

---

# Systemy Robotów Autonomicznych

## Wykład nr 5

### Sensory, efektory, architektury sprzętowe

dr inż. Andrzej Opaliński

# Sensory

**Sensor** – urządzenie mierzące fizyczną wielkość i konwertujące ją na sygnał, który może być odczytany przez obserwatora lub używające go urządzenia.

## Przykłady:

- *termometr rtęciowy* - przetwarza wartość temperatury poprzez zmiany objętości cieczy, które mogą być odczytane na szklanym walcu.
- *próżniomierz termoelektryczny* - zamienia temperaturę na napięcie elektryczne mogące być później odczytywane za pomocą miernika.



Dla uzyskania dokładności wyników, wszystkie urządzenia powinny być kalibrowane według jednego wzorca.

**Czułość sensora** wskazuje jak bardzo sygnał wyjściowy z sensora zmieni się, jeśli zmieni się mierzona wartość.

Dla przykładu, słupek rtęci w termometrze rozszerza się o 1cm przy wzroście temperatury o 1°. (czułość 1cm/1°)

# Postrzeganie robotów

Można wyróżnić dwa typy sensorów

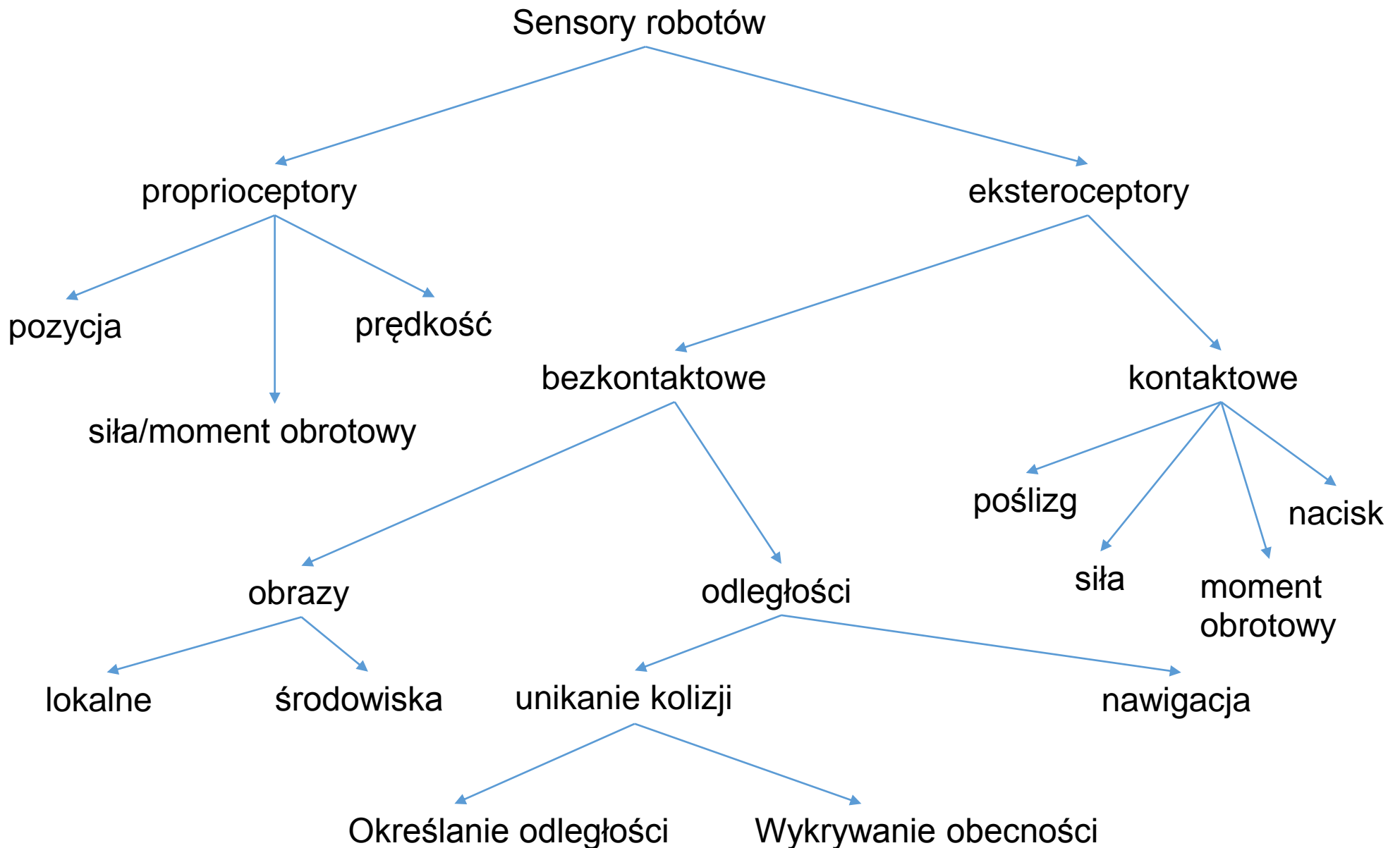
- **Proprioceptory** – służące do mierzenia wewnętrznych parametrów robota
- **Eksteroceptory** – służące do mierzenia parametrów środowiska (zewnątrznych z punktu widzenia robota)

dane z sensorów mogą być później łączone do wspólnego formatu reprezentacji środowiska.

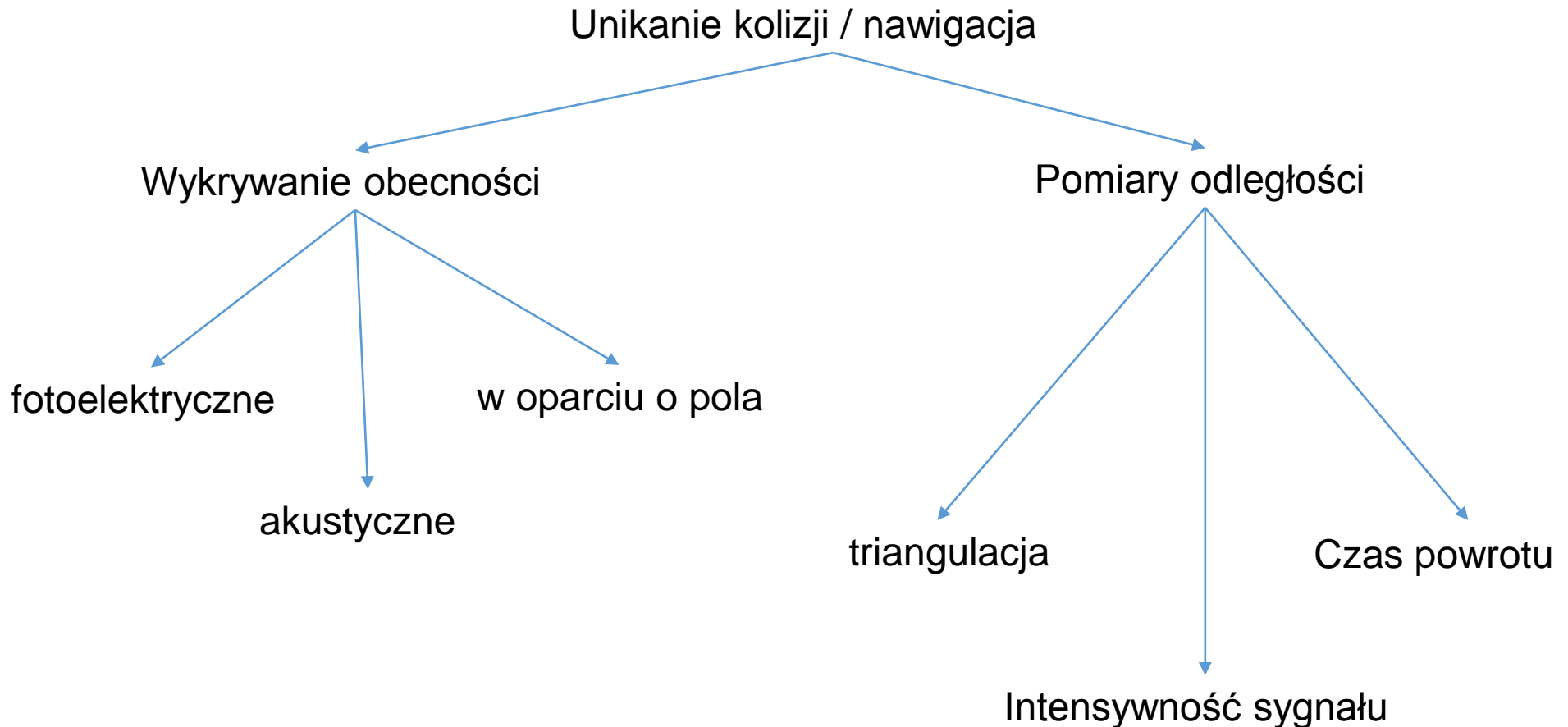
Taki model jest przetwarzany przez moduły wnioskujące, czego konsekwencją są akcje podejmowane przez robota



# Klasyfikacja sensorów



# Bezkontaktowe pomiary odległości

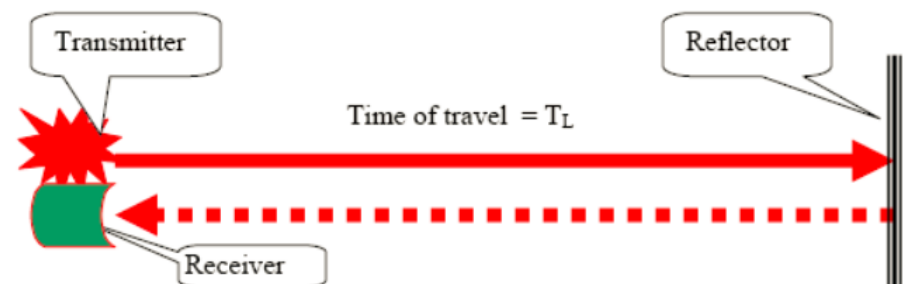


# Pomiary odległości – czas powrotu

- Czas przebycia drogi
  - Światło (nanosekundy)
  - Dźwięk (milisekundy)
  - Fale radiowe
  - Ultradźwięki
  - Laser
- Pomiar odległości w oparciu o czas powrotu sygnału i znaną prędkość fali - TOF (Time of Flight), TOT (Time of Travel)



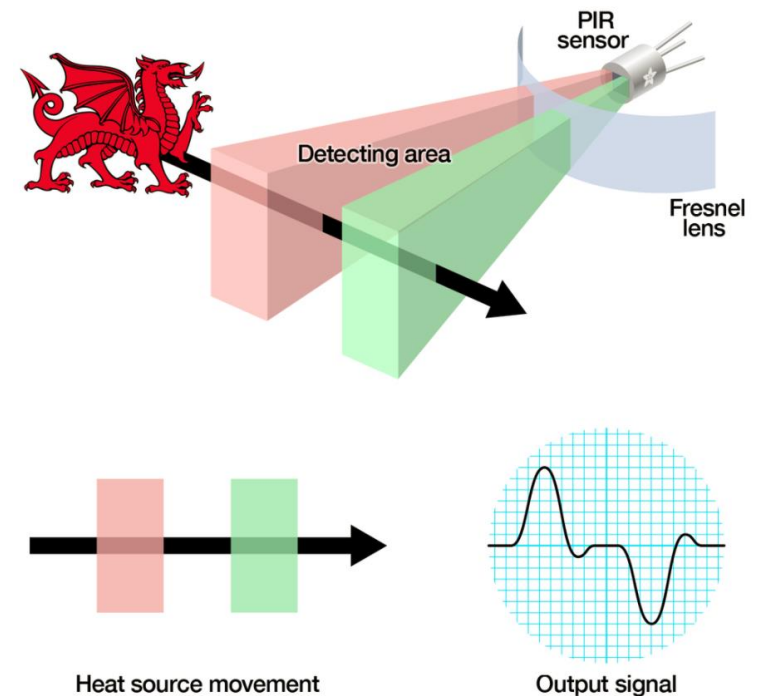
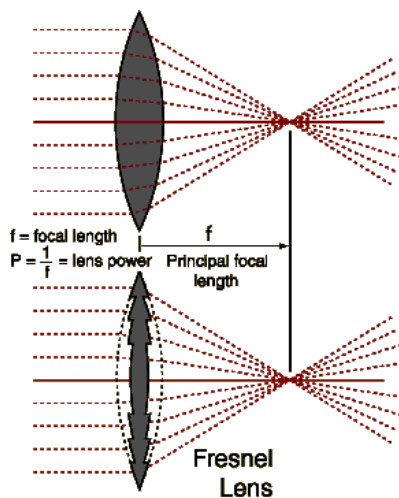
- Problemy
  - absorpcja sygnału przez obiekt,
  - rozproszenie odbitego sygnału,
  - odbicia od innych obiektów (progi szumów)



# Wykrywanie obecności

**pasywny (PIR)** – nie emitujący promieni podczerwonych

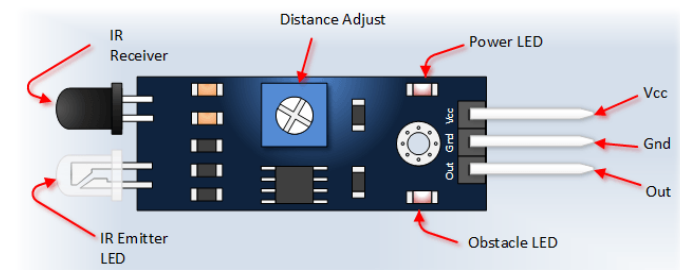
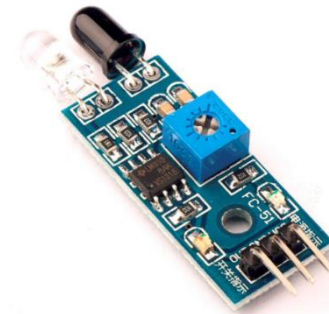
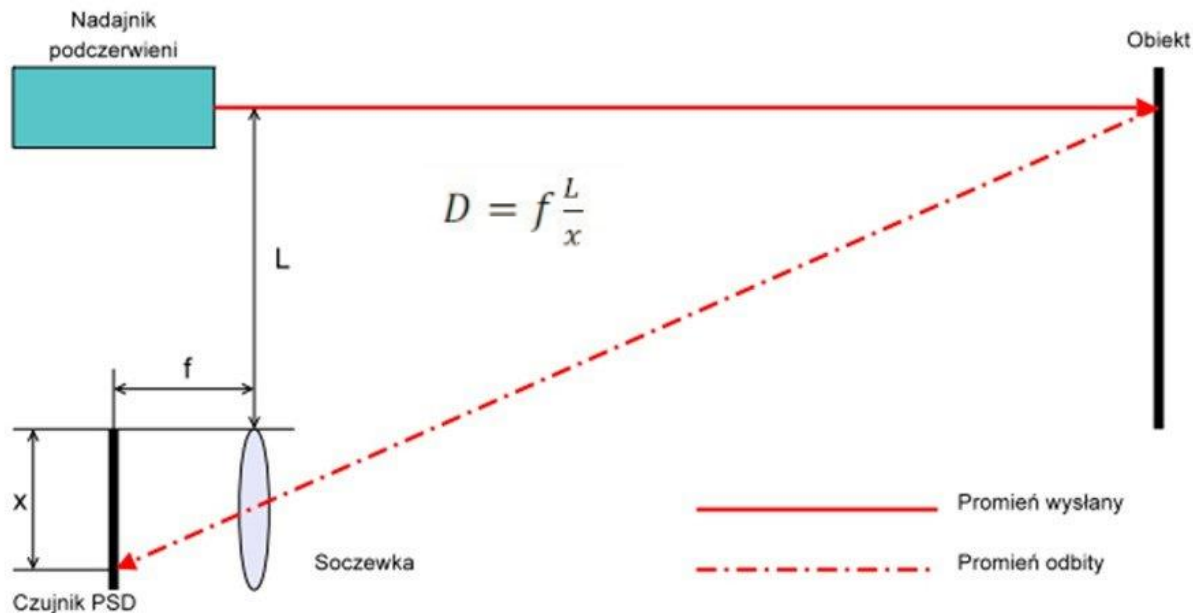
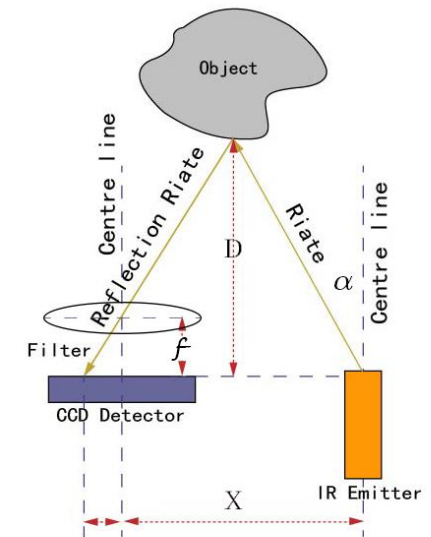
- Dwa główne elementy układu
  - Pyroelement - wykrywanie podczerwieni/zmian temperatury
  - Soczewka Fresnela – skupianie promieni, porównywanie obrazu
- Kryształy LiTaO<sub>3</sub> - związek posiadający piroelektryczne właściwości pozwala wykryć zakres temperatur jakie wytwarza ciało ludzkie.
- Wykrywanie zmian temperatur na zasadzie porównywania serii obrazów skupianych w kryształach przez kilka soczewek Fresnela w momencie gdy osoba przecina śledzoną ścieżkę



# Aktywny pomiar odległości - IR

Dioda emitująca wiązkę IR wykrywaną po odbiciu od przeszkody przez tranzystory fotoczule:

- emitery wysyłają promienie pod pewnym kątem,
- detektory IR skierowane na wprost mierzą różnice w kącie zależnym w odległości mierzonego obiektu
- wykorzystywane w laserowych miernikach odległości (zjawisko triangulacji)

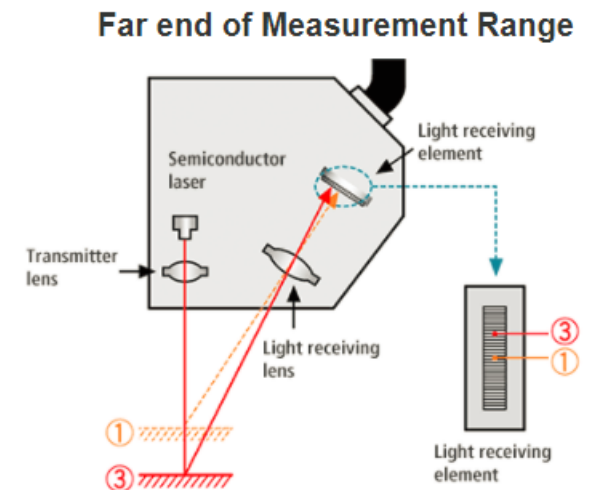
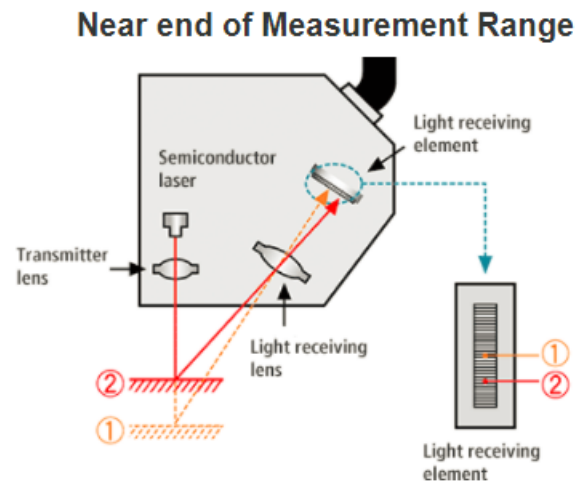
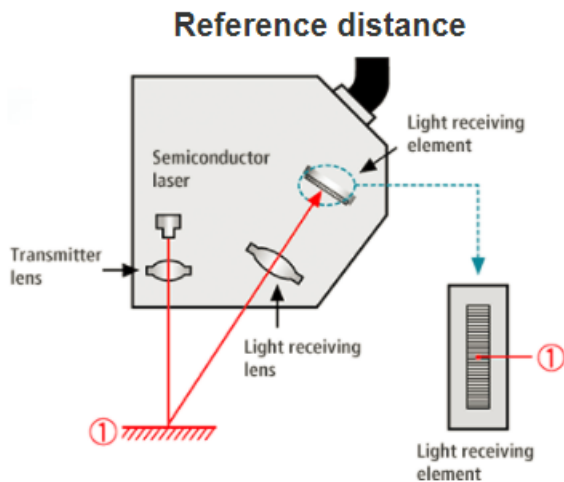
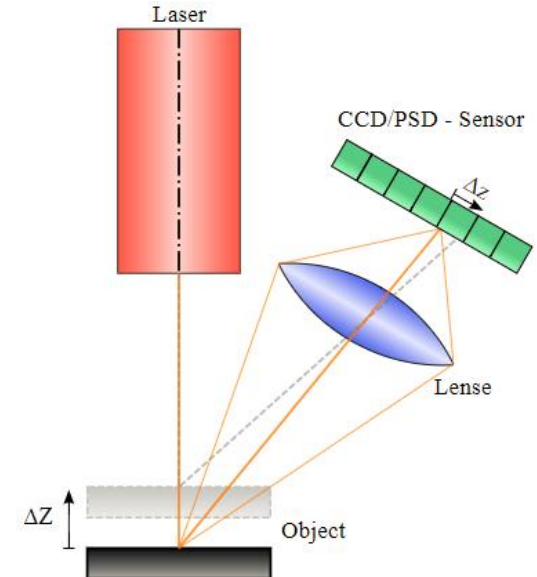




# Aktywny pomiar odległości - laser

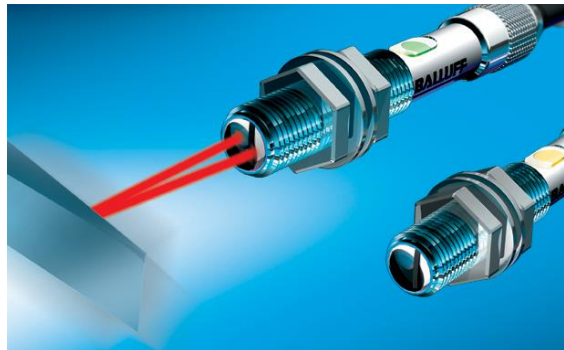
## Pomiar w oparciu o diodę laserową i matrycę fotoczułą

- Graniczne kąty detekcji
- Odległość zależna od punktu matrycy, w której odebrano sygnał odbity



# Fotoelektryczne sensory zbliżeniowe

- Oparte o wiązkę światła emitowaną na którą „wpływa” napotkany przedmiot
  - Przedmiot może absorbować lub odbijać światło
  - Wiązka odbita od przedmiotu wraca do sensora
  - Zmiany aktywują sensor
- Używa się światła modulowanego (różne długości fali) aby wyeliminować wpływ światła otoczenia
- Różne rodzaje światła mają różne zastosowania:
  - Podczerwień – określanie odległości
  - Czerwone i zielone – wykrywanie kontrastów
- Stosowane zwykle do wykrywania obecności (rzadziej do określania odległości)
- Zasięg : 2,5mm do 150m



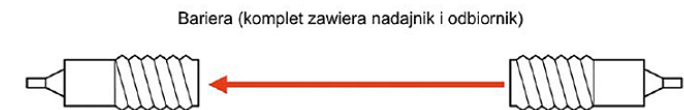
**Rysunek 5. Sensor fotoelektryczny wykorzystujący bezpośrednie odbicie od obiektu**



**Rysunek 6. Sensor fotoelektryczny wykorzystujący bezpośrednie odbicie od zwierciadła na obiekcie**



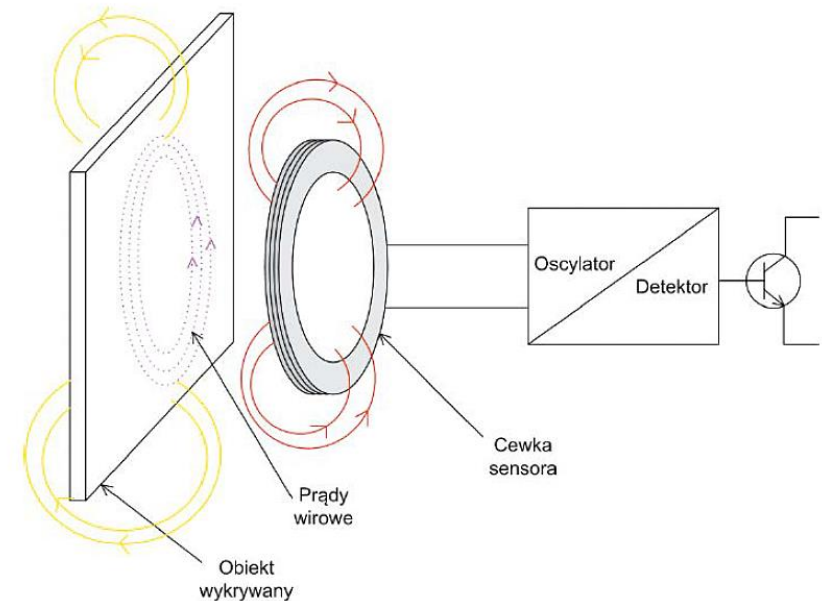
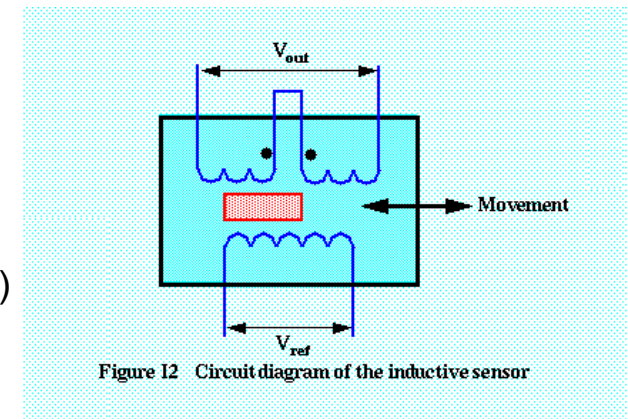
**Rysunek 7. Sensor fotoelektryczny wykorzystujący odbicie światła spolaryzowanego od obiektu**



**Rysunek 8. Bariera optyczna**

# Sensory indukcyjne

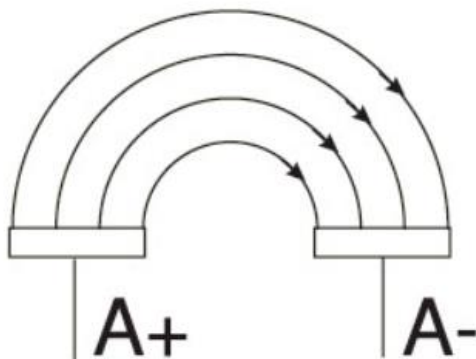
- Wykrywanie w oparciu o pole wyindukowane
- Sensory indukcyjne
  - oparte o oscylatory wysokich częstotliwości
  - zakłócanie z zewnątrz przez metalowe obiekty (wzbudzony prąd)
  - modyfikowana jest amplituda drgań (wykryta przez detektor)
- Cztery główne komponenty
  - Cewka
  - Oscylator
  - Obwód detekcji
  - Obwód wyjściowy
- Zakres reakcji sensora w zależności od materiału i rozmiaru rdzenia to 1- 60 mm
- Wykrywa tylko metale przewodzące prąd



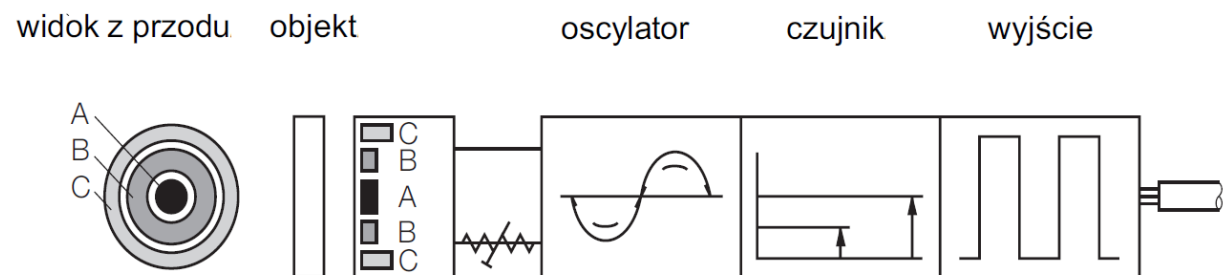
Rysunek 10. Zasada działania indukcyjnego czujnika zbliżeniowego

# Sensory pojemnościowe

- **Sensory pojemnościowe** - wykrywanie obecności w oparciu o pojemność kondensatora
- Zasada działania
  - Pojemność kondensatora zależy od materiału przez który przenika pole elektryczne
  - Czujnik wykrywa zbliżenie (zakłócenie) materiału o stałą dielektryczną różną od powietrza
- Wykrywa różne materiały (także ciecze)
- Odporny na warunki atmosferyczne i trudne warunki pracy
- typowy zakres reakcji – 5-20mm



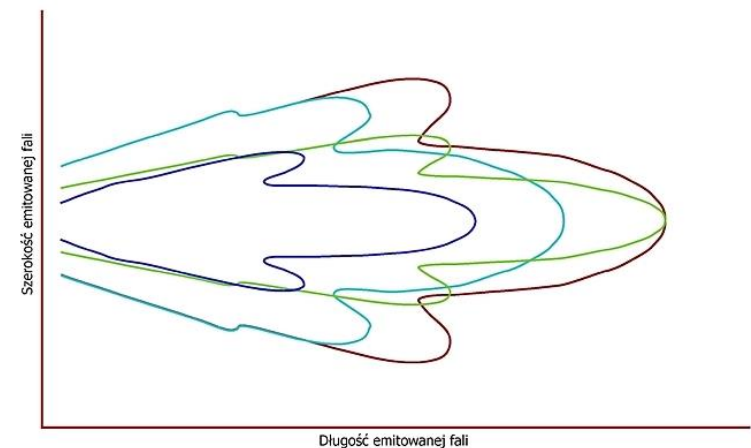
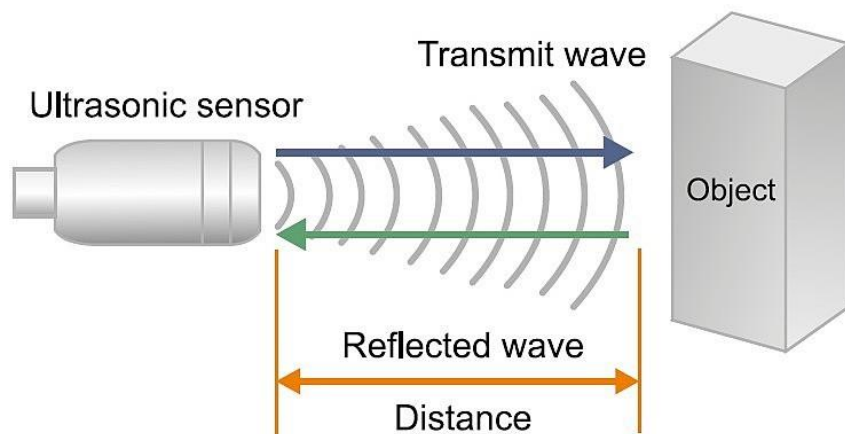
Rys. 2. Strefa czułości (linie pola elektrycznego) przed czołem czujnika pojemnościowego



A, B: elektrody główne czujnika  
C: elektroda pomocnicza (kompensacyjna)

# Akustyczne sensory zbliżeniowe

- Wykrywanie odległości w oparciu o efekt echa
- Główny moduł - generator ultradźwięków
- Ultradźwięki ( $>20\text{kHz}$ ) – wąska wiązka dźwięku
- Obecność obiektu w oparciu o odbicie sygnału
- Zakres zastosowań: 50mm do 1m
- Zalety
  - Odporne na zabrudzenia
  - Automatyczne samooczyszczanie – emisja wysokich częstotliwości
  - Nie są pochłaniane przez pył w powietrzu



# Enkodery pozycyjne

- Służą do określania pozycji części składowych robotów
  - kół
  - silników
- określają ilość obrotów a na tej podstawie dystans pokonany przez koła
- Wykorzystują:
  - styki magnetyczne,
  - magnetyczne detektory efektu Halla
  - optyczne przerywacze, wzbudzone przez obracające się zęby przekładni.
- Dwa rodzaje
  - Enkodery inkrementalne (przetworniki obrotowo-impulsowe)
    - Mierzą względną pozycję kontową (zliczają impulsy na tarczy)
    - Brak możliwości odczytu pozycji absolutnej
  - Enkodery absolutne
    - Skanują pozycję tarczy kodowej w czujniku
    - Każdej pozycji kątowej odpowiada konkretna wartość kodowa
    - Zapamiętują aktualną pozycję także po odłączeniu zasilania





# Systemy wizyjne

- Procesy:

- Ekstrakcja,
- Identyfikacja,
- interpretacja informacji.



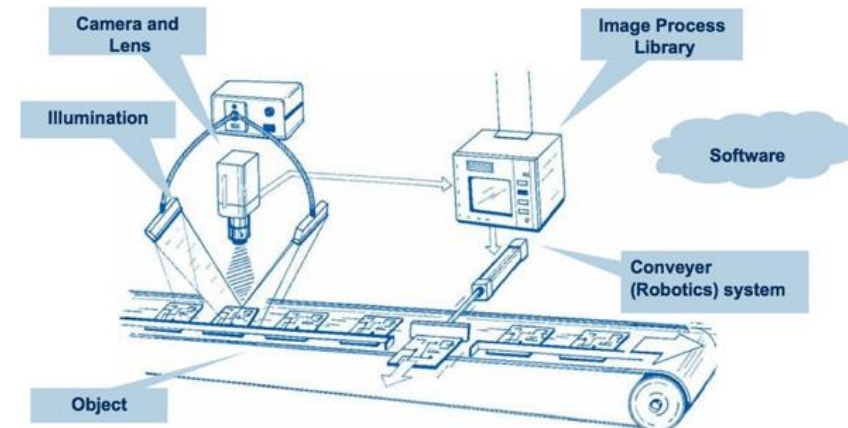
- Sensor wizyjny (kamera) konwertuje sygnał analogowy do cyfrowego

- Umieszczanie kamery (na korpusie lub ramionach)

- Oświetlenie (lepszą jakość, kontrast, siatka)

- Przetwarzanie obrazu (tablicy danych)

- Preprocessing (redukcja szumów i wyostanie detali)
- Segmentacja (wykrywanie krawędzi, regionów)
- Opis (pomiary konkretnych parametrów obiektów)
- Rozpoznanie (klasyfikacja obiektów w przestrzeni cech)
- Interpretacja (identyfikacja obiektów)



# Efektory

**Efektor** – urządzenie sterowane przez robota, które oddziałuje na otaczające środowisko w celu realizacji zaplanowanych zadań.

Efektorami są także **siłowniki**

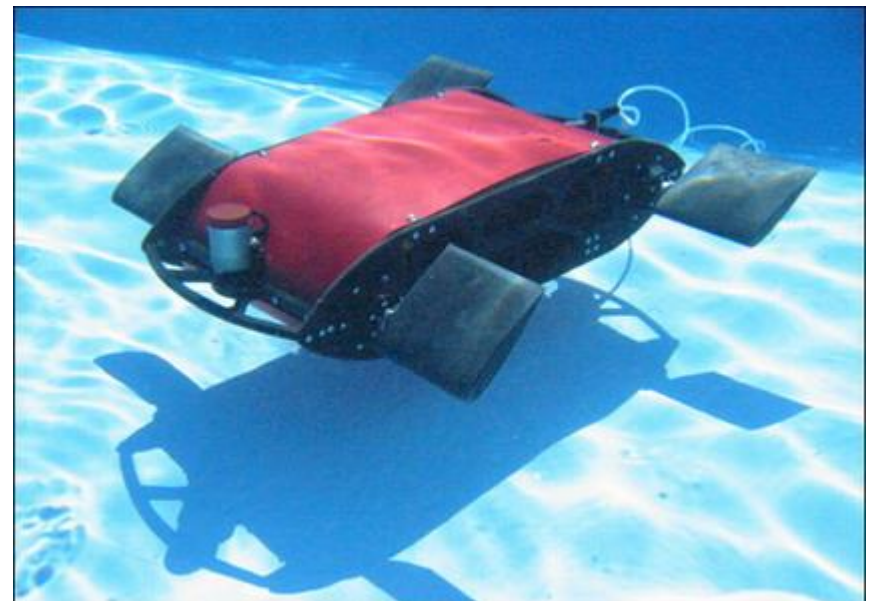
- silniki,
- serwomechanizmy,
- napędy pneumatyczne,
- ramiona,
- chwytaki





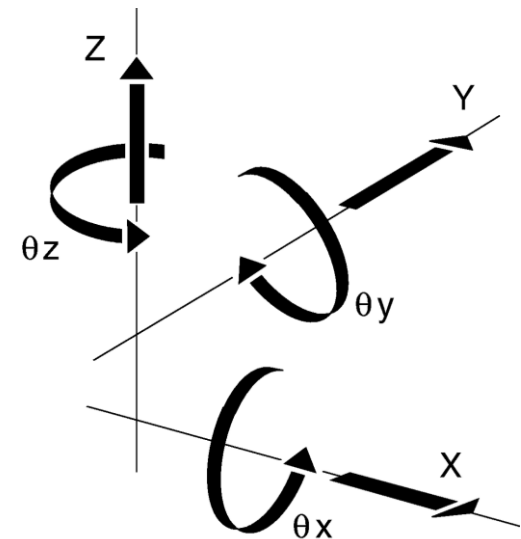
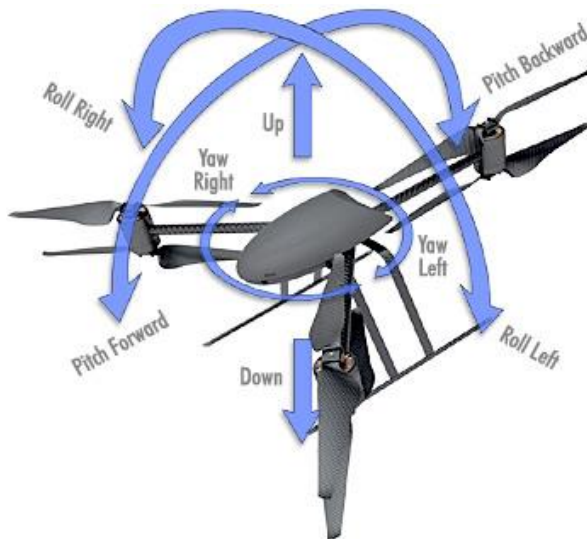
# Kategorie

- Przemieszczanie
  - Koła
  - Gąsienice
  - Skrzydła (śmigła)
  - Płetwy
- Chwytki
  - Akcesoria spawalnicze
  - Pistolety lakiernicze
  - Uchwyty
- Głośniki, oświetlenie, lasery



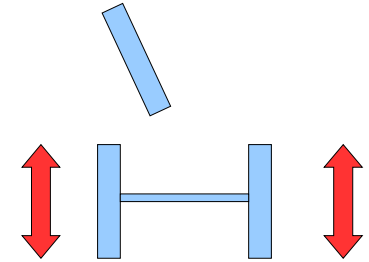
# Stopnie swobody

- o Ilość niezbędnych parametrów do opisanie zjawiska
- o W przestrzeni:
  - o Pozycja X,Y,Z
  - o obrótX, obrótY, obrótZ
  - o 6 stopni swobody
- o Ile stopni swobody posiada samochód na płaskiej powierzchni ?

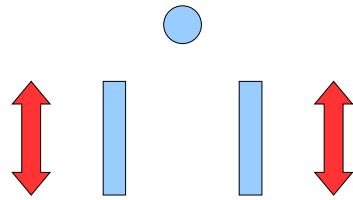


# Napędy kołowe

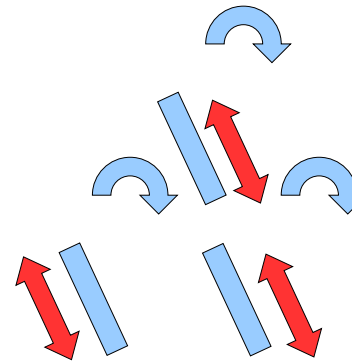
Samochód – koło sterowe i napędowe



Koło kastora

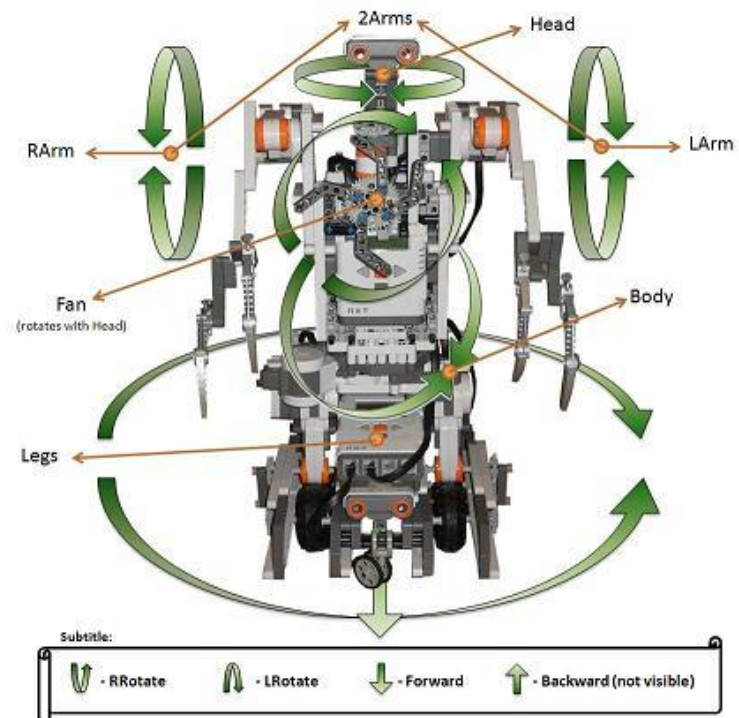
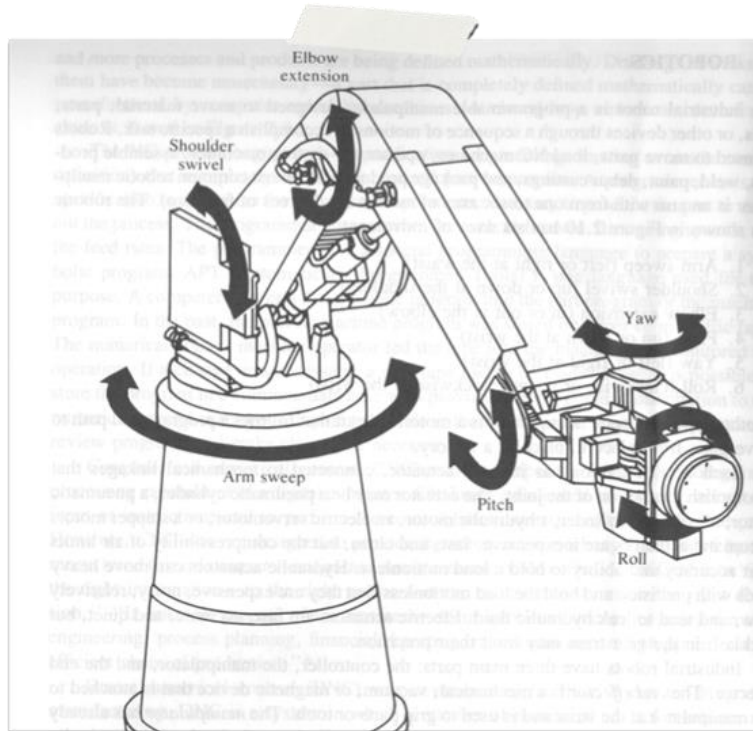


Trzy koła sterowane i napędzane



# Stopnie swobody a roboty

- o Ilość części, połączeń, ruchomych elementów
- o Ilość indywidualnie przemieszczanych elementów
- o Ilość niezależnych ruchów uwzględniając punkt odniesienia
- o Ilość niezbędnych parametrów koniecznych do określenia pozycji robota i jego części





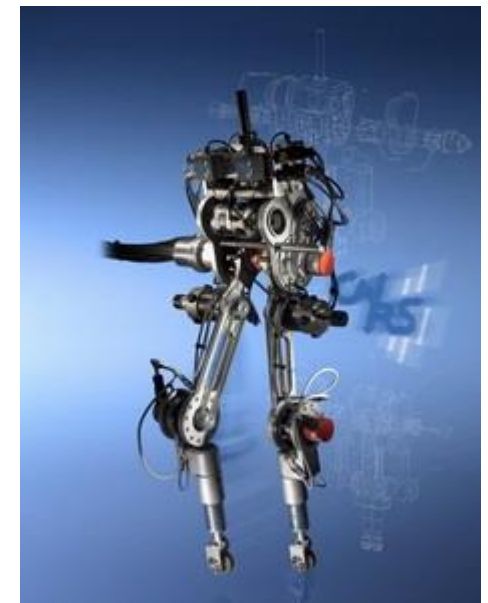
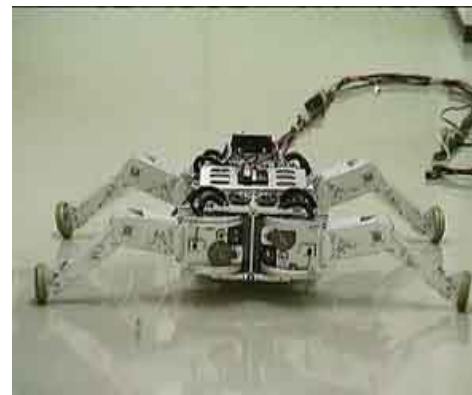
# Przemieszczanie w trudnym terenie

- Wykorzystując ukształtowanie terenu (rampy, podjazdy)
- Większe koła
- Duży prześwit, odpowiednie zawieszenie
- Gąsienice



# Napędy nożne

- Napędy kołowe są zwykle szybsze, zużywają mniej energii i łatwiejsze w kontroli
- Strategie
  - 3 punkty podparcia
  - Balans dynamiczny
  - Kontrola środka ciężkości (powierzchnia stopy)



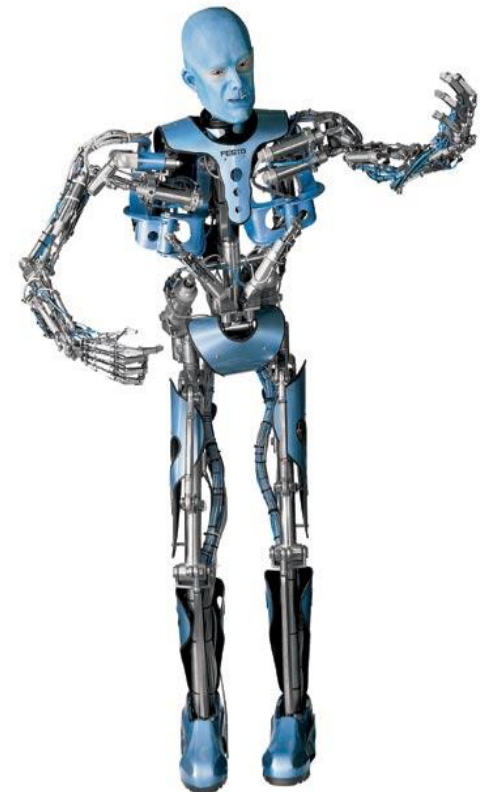
# Ramiona

- (1) utworzone z połączeń sztywnych elementów
- (2) za pomocą przegubów
- (3) działających dla określonego stopnia swobody



# Zastosowania ramion

- Pchanie, przemieszczanie
- Chwywanie – różne kształty, rozmiary, siły
- Wybieranie(koparka), zasysanie, podnoszenie (haki, magnesy)
- Narzędzia specjalistyczne (wiercenie, spawanie, głowice malujące, tnące)
- Sztuczne dłonie (różne zastosowania)





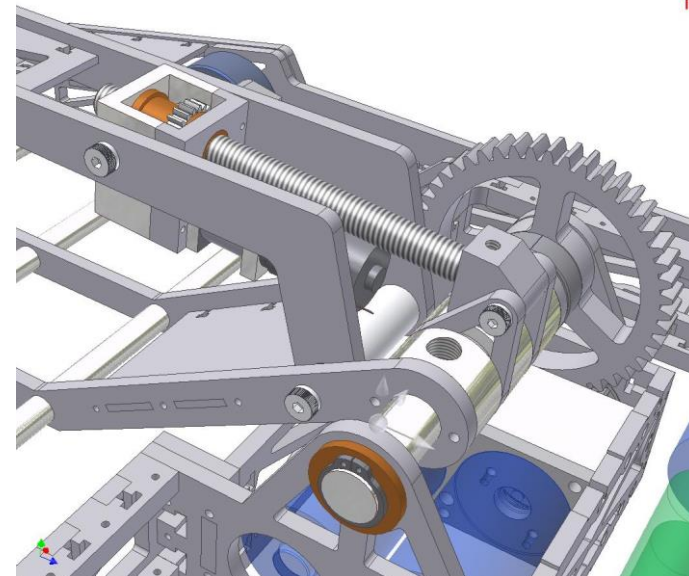
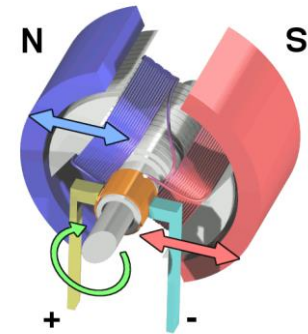
# Źródła zasilania

- o Elektryczne

- o Silniki prądu stałego (szybkość zależna od napięcia)
- o Silniki krokowe (stałe przemieszczenie względem impulsów)
- o Naciskowe
- o Ciekłe – hydrauliczne
- o Gazowe – pneumatyczne

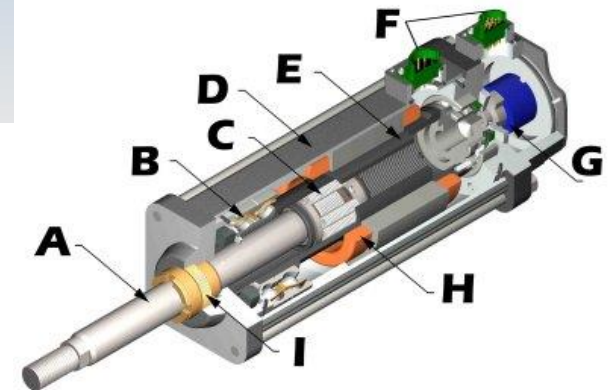
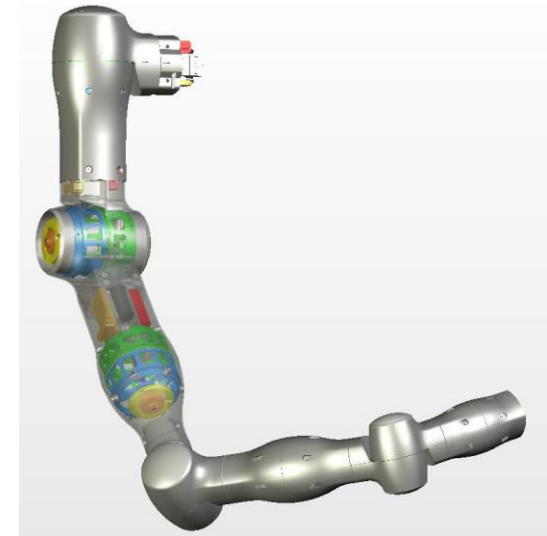
- o Połączone za pomocą

- o przekładni,
- o hamulców,
- o sprzęgieł,
- o zaworów,
- o blokad,
- o sprężyn...



# Wybór efektorów

- Obciążenie (tarcie)
- Prędkość
- Skuteczność
- Precyzja
- Powtarzalność
- Niezawodność
- Zapotrzebowanie na energię
- Sposób kontroli



# Roboty mobilne

## Parametry:

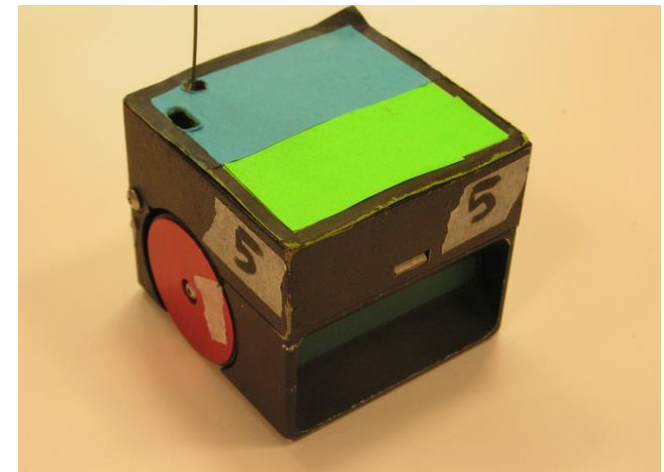
### Mirosot Robot

- Rozmiar: 7,5x7.5x7.5 (cm)
- Waga: 600g
- Komunikacja: Radio (SRF 418MHz & 433MHz)
- Maks. v: 2,4 m/s
- Maks a 5m/s<sup>2</sup>



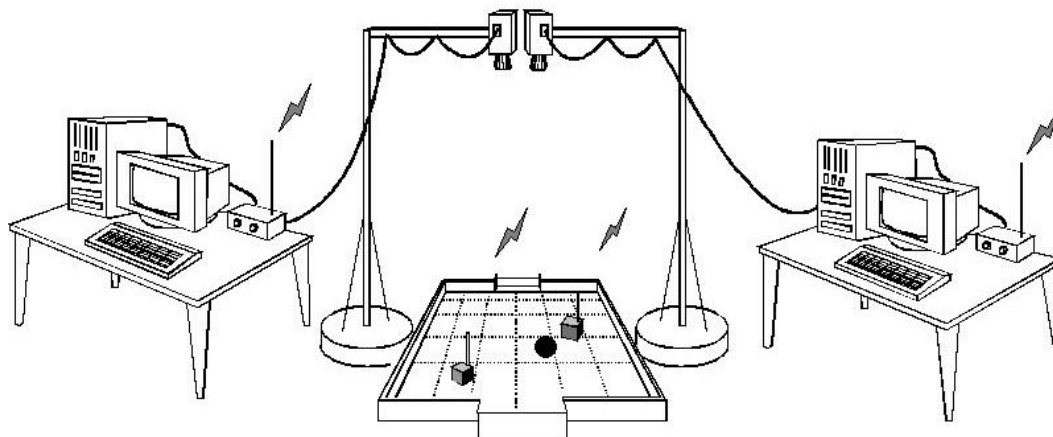
### MiabotPro Robot

- Maks v = 3.5 m/s
- rozmiar 7.5cm x 7.5cm x 7.5cm
- Komunikacja: High Speed Bluetooth
- MOSFET motor drivers, czas pracy baterii – do 5h
- rozszerzenia 8 IO or 8 x 10 bit A/D, I2C, SPI, 4 x PWM



# Platforma robotów mobilnych

- System wizyjny
- System komunikacji
- Roboty
- Systemy kontroli



# Bibliografia

---

- E.Petriu, „Sensor-based robot control”, Computer Systems Design Project
- T.Carroll, „Robot Sensors - Then and Now”
- B.Bury, „Proximity of robots”, University of Salford
- H.R.Everett, „Sensors for Mobile Robots: Theory and Application”
- School of Informatics, „Introduction to Vision and Robotics”, University of Edynburg
- S. Bertuletti, et at. „Static and Dynamic Accuracy of an Innovative Miniaturized Wearable Platform for Short Range Distance Measurements for Human Movement Applications”
- Elektronika Praktyczna, „Czujniki zbliżeniowe”, czerwiec 2017
- PG Systems, „Czujniki procesowe i pojemnościowe”
- Elektrosystemy – „Czujniki pojemnościowe, indukcyjne, fotoleketryczne”

---

Pytania ?