu transmisji procesor jest o tym fakcie powiadamiany przez przerwanie. Współpraca procesora z kanałem odbywa się poprzez rejestr buforowy.



## Wymagania sprzętowe – kanał we/wy

### Typy kanałów we/wy

Kanał selektorowy – łączy wybrane urządzenie zewnętrzne z JC na cały czas trwania transmisji (wykorzystywany przez szybkie urządzenia zewnętrzne np. pamięci zewnętrzne)

Kanał multipleksorowy – logicznie połączony z danym urządzeniem zewnętrznym tylko na czas potrzebny do przesłania jednego bajtu, a następnie przechodzi do transmisji z innym urządzeniem zewnętrznym (wykorzystywany przez wolne urządzenia zewnętrzne, np. drukarki czytniki)

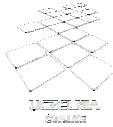
Kanał znakowy – przesłanie każdego słowa wymaga oddzielnego zainicjowania transmisji przez procesor

Komputer jako urządzenie sterujące (23)

Wyróżnić można podstawowe typy kanałów.

- Kanał selektorowy – łączy wybrane urządzenie zewnętrzne z JC na cały czas trwania transmisji (wykorzystywany przez szybkie urządzenia zewnętrzne np. pamięci zewnętrzne)
- Kanał multipleksorowy – logicznie połączony z danym urządzeniem zewnętrznym tylko na czas potrzebny do przesłania jednego bajtu, a następnie przechodzi do transmisji z innym urządzeniem zewnętrznym (wykorzystywany przez wolne urządzenia zewnętrzne, np. drukarki czytniki)
- Kanał znakowy – przesłanie każdego słowa wymaga oddzielnego zainicjowania transmisji przez procesor

KSS winien być wyposażony w różnorodne formy transmisji danych w zależności od ich charakteru i wymagań określonych przez dynamikę procesu.



## Wymagania sprzętowe – zegar cyfrowy

Zegar cyfrowy - generuje sygnały co pewien ustalony okres czasu; w skład zegara wchodzi rejestry pracujące jako liczniki cyfrowe; sygnał generowany jest w chwili przepełnienia licznika;

Zastosowania:

- obliczanie kwantów czasu
- obliczanie czasu inicjowania programów
- kontrola sprawności urządzeń poprzez kontrolę czasu wykonania czynności
- ochrona programów przed zapętlaniem

Komputer jako urządzenie sterujące (24)

Praca KSS w środowisku rzeczywistym wymaga uzależnienia wielu sterowanych procesów od czasu. Niezbędny zatem jest zegar.

Zegar cyfrowy - generuje sygnały co pewien ustalony okres czasu; w skład zegara wchodzi rejestry pracujące jako liczniki cyfrowe; sygnał generowany jest w chwili przepełnienia licznika;

□ Zastosowania zegara cyfrowego:

- obliczanie kwantów czasu,
- obliczanie czasu inicjowania programów,
- kontrola sprawności urządzeń poprzez kontrolę czasu wykonania czynności,
- ochrona programów przed zapętlaniem.

Przedstawione wymagania odnośnie do sprzętu mają charakter wskazań istotnych przy jego wyborze, jednakże nie determinują wyboru ze względu na fakt dużej uniwersalności systemów komputerowych i co za tym idzie możliwości dostosowania ich do aktualnych potrzeb i wymagań użytkownika.