




KraSyNT 2016

Krakowskie Sympozjum Naukowo-Techniczne, 26 Września 2016

Wbudowany system sterowania dwukołowym robotem mobilnym z automatyczną generacją aplikacji

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY



Maciej Rosół, Dawid Knapik
Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej

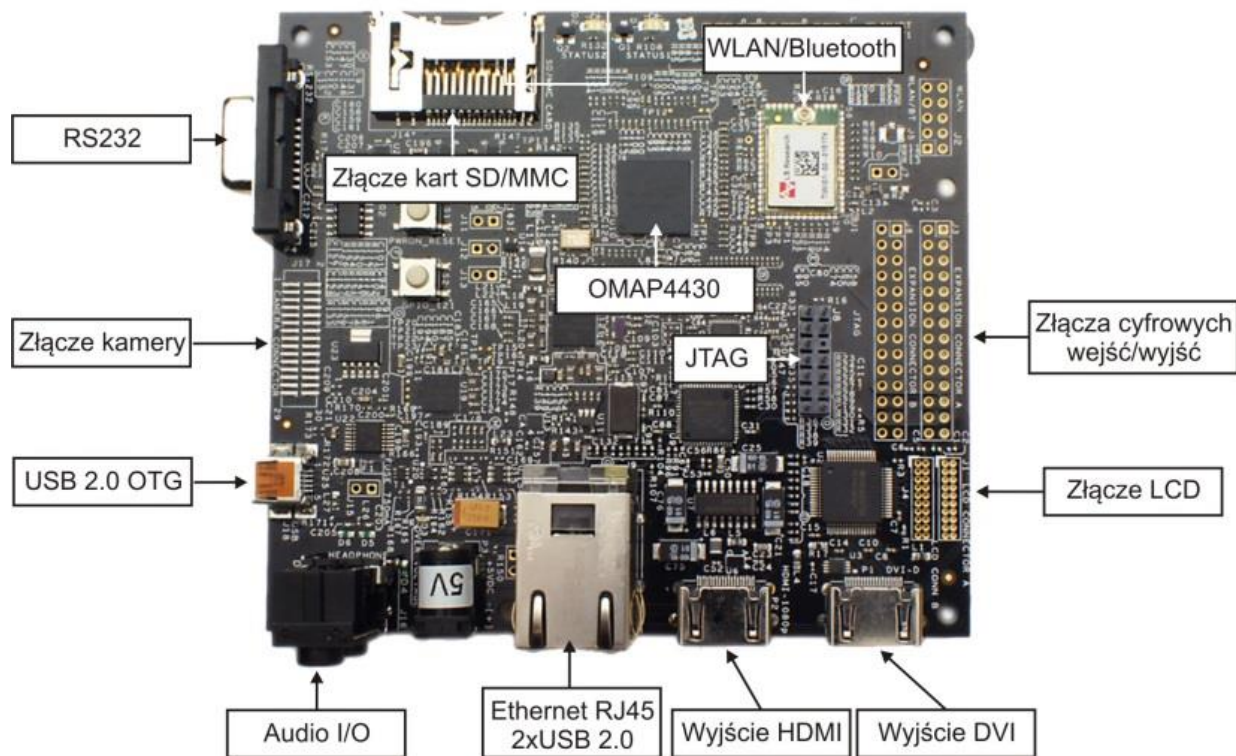
Plan Prezentacji

1. Wstęp
2. Platforma ARM Cortex-A
3. Ścieżka szybkiego prototypowania aplikacji
4. Stanowisko laboratoryjne robota mobilnego
5. Model matematyczny
6. Eksperymenty
7. Podsumowanie

Wstęp

- Znacząca rola metod automatycznej generacji aplikacji, uruchamianej na docelowej platformie sprzętowej. Oferują one automatyczne przejście od algorytmu zdefiniowanego w postaci graficznej (np. diagramu programu Simulink) do eksperymentów czasu rzeczywistego z opcją strojenia oraz obserwacji parametrów w trybie on-line.
- Duże znaczenie praktyczne dwukołowych robotów mobilnych, które dzięki swojej pionowej konstrukcji oraz manewrowości (możliwość obrotu w miejscu) sprawnie poruszają się ograniczonej przestrzeni.
- Istotny problem wyboru platformy sprzętowej, która będzie wykorzystana do budowy systemu sterowania, wpływający na funkcjonalność i możliwości robota mobilnego.

Platforma ARM Cortex-A

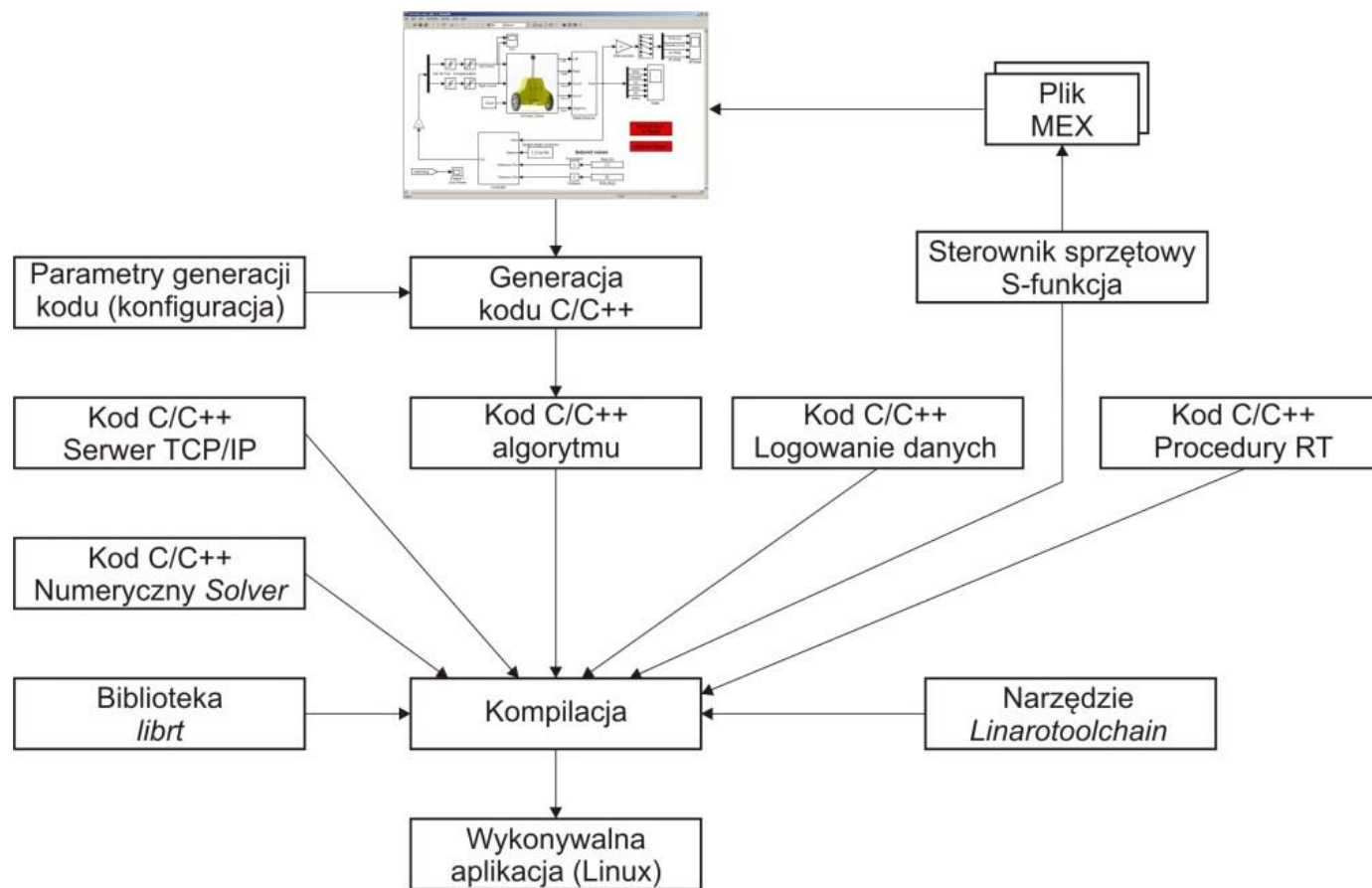


Rys. 1. Minikomputer PandaBoard z układem ARM Cortex A9

Właściwości:

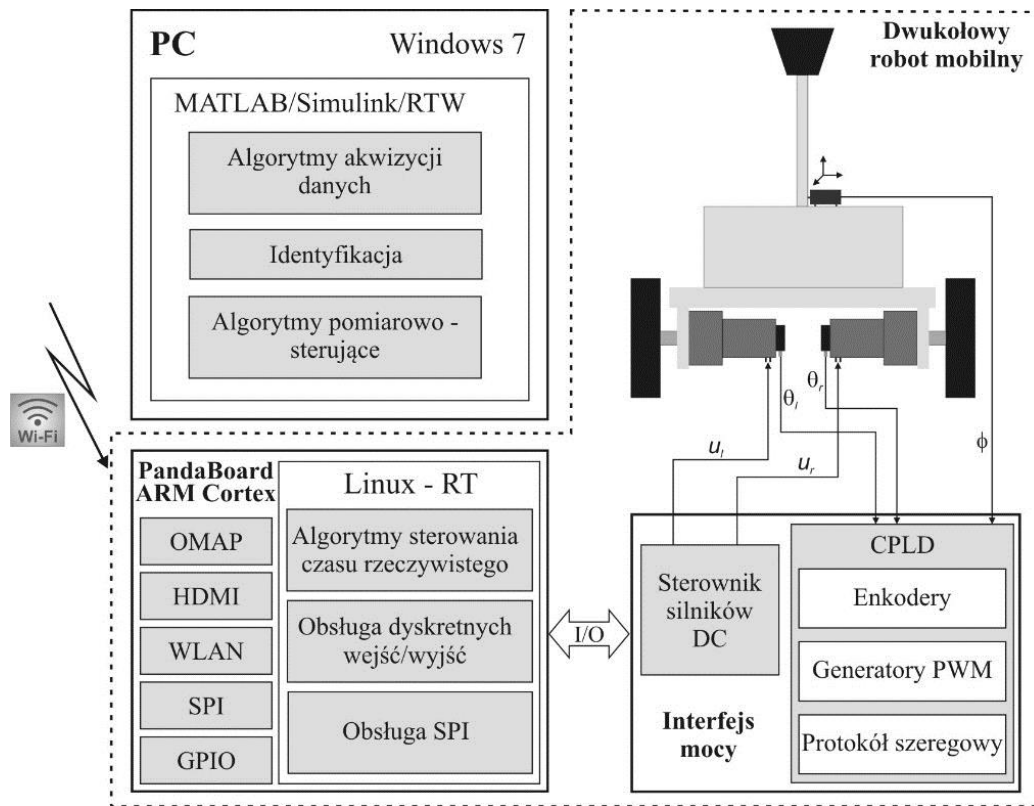
- SoC typu OMAP4460 firmy TI.
- ARM® Cortex™-A9 MPCore™. Wydajność 1,5-2,5 DMIPS/MHz, na każdym rdzeniu.
- Silnik multimedialny z DSP typu C64x.
- Silnik graficzny i procesor obrazu ISP.
- WLAN/Bluetooth, Ethernet 10/100 Mbit.
- HDMI, złącza USB 2.0 typu host, złącze dla kart SD/MMC oraz złącza wejść/wyjść cyfrowych.
- System operacyjny – Ubuntu.

Ścieżka szybkiego prototypowania

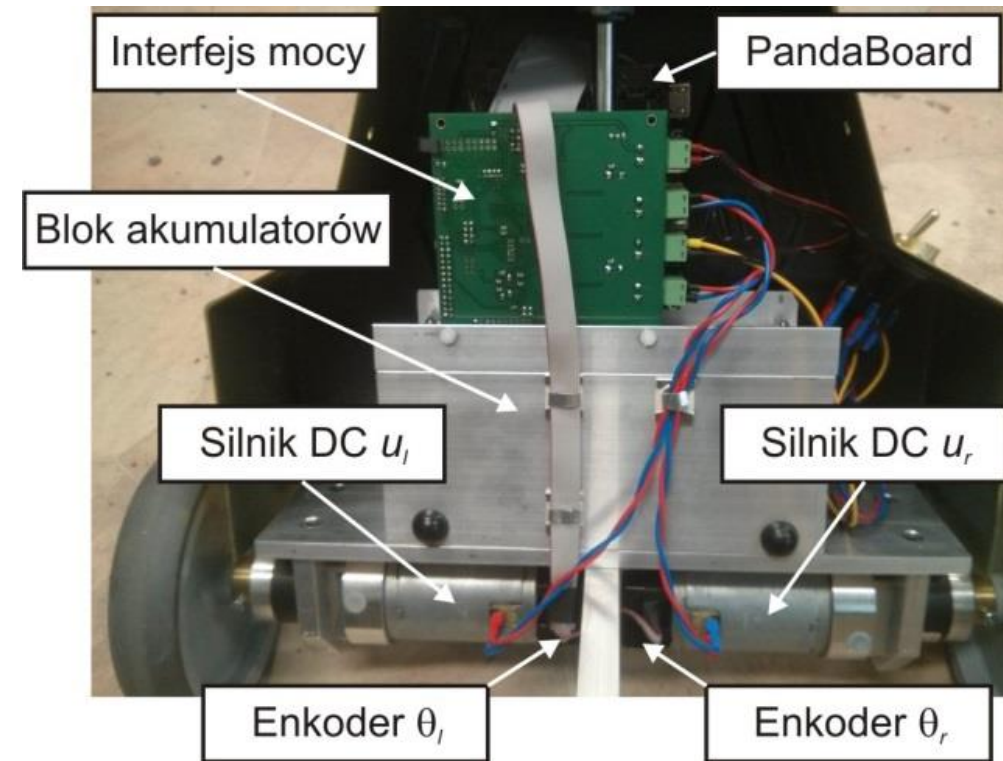


Rys. 2. Struktura szybkiego prototypowania aplikacji dla ARM

Stanowisko laboratoryjne



Rys. 3. Schemat blokowy stanowiska laboratoryjnego

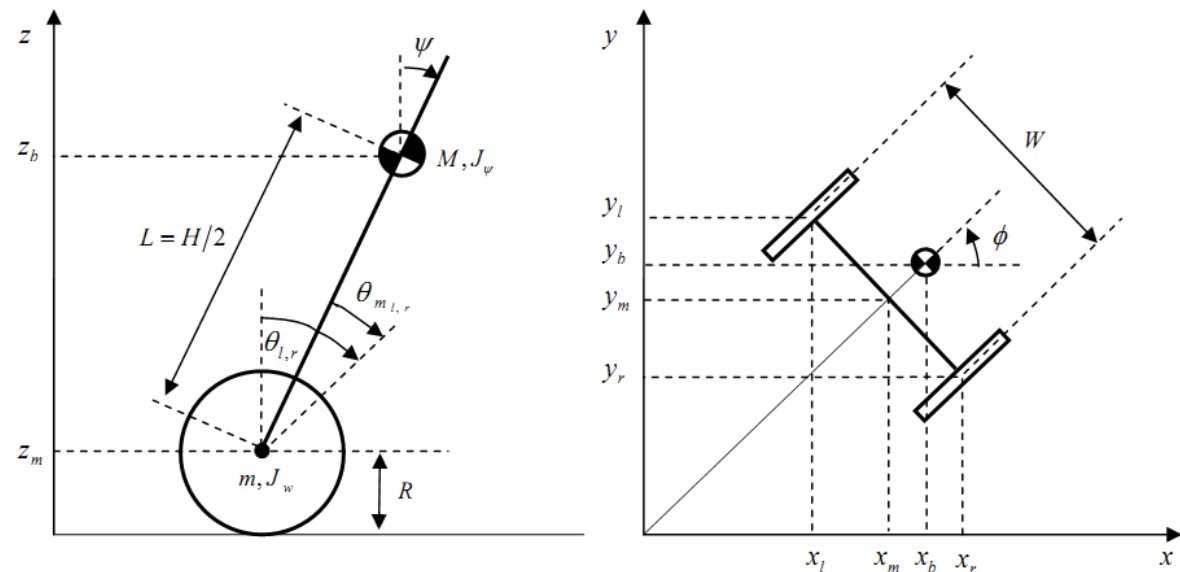


Rys. 4. Budowa robota mobilnego

Model matematyczny

Tabela. 1. Parametry modelu fizycznego

Symbol	Wartość	Opis
m	0,32	masa koła [kg]
M	5,41	masa podstawy [kg]
R	0,075	promień koła [m]
W	0,40	rozstaw kół robota [m]
L	0,10	wysokość środka ciężkości robota [m]
J_w	0,0013	moment bezwładności koła [kgm ²]
J_ψ	0,104	moment bezwładności robota w osi pochyłu [kgm ²]
J_ϕ	0,0484	moment bezwładności robota w osi obrotu [kgm ²]
J_m	0,00119	moment bezwładności silnika i przekładni [kgm ²]
K_t	0,025	stała elektrodynamiczna silnika [Nm/A]
K_e	0,025	stała indukcyjna silnika [Vs/rad]
R_{DC}	1,0	rezystancja uzwojenia silnika DC [Ω]
f_m	0,00024	współczynnik tarcia kinematycznego w osi silnika [-]



Rys. 5. Układ współrzędnych wraz z oznaczeniami

Model matematyczny

Energia kinetyczna w ruchu postępowym i obrotowym:

$$T_1 = \frac{1}{2} m(\dot{x}_r^2 + \dot{y}_r^2) + \frac{1}{2} m(\dot{x}_l^2 + \dot{y}_l^2) + \frac{1}{2} M(\dot{x}_b^2 + \dot{y}_b^2 + \dot{z}_b^2)$$

$$T_2 = \frac{1}{2} J_w(\dot{\theta}_r^2 + \dot{\theta}_l^2) + \frac{1}{2} J_\psi \dot{\psi}^2 + \frac{1}{2} J_\phi \dot{\phi}^2 + \frac{1}{2} J_m((\dot{\theta}_r - \dot{\psi})^2 + (\dot{\theta}_l - \dot{\psi})^2)$$

Energia potencjalna:

$$U = Mgz_b$$

Równanie Eulera-Lagrange'a:

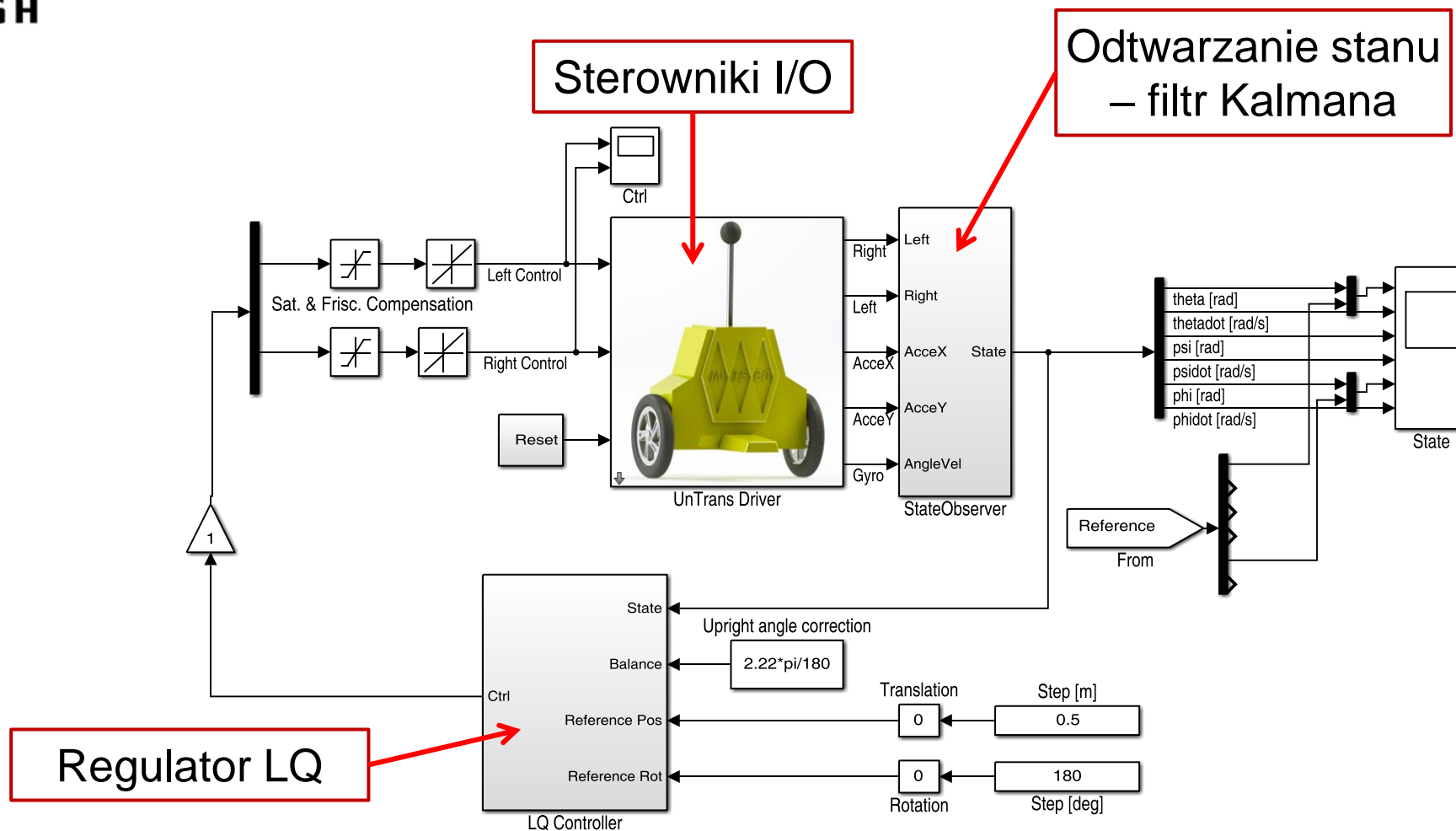
$$L = T_1 + T_2 - U$$

Wyznaczenia równań ruchu układu (rozwiązanie równania Eulera-Lagrange'a):

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta} = F_\theta, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\psi}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \psi} = F_\psi, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\phi}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \phi} = F_\phi$$

$F_\theta, F_\psi, i F_\phi$: uogólnione siły działające w kierunkach równoległych do odpowiadających im wektorów zmiennych uogólnionych

Eksperymenty

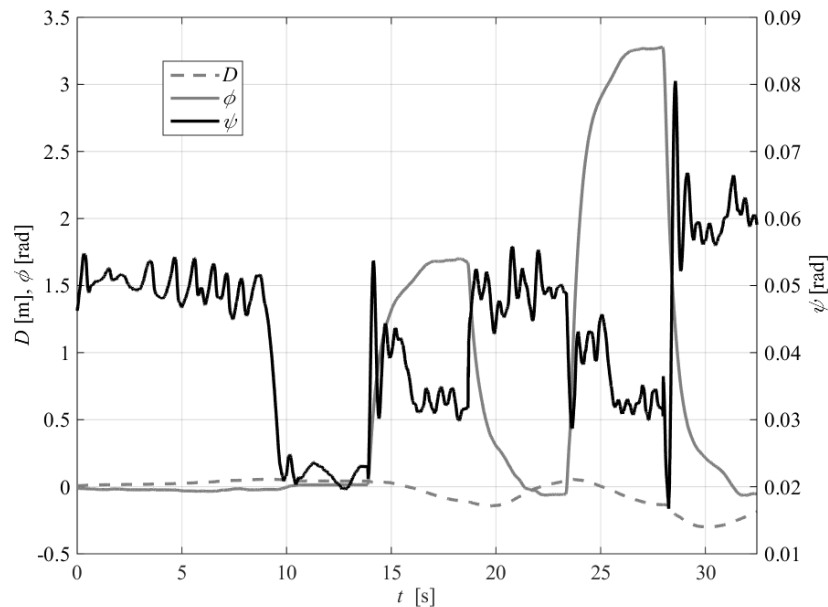


Rys. 6. Algorytm sterowania wykonany w formie diagramu Simulinka

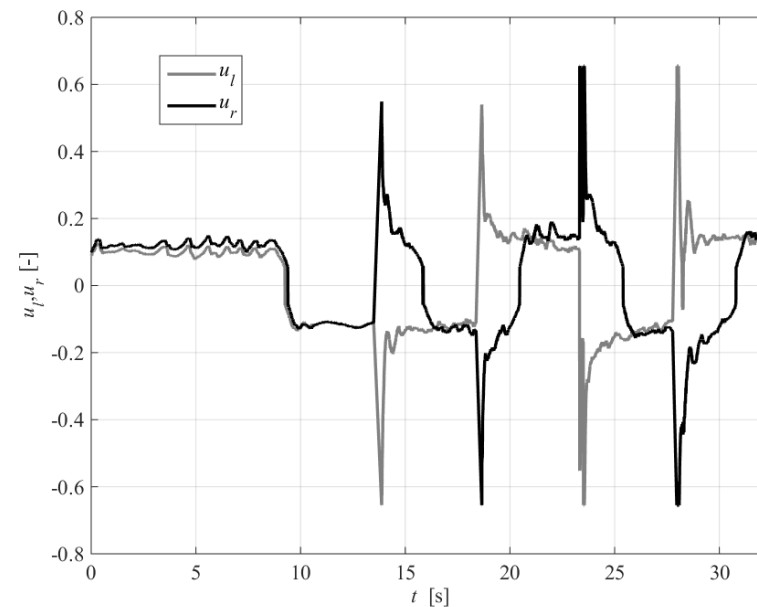
Eksperymenty – wyniki

Scenariusz 1:

Wykonanie obrotu o $\pi/2$ rad, powrót do stanu początkowego a następnie wykonanie obróto o π rad i powtórny powrót do stanu początkowego. Podczas ruchu robot miał za zadanie utrzymywać pionową postawę.



Rys. 7. Przebiegi czasowe zmiennych procesowych robota: D , ϕ i ψ



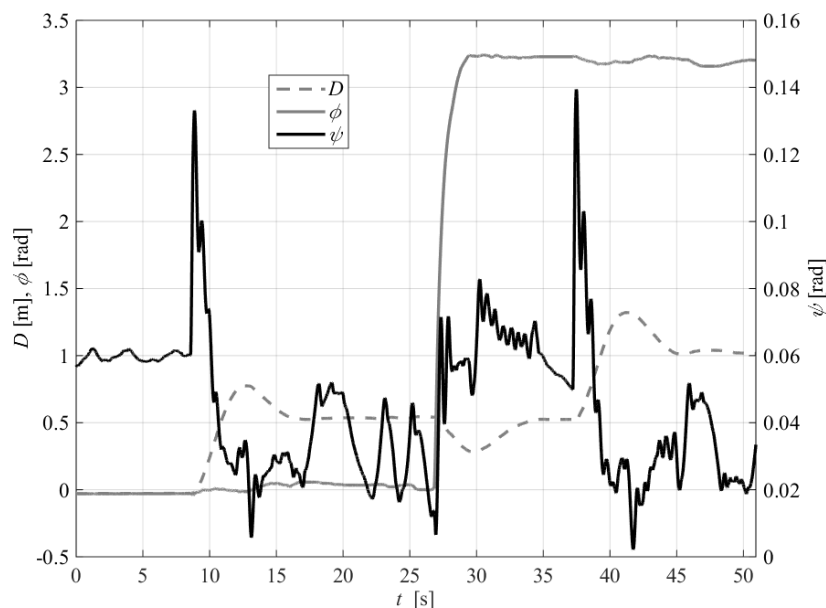
Rys. 8. Przebiegi czasowe sterowania

Eksperymenty – wyniki

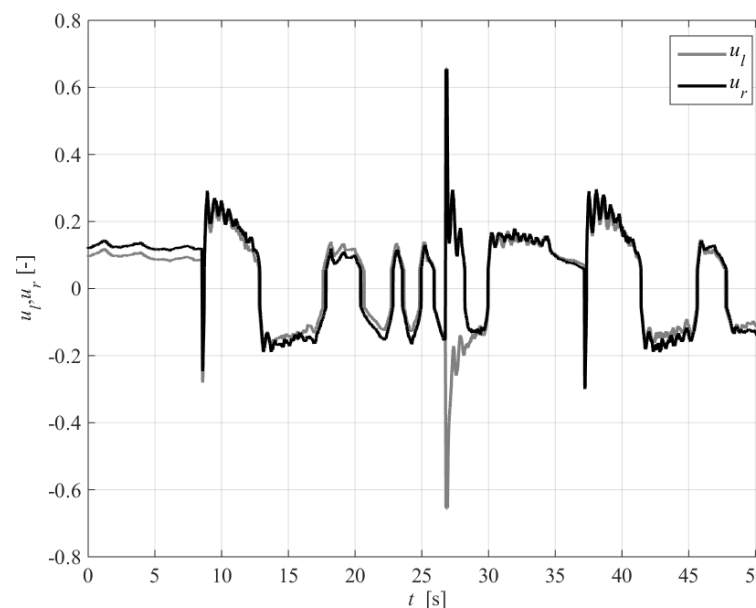
Scenariusz 2:

Przejazd robota po prostej na dystansie 0,5 m, następnie obrót o kąt 2π i przejazd kolejnego odcinka 0,5 m.

Podczas ruchu robot miał za zadanie utrzymywać pionową postawę.



Rys. 9. Przebiegi czasowe zmiennych procesowych robota: D , ϕ i ψ



Rys. 10. Przebiegi czasowe sterowania

Podsumowanie

- Wykonano i skonfigurowano platformę sprzętowo – programową, umożliwiającą szybkie prototypowanie algorytmów pomiarowo – sterujących dla dwu-kołowego robota mobilnego..
- Na podstawie modelu matematycznego, dokonano syntezy i doboru parametrów algorytmów sterowania a następnie utworzono aplikację dla platformy OMAP, korzystając z metody automatycznej generacji kodu.
- Wyniki eksperymentów potwierdziły poprawność działania zaproponowanego układu regulacji oraz zweryfikowały poprawność automatycznej generacji kodu.
- Monitorowane parametry pracy systemu czasu rzeczywistego, w tym zaobserwowany *jitter*, którego wartość wyniosła maksymalnie 10%, nie powodowały niewłaściwej pracy układu.

Dziękuję za uwagę

