



Politechnika
Wrocławska

Wybrane zagadnienia robotyki

Wykład 3

Projektowanie systemów robotycznych

Metoda kompleksowego projektowania w ujęciu mechatronicznym

Jarosław Szrek

Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn i Układów Mechatronicznych
Laboratorium Mechatroniki i Robotyki



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Copyright © J. Szrek 2026

Zawartość wykładu

Wykład dotyczy kompleksowego podejścia do projektowania urządzeń w ujęciu mechatronicznym.

- Założenia i wytyczne projektowe
- Projektowanie
- Budowa Prototypu
- Badania eksperymentalne
- Test

Wprowadzenie

<https://www.oficyna.pwr.edu.pl/ksiazki/inspekcyjne-roboty-mobilne-synteza-badania-aplikacje/>

Jednym ze sposobów projektowania urządzeń technicznych jest podejście w **ujęciu mechatronicznym**, w którym wymagana jest integracja na poszczególnych etapach wiedzy interdyscyplinarnej i różnych obszarów badawczych.

Wprowadzenie

Rozpatrując proces projektowania konkretnych urządzeń w ujęciu mechatronicznym, w **interdyscyplinarnym zespole projektowym**, z uwzględnieniem kierunków kształcenia i kompetencji absolwentów uczelni:

Wprowadzenie

Rozpatrując proces projektowania konkretnych urządzeń w ujęciu mechatronicznym, w **interdyscyplinarnym zespole projektowym**, z uwzględnieniem kierunków kształcenia i kompetencji absolwentów uczelni:

- mechanik,
- projektant CAD,
- elektronik,
- programista systemów wbudowanych,
- programista,
- automatyk.

Wprowadzenie

W projektowaniu w ujęciu mechatronicznym można wyodrębnić trzy zasadnicze elementy:

- część mechaniczna
- układ sensoryczny i sterowania
- oprogramowanie

Wprowadzenie

W projektowaniu w ujęciu mechatronicznym można wyodrębnić trzy zasadnicze elementy:

- część mechaniczna
- układ jezdny,
- napędy i elementy przeniesienia ruchu, w tym dedykowane mechanizmy;

Wprowadzenie

W projektowaniu w ujęciu mechatronicznym można wyodrębnić trzy zasadnicze elementy:

- układ sensoryczny i sterowania
- układy elektroniczne,
- sterowniki,
- moduły wykonawcze dla napędów,
- układy komunikacji,
- indywidualne oprogramowanie systemów pomiarowych;

Wprowadzenie

W projektowaniu w ujęciu mechatronicznym można wyodrębnić trzy zasadnicze elementy:

- oprogramowanie
 - zarządzające pracą robota,
 - przetwarzające dane sensoryczne,
 - oprogramowanie interfejsu użytkownika;

Wprowadzenie

Projektowanie w ujęciu mechatronicznym jest procesem współbieżnym, wieloiteracyjnym, obejmującym działanie w danej tematyce z uwzględnieniem wymagań innych obszarów badawczych.

Wprowadzenie

Projektowanie w ujęciu mechatronicznym jest procesem współbieżnym, wieloiteracyjnym, obejmującym działanie w danej tematyce z uwzględnieniem wymagań innych obszarów badawczych.

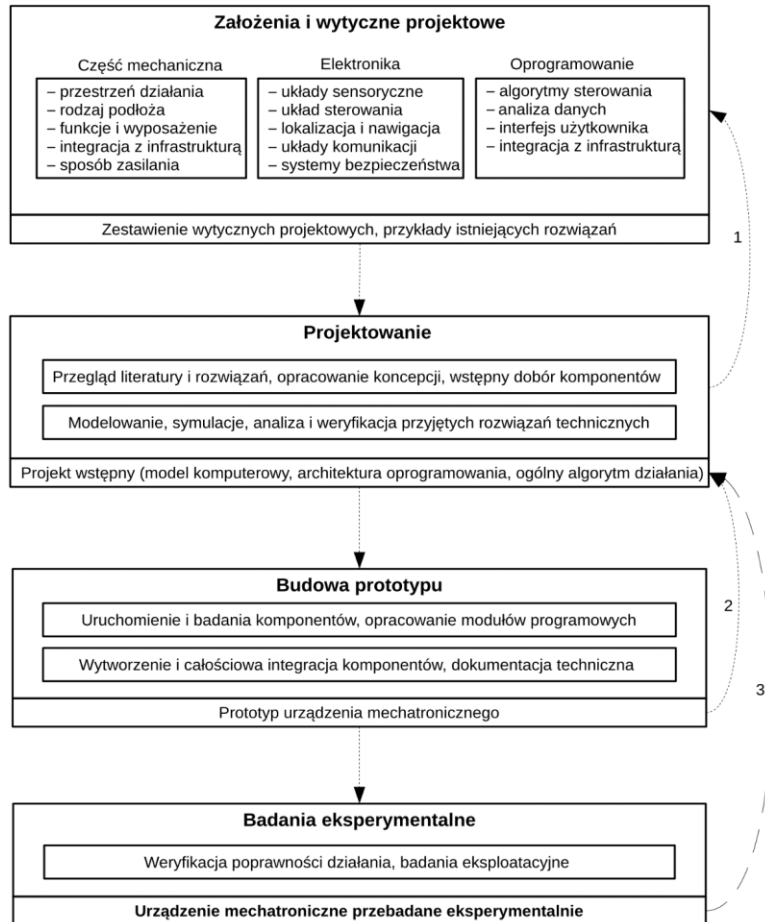
Narzuca to konieczność przepływu informacji pomiędzy poszczególnymi zespołami odpowiedzialnymi za projektowanie części mechanicznej, opracowanie i integrację części elektryczno-elektronicznej oraz oprogramowania.

Wprowadzenie

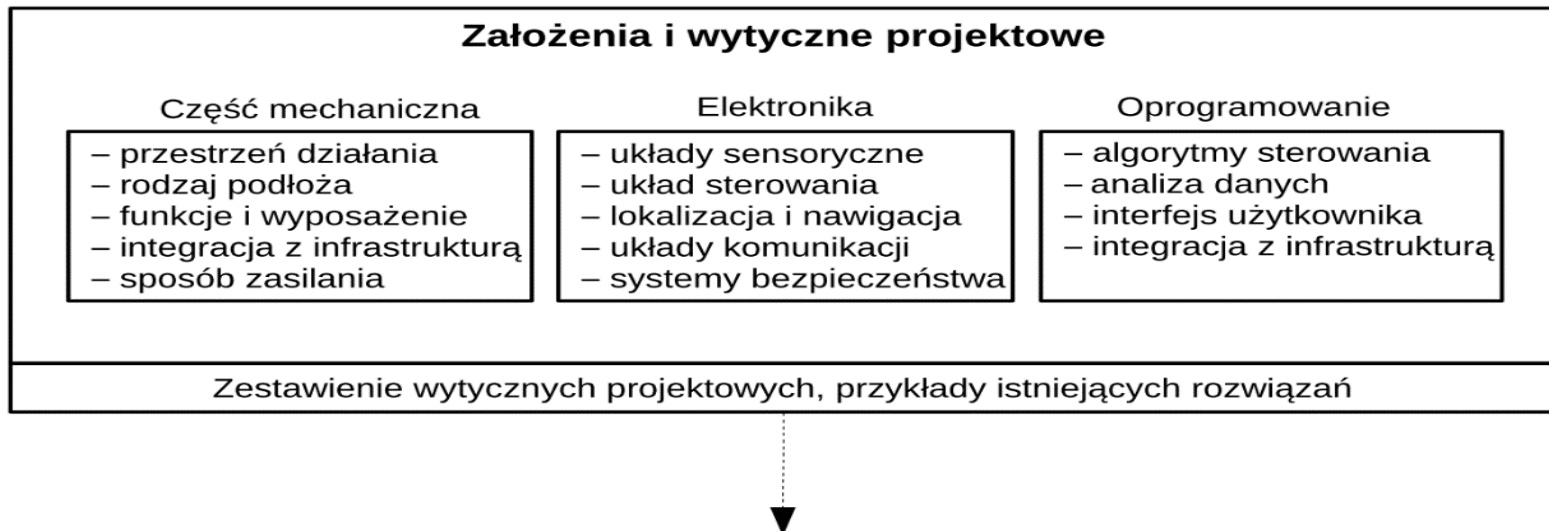
Założenia

W aspekcie części elektroniczno-informatycznej należy określić sposób lokalizacji, rodzaj systemów bezpieczeństwa oraz interfejs użytkownika i sposób integracji w zakresie istniejącego oprogramowania.

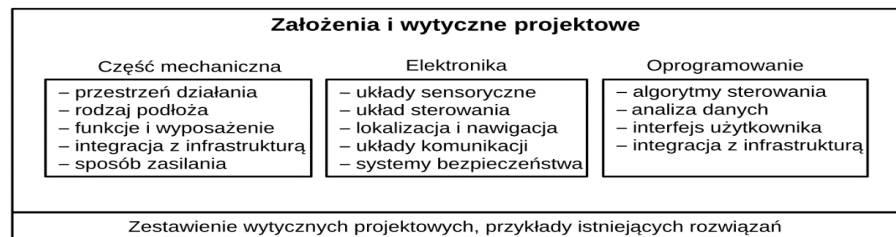
Kompleksowa metoda projektowania



Kompleksowa metoda projektowania I

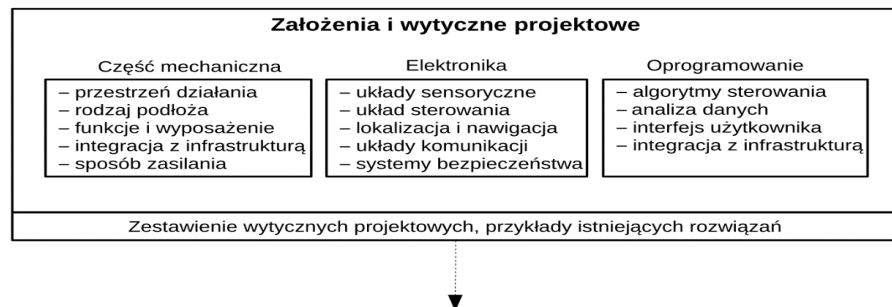


Kompleksowa metoda projektowania I



- przestrzeń działania
- środowisko i funkcje przewidziane dla robota
- rodzaj podłoża
- nierówności lub przeszkody na drodze robota
- sposób integracji z istniejącą infrastrukturą
- zdefiniowanie specjalnych funkcji i dodatkowego wyposażenia
- sposób dostarczania energii

Kompleksowa metoda projektowania I



- sposób lokalizacji
- rodzaj systemów bezpieczeństwa
- interfejs użytkownika
- sposób integracji w zakresie istniejącego oprogramowania

Kompleksowa metoda projektowania I

Wytyczne projektowe

- są ustalane pod kątem konkretnych zastosowań lub potrzeb, przy świadomości ograniczeń technologicznych, w tym dostępnych zasobów.

Kompleksowa metoda projektowania I

Wytyczne projektowe

- są ustalane pod kątem konkretnych zastosowań lub potrzeb, przy świadomości ograniczeń technologicznych, w tym dostępnych zasobów.
- są podstawą do opracowania koncepcji urządzenia, gdzie w sposób ogólny są wybierane rodzaje elementów składowych, sposób przeniesienia napędu oraz jest nakreślana ogólna zasada działania urządzenia i technologia wykonania komponentów.

Kompleksowa metoda projektowania I

Następnie wskazywany jest rodzaj układu lokomocji, typ napędów, sposób lokalizacji i nawigacji oraz zapotrzebowanie na dane sensoryczne.

Kompleksowa metoda projektowania I

Następnie wskazywany jest rodzaj układu lokomocji, typ napędów, sposób lokalizacji i nawigacji oraz zapotrzebowanie na dane sensoryczne.

Opracowana koncepcja jest przedstawiana na schematach blokowych, eksponujących istotne elementy projektowanego urządzenia oraz wzajemne relacje i przepływ danych pomiędzy komponentami.

Kompleksowa metoda projektowania I

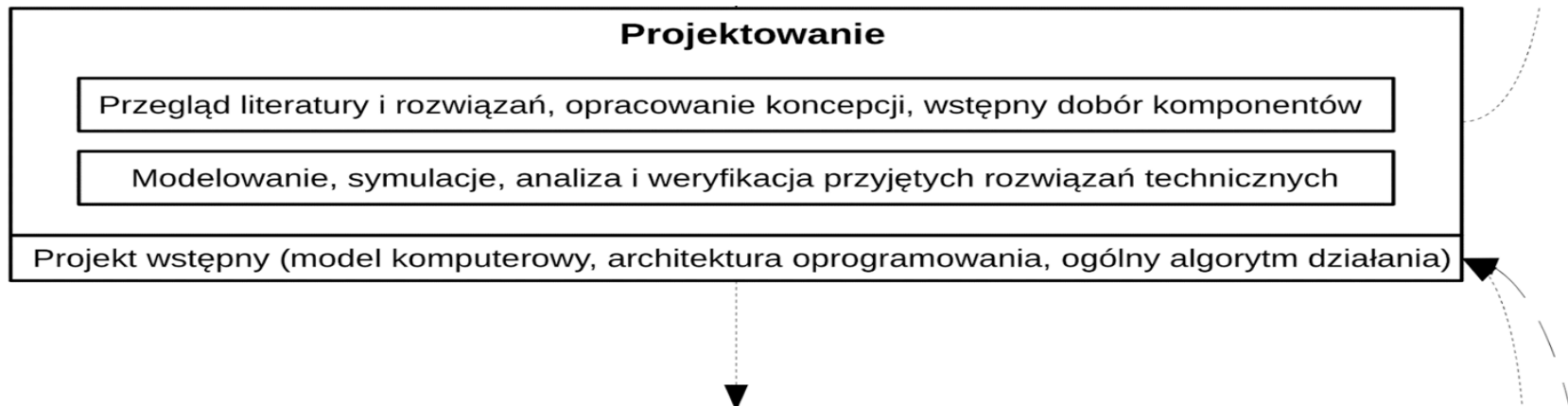
Opracowanie koncepcji obejmuje również przyjęcie ogólnej **architektury układu sterowania i strategii działania** urządzenia dostosowanej do żadanego zastosowania.

Kompleksowa metoda projektowania I

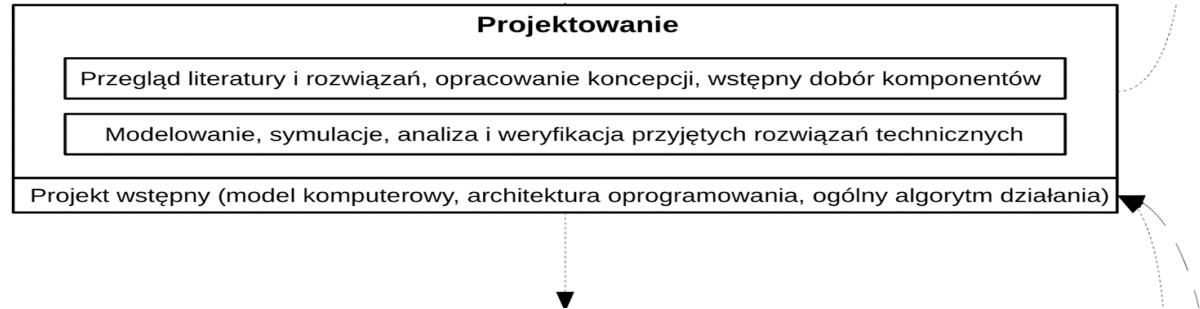
Opracowanie koncepcji obejmuje również przyjęcie ogólnej architektury układu sterowania i strategii działania urządzenia dostosowanej do żądanego zastosowania.

Po opracowaniu koncepcji następuje weryfikacja zgodności z założeniami i oczekiwaniami klienta, a po uzyskaniu akceptacji przejście do dalszych etapów.

Kompleksowa metoda projektowania II



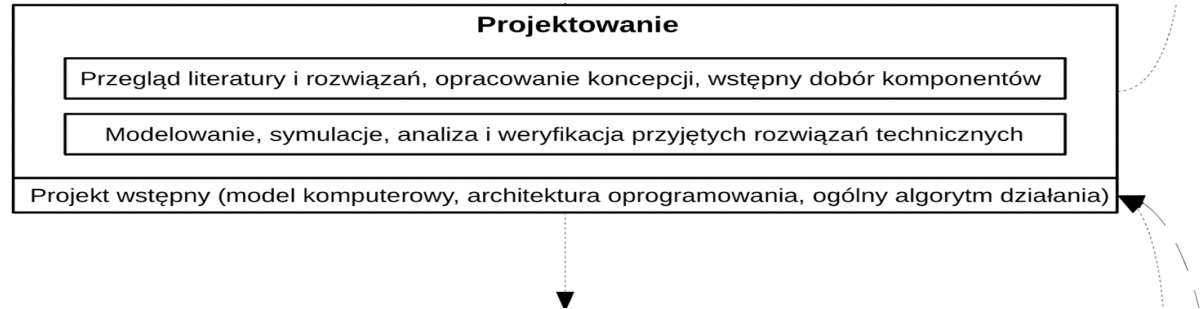
Kompleksowa metoda projektowania II



Część mechaniczna

- siły działające na robota, dobór napędów
- źródła zasilania

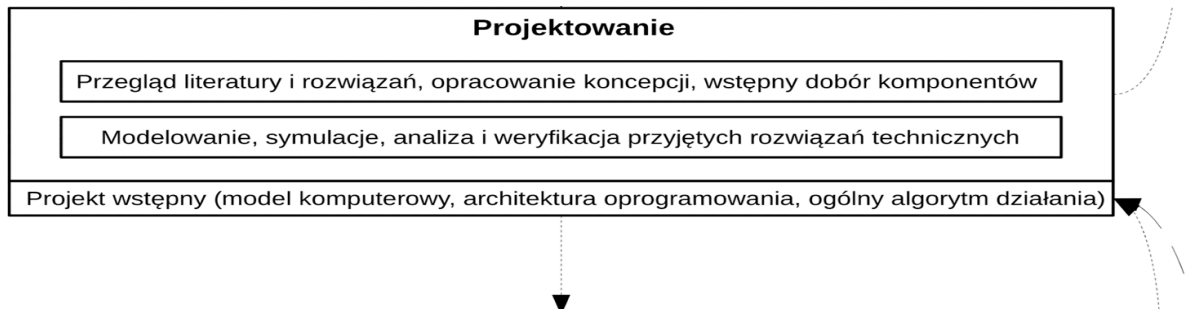
Kompleksowa metoda projektowania II



Układy sensoryczne i sterowania

- regulatory i moduły wykonawcze
- układy sensoryczne
- układy komunikacji

Kompleksowa metoda projektowania II



Oprogramowanie

- odpowiednia architektura
- algorytmy sterowania
- środowisko

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- danymi wejściowymi przy projektowaniu i doborze konkretnych komponentów składowych robota mobilnego są oczekiwane parametry fizyczne

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- wymiary zewnętrzne,
- udźwig,
- prędkość,
- kinematykę układu jezdnego,
- rodzaj i parametry kół,
- prześwit,
- czas działania na jednym ładowaniu itp.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

Inne aspekty obejmują

- stopień szczelności i rodzaj obudowy, co determinuje wybór materiałów konstrukcyjnych oraz technologię wykonania zależną od liczby egzemplarzy (prototypy, wersje seryjne)

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- Parametry dodatkowego wyposażenia zamontowanego na robocie.
- Układ kinematyczny dobrany do danego procesu ze względu na potrzebną liczbę stopni swobody zapewniający realizację dodatkowych funkcji.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

Odpowiednią strukturę układu kinematycznego można uzyskać **metodami syntezy strukturalnej** polegającej na poszukiwaniu pełnego zbioru możliwych rozwiązań w zakresie założonej liczby członów, oraz liczby i akceptowanych rodzajów par kinematycznych.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

Synteza części mechanicznej zawiera **syntezę geometryczną**, polegającą na doborze odpowiednich wymiarów, szczególnie mechanizmów, które realizują indywidualne prawo ruchu.

Metody syntezy geometrycznej bazują na metodach klasycznych, algorytmach genetycznych i sieciach neuronowych.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- siły działające na robota, dobór napędów

Po zdefiniowaniu mechanizmu i określeniu wymiarów członów należy wykonać analizę dynamiczną i dobrać elementy napędowe.

Ten etap analizy może być oparty na metodach klasycznych lub wspomagany przez symulacje komputerowe.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- siły działające na robota, dobór napędów

W tym celu niezbędne jest zastosowanie metod pozwalających na opis ruchu.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- siły działające na robota, dobór napędów

W tym celu niezbędne jest zastosowanie metod pozwalających na opis ruchu.

Badania symulacyjne mogą być oparte na implementacji i numerycznym rozwiązywaniu klasycznych równań kinematyki, dynamiki z wykorzystaniem formalizmu Lagrange'a, Eulera-Newtona, jak również przy zastosowaniu dedykowanego oprogramowania.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- siły działające na robota, dobór napędów

W wyniku analizy układu mechanicznego

- potwierdza się poprawność przyjętych rozwiązań
- uzyskuje się parametry stanowiące wytyczne do dalszych etapów projektowania

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- siły działające na robota, dobór napędów

W wyniku analizy układu mechanicznego

- potwierdza się poprawność przyjętych rozwiązań
- uzyskuje się parametry stanowiące wytyczne do dalszych etapów projektowania
- momenty napędowe,
- obciążenia w parach kinematycznych,
- profil ruchu dla przyjętych charakterystyk napędów i obciążenia zewnętrznego.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

W procesie projektowym części mechanicznej, w ujęciu mechatronicznym należy uwzględnić również komponenty elektroniczne, które wprowadzają istotne parametry geometryczne (moduły, okablowanie) i masowe.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

Na początkowym etapie dopuszcza się przyjęcie oszacowań nieznanych parametrów, które w toku procesu projektowego powinny być doprecyzowane, w tym na podstawie prac projektowych nad częścią elektroniczną.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- źródła zasilania

Sposób zasilania oraz czas działania robota jest zależny od charakteru jego zadań i powinien być ustalony już na etapie początkowym jako jedno z założeń eksploatacyjnych, skorelowanych np. z harmonogramem pracy w przedsiębiorstwie.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- źródła zasilania

Jednym ze sposobów zasilania akumulatorów robota jest bezobsługowa współpraca ze stacją ładowania.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- źródła zasilania

Jednym ze sposobów zasilania akumulatorów robota jest bezobsługowa współpraca ze stacją ładowania.

Znając jej współrzędne w przestrzeni, robot precyzyjnie podłącza się do elektrod zasilających, które mogą być umieszczone na ścianie lub podłożu.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- źródła zasilania

Stacja ładowania jest często dodatkowo oznaczana, aby robot mógł ją zlokalizować na podstawie danych z lidarów lub systemu wizyjnego.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- źródła zasilania

Inny sposób dostarczenia energii to wymiana akumulatora. W takim przypadku robot jest wyposażony w specjalną szufladę i złącze, które umożliwia szybką wymianę akumulatora.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- źródła zasilania

Inny sposób dostarczenia energii to wymiana akumulatora. W takim przypadku robot jest wyposażony w specjalną szufladę i złącze, które umożliwia szybką wymianę akumulatora.

W przypadku wymiany akumulatora skraca się czas przestoju robota, ale wymagana jest jego obsługa.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- źródła zasilania

Dobór pojemności akumulatora zależy od sposobu dostarczania energii oraz od oczekiwanych parametrów eksploatacyjnych robota i ma duży wpływ na masę całego urządzenia, którą wraz z zaplanowaniem miejsca należy uwzględnić przy projektowaniu części mechanicznej.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- źródła zasilania

Pojemność akumulatora wyliczana jest na podstawie sumarycznego poboru mocy wszystkich odbiorników, przy zakładanym czasie pracy.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- źródła zasilania

Pojemność akumulatora wyliczana jest na podstawie sumarycznego poboru mocy wszystkich odbiorników, przy zakładanym czasie pracy.

Istotny pobór mocy posiadają

- napędy,
- elementy układu sterowania i sensoryczne.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Część mechaniczna

- źródła zasilania

Znając sumaryczną moc, można w łatwy sposób wyliczyć pojemność akumulatora.

Należy pamiętać, że pobór prądu przez komponenty robota mobilnego może się różnić od wartości oszacowanej, ze względu na aktualne warunki eksploatacji lub obciążenie, a sprawność akumulatorów spada z upływem czasu ich użytkowania.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Układy sensoryczne i sterowania

Architektura układu sterowania w aspekcie sprzętowym obejmuje urządzenia pozwalające na pozyskanie danych (układy sensoryczne), następnie ich przetworzenie (jednostka obliczeniowa) i przesłanie (układy komunikacji) ich do układów wykonawczych (sterowniki napędów).

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Układy sensoryczne i sterowania

- Regulatory i moduły wykonawcze

Regulatory pracują w warstwie niskiego poziomu i są implementowane na bazie elektronicznych układów obliczeniowych posiadających odpowiednie zasoby, pozwalające na szybkie przetwarzanie danych w pętli sprzężenia zwrotnego.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Układy sensoryczne i sterowania

- Regulatory i moduły wykonawcze

Sygnałami wykorzystywanymi w ujemnej pętli sprzężenia zwrotnego mogą być wartości położenia, prędkości lub prądu.

W wielu przypadkach układ regulacji jest połączony z układem wykonawczym i stanowi jeden zintegrowany moduł zoptymalizowany pod kątem sterowania napędami.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Układy sensoryczne i sterowania

- Układy sensoryczne

sensory wewnętrzne

– za dostarczenie podstawowej informacji binarnej odpowiadają wyłączniki krańcowe, transoptory, kontaktrony.

Takie elementy są wykorzystywane wszędzie tam, gdzie istnieje potrzeba zasygnalizowania obecności obiektu lub osiągnięcia pozycji granicznej;

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Układy sensoryczne i sterowania

- Układy sensoryczne

sensory otoczenia

– zadaniem tej grupy sensorów jest pozyskanie informacji o otoczeniu robota. W tym celu mogą być stosowane jednowymiarowe sensory ultradźwiękowe, laserowe IR.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Układy sensoryczne i sterowania

- Układy sensoryczne

sensory otoczenia

– w przypadku zastosowania systemów wizyjnych można uzyskać obraz 2D (monochromatyczny lub RGB). Często do analizy otoczenia stosowane są przetworniki stereowizyjne, sensory głębi RGB-D czy kamery termowizyjne, aby uzyskać dane obrazowe z informacją o temperaturze.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Układy sensoryczne i sterowania

- Układy sensoryczne

sensory otoczenia

– na potrzeby mapowania zarówno w przestrzeni 2D, jak i 3D stosuje się laserowe skanery przestrzeni o zróżnicowanym zasięgu oraz dodatkowych funkcjach, np. skanery bezpieczeństwa.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Układy sensoryczne i sterowania

- Układy komunikacji

Za przepływ danych w robocie odpowiadają układy komunikacji. Z ich udziałem transmitowane są dane z sensorów, przesyłane dane lub sygnały sterujące.

Przy przesyłaniu danych wykorzystuje się standardowe interfejsy i protokoły komunikacyjne.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Układy sensoryczne i sterowania

- Układy komunikacji

Część rozwiązań jest wykorzystywana ze względu na szybkość działania lub przepustowość łącza. Wiele standardów komunikacji jest zdefiniowanych na poziomie warstwy sprzętowej i ściśle powiązanych z protokołem komunikacji.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Układy sensoryczne i sterowania

- Układy komunikacji

Przesyłanie informacji w obrębie robota mobilnego jest możliwe z wykorzystaniem pojedynczych linii, na których mogą być generowane sygnały szerokości impulsu, częstotliwości, wartość napięcia lub magistral komunikacyjnych. Do przesyłania strumieni danych można wykorzystać między innymi magistralę IIC, SPI, CAN, LIN, standard PPM oraz port szeregowy będący bazą dla standardów komunikacji RS 485 czy RS 422.

Kompleksowa metoda projektowania II

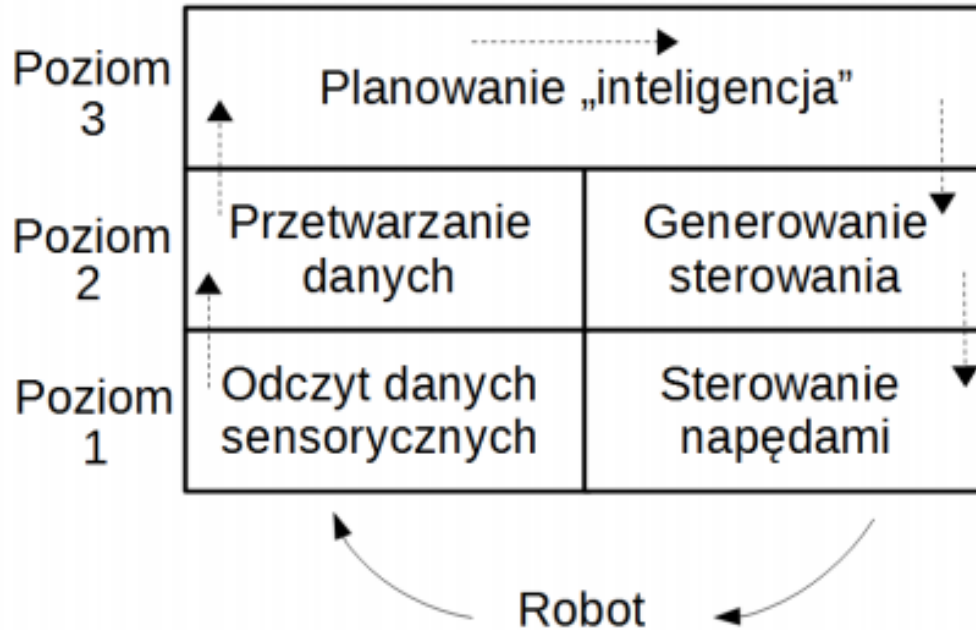
Projektowanie

Układy sensoryczne i sterowania

- Oprogramowanie

Bazując na klasycznym modelu, można zastosować trójwarstwowy podział struktury oprogramowania, ściśle związany ze sprzętową warstwą układu sterowania

Kompleksowa metoda projektowania II



Kompleksowa metoda projektowania II

poziom 1 – oprogramowanie niskiego poziomu bezpośrednio odpowiedzialne za obsługę układów sensorycznych oraz obsługę modułów sterujących napędami.

Kompleksowa metoda projektowania II

poziom 1 – oprogramowanie niskiego poziomu bezpośrednio odpowiedzialne za obsługę układów sensorycznych oraz obsługę modułów sterujących napędami.

Algorytmy zaszyte w dedykowanych modułach sterowników silników wykorzystują różnorodne techniki regulacji prędkości w pętli sprzężenia zwrotnego, takie jak PID (PI, PD, PIQ) w wersjach klasycznych lub adaptacyjnych.

Kompleksowa metoda projektowania II

poziom 1 – oprogramowanie niskiego poziomu bezpośrednio odpowiedzialne za obsługę układów sensorycznych oraz obsługę modułów sterujących napędami.

Algorytmy zaszyte w dedykowanych modułach sterowników silników wykorzystują różnorodne techniki regulacji prędkości w pętli sprzężenia zwrotnego, takie jak PID (PI, PD, PIQ) w wersjach klasycznych lub adaptacyjnych.

Bazę urządzeń niskiego poziomu stanowią mikrokontrolery, które są programowywane najczęściej z wykorzystaniem języka C lub C++ przy wykorzystaniu dedykowanego środowiska programistycznego;

Kompleksowa metoda projektowania II

poziom 2 – oprogramowanie średniego poziomu, w którym odbywa się proces przetwarzania danych sensorycznych oraz generowanie sygnałów sterujących dla podsystemów z poziomu 1.

Kompleksowa metoda projektowania II

poziom 2 – oprogramowanie średniego poziomu, w którym odbywa się proces przetwarzania danych sensorycznych oraz generowanie sygnałów sterujących dla podsystemów z poziomu 1.

Warstwa średniego poziomu pozwala na zintegrowanie i zsynchronizowanie danych ze wszystkich modułów w robocie. Obecnie w większości przypadków rolę oprogramowania w tej warstwie pełni ROS uruchomiony na komputerach z systemem operacyjnym Linux.

Kompleksowa metoda projektowania II

poziom 2 – oprogramowanie średniego poziomu, w którym odbywa się proces przetwarzania danych sensorycznych oraz generowanie sygnałów sterujących dla podsystemów z poziomu 1.

Warstwa średniego poziomu pozwala na zintegrowanie i zsynchronizowanie danych ze wszystkich modułów w robocie. Obecnie w większości przypadków rolę oprogramowania w tej warstwie pełni ROS uruchomiony na komputerach z systemem operacyjnym Linux.

Szerokie funkcjonalności, mnogość zasobów bibliotecznych, możliwość programowania z wykorzystaniem języka C++ lub Python spowodowały dużą popularność ROS-a wśród twórców aplikacji.

Kompleksowa metoda projektowania II

poziom 3 – oprogramowanie wysokiego poziomu pełniące również rolę interfejsu użytkownika. Za jego pośrednictwem zadawane są oczekiwane parametry oraz ręczne sterowanie robotem i odczytywany jego aktualny stan.

Ze względu na różnorodność rozwiązań sprzętowych wiele interfejsów użytkownika oparto na urządzeniach mobilnych.

Na wysokim poziomie jest przydzielane zadanie dla robota, określana strategia działania na podstawie odczytanych danych sensorycznych lub planowana globalna ścieżka, po której robot ma się poruszać.

Kompleksowa metoda projektowania II

poziom 3 – oprogramowanie wysokiego poziomu pełniące również rolę interfejsu użytkownika.

Kompleksowa metoda projektowania II

poziom 3 – oprogramowanie wysokiego poziomu pełniące również rolę interfejsu użytkownika.

Za jego pośrednictwem zadawane są oczekiwane parametry oraz ręczne sterowanie robotem i odczytywany jego aktualny stan.

Ze względu na różnorodność rozwiązań sprzętowych wiele interfejsów użytkownika oparto na urządzeniach mobilnych.

Kompleksowa metoda projektowania II

poziom 3 – oprogramowanie wysokiego poziomu pełniące również rolę interfejsu użytkownika.

Za jego pośrednictwem zadawane są oczekiwane parametry oraz ręczne sterowanie robotem i odczytywany jego aktualny stan.

Ze względu na różnorodność rozwiązań sprzętowych wiele interfejsów użytkownika oparto na urządzeniach mobilnych.

Na wysokim poziomie jest przydzielane zadanie dla robota, określana strategia działania na podstawie odczytanych danych sensorycznych lub planowana globalna ścieżka, po której robot ma się poruszać.

Kompleksowa metoda projektowania II

poziom 3 – oprogramowanie wysokiego poziomu pełniące również rolę interfejsu użytkownika.

Zaplanowane akcje dla robota są zazwyczaj określane na podstawie mapy z wykorzystaniem systemów lokalizacji. Warstwa wysokiego poziomu otrzymuje też zadania dla robota z zewnętrznych systemów zarządzania powiązanych np. z magazynem lub oprogramowaniem sprzedaży internetowej.

Kompleksowa metoda projektowania II

Projektowanie

Układy sensoryczne i sterowania

- Algorytmy sterowania

Sterowanie robotem mobilnym jest złożonym procesem, wymagającym przetwarzania wielu różnego typu danych.

Odbywa się ono w pętli sprzężenia zwrotnego na podstawie przetworzonych danych sensorycznych z otoczenia, przy uwzględnieniu lokalizacji i danych z przestrzeni wewnętrznej robota, jego modelu, mapy przestrzeni lub innych indywidualnych kryteriów.

Kompleksowa metoda projektowania II

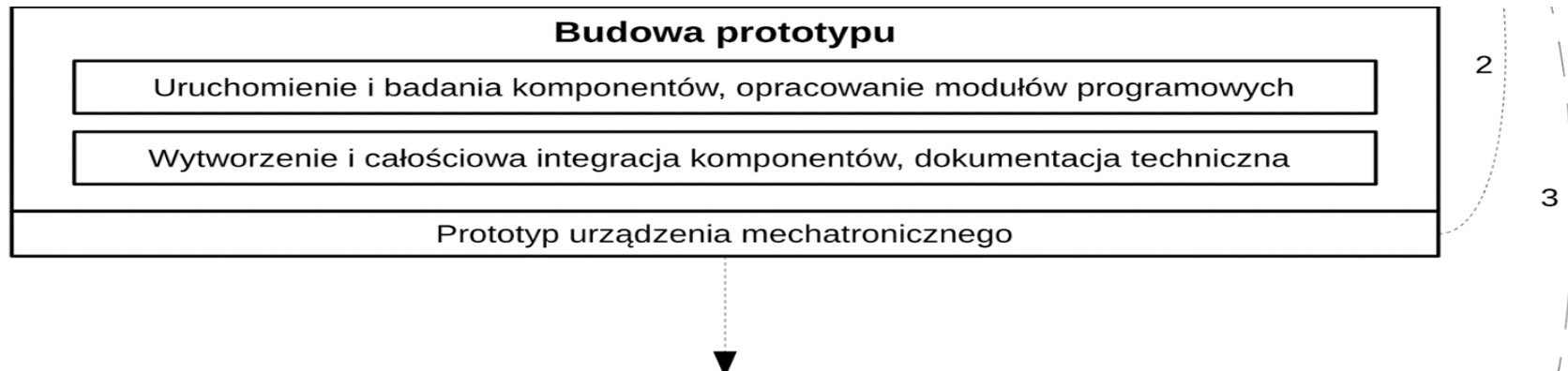
Projektowanie

Układy sensoryczne i sterowania

- Algorytmy sterowania

Przetwarzanie danych następuje w jednostce obliczeniowej (komputer, mikrokontroler) zgodnie z algorytmami stanowiącymi istotny element oprogramowania.

Kompleksowa metoda projektowania



Kompleksowa metoda projektowania

Budowa prototypu

Zgodnie z metodą projektowania mechatronicznego poszczególne zdania projektowe powinny odbywać się równolegle. Założenie to dotyczy również etapu budowania prototypu, który jest integralną częścią całego procesu.

Z tego powodu prace projektowe, często prowadzone w zespole, powinny być zorganizowane w sposób eliminujący ewentualne przestoje w pracy wynikające ze struktury szeregowej.

Kompleksowa metoda projektowania

Budowa prototypu

Przy wykonywaniu prototypów należy uwzględnić dostępny budżet, termin zakończenia oraz czas oczekiwania na dostawę komponentów, dlatego w wielu przypadkach stosuje się systemy szybkiego montażu i prototypowania, w tym techniki przyrostowe (druk 3D).

Kompleksowa metoda projektowania

Budowa prototypu

W wielu przypadkach do etapu budowy prototypu można przygotować się, stosując pakiety symulacyjne, modele symulacyjne i fizyczne, stanowiska badawcze czy też makiety. Szczególnie w zakresie oprogramowania przydatne jest zastosowanie pakietów symulacyjnych, które są spójne z oprogramowaniem uruchamianym na robocie i sensorami reagującymi w przestrzeni wirtualnej.

Kompleksowa metoda projektowania

Budowa prototypu

Końcowa postać prototypu robota mobilnego powinna zawierać wszystkie opracowane komponenty, aby można było poddać je całościowym testom.

Istotne jest prowadzenie właściwej dokumentacji obejmującej model kinematyki, wymiary, rysunki wykonawcze oraz schemat połączeń elektrycznych. Na dokumentację części programowej składają się użyte repozytoria, wykorzystane biblioteki oraz opis sposobu użycia funkcji i metod.

Kompleksowa metoda projektowania

Budowa prototypu

Końcowa postać prototypu robota mobilnego powinna zawierać wszystkie opracowane komponenty, aby można było poddać je całościowym testom.

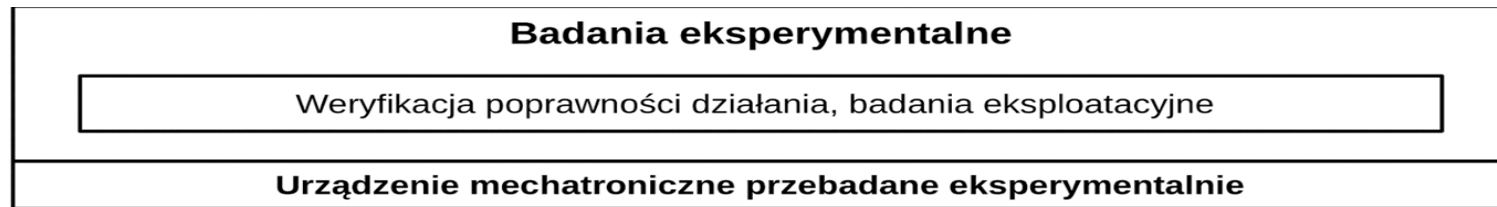
Istotne jest prowadzenie właściwej dokumentacji obejmującej model kinematyki, wymiary, rysunki wykonawcze oraz schemat połączeń elektrycznych. Na dokumentację części programowej składają się użyte repozytoria, wykorzystane biblioteki oraz opis sposobu użycia funkcji i metod.

Kompleksowa metoda projektowania

Budowa prototypu

Ważnym elementem robota mobilnego jest jego obudowa, pełniąca rolę osłony wrażliwych komponentów obiektu oraz zapewniająca walory estetyczne. Obudowę można wykonać z tworzyw sztucznych lub materiałów metalowych. Umieszczone jest na niej również oznakowanie oraz panel użytkownika, w tym istotne elementy systemu bezpieczeństwa.

Kompleksowa metoda projektowania



Kompleksowa metoda projektowania

Badania eksperymentalne

Ostatni etap w projektowaniu robotów mobilnych obejmuje testy końcowe, mające na celu weryfikację przyjętych rozwiązań i całościowe sprawdzenie funkcjonowania urządzenia. Podczas testów sprawdzane jest osiągnięcie zakładanych parametrów, nośność, zachowanie konstrukcji mechanicznej, niezawodność oprogramowania, zasięg oraz działanie systemów bezpieczeństwa.

Kompleksowa metoda projektowania

Badania eksperymentalne

Testy końcowe obejmują również kalibrację zakresów pomiarowych sensorów i dostrojenie parametrów układów regulacji dla różnego obciążenia i prędkości. W badaniach należy również sprawdzić odporność na zakłócenia, poprawność pomiarów, dokładność lokalizacji i pozycjonowania oraz czas zadziałania systemów bezpieczeństwa.

Kompleksowa metoda projektowania

Badania eksperymentalne

W badaniach naukowych istotne jest także porównanie wyników otrzymanych podczas eksperymentów z parametrami uzyskanymi w drodze symulacji. Pozwala to na zoptymalizowanie modelu i zastosowanych metod.

W przypadku wdrożeń robotów mobilnych dodatkowo wykonywana jest dokumentacja techniczno-ruchowa oraz badania niezbędne na potrzeby certyfikacji.

Kompleksowa metoda projektowania

