

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA  
WYDZIAŁ ELEKTRONIKI

---

KIERUNEK: AUTOMATYKA I ROBOTYKA  
SPECJALNOŚĆ: ROBOTYKA

PRACA DYPLOMOWA  
INŻYNIERSKA

Projekt robota usługowego do zastosowań  
domowych

Project of a service robot for home purposes

AUTOR:  
Albert Lis

PROWADZĄCY PRACĘ:  
dr inż. Mateusz Cholewiński,  
Wydział Elektroniki, Katedra Cybernetyki i Robotyki

OCENA PRACY:

# Spis treści

1.	Wstęp . . . . .	4
1.1.	Wprowadzenie . . . . .	4
1.2.	Cel i zakres pracy . . . . .	4
2.	Wstęp teoretyczny . . . . .	5
3.	Konstrukcja . . . . .	6
3.1.	Wybór mikrokontrolera . . . . .	6
3.2.	Pomiar odległości . . . . .	7
4.	Wstęp teoretyczny . . . . .	9
	Literatura . . . . .	10
A.	Tytuł dodatku . . . . .	11
B.	Opis załączonej płyty CD/DVD . . . . .	12

# Skróty

IoT (ang. Internet of Things)

DMA (ang. Direct Memory Acces)

ADC (ang. Analog-to-digital converter)

PLL (ang. Phase-locked loop)

API (ang. Application programming interface)

HAL (ang. Hardware Abstraction Layer)

SPL (ang. Standard Peripheral Libraries)

USB (ang. Universal Serial Bus)

(ang. )

(ang. )

# Rozdział 1

## Wstęp

### 1.1. Wprowadzenie

Robotyka jest obecnie prężnie rozwijającą się dziedziną nauki. Niskie ceny mikrokontrolerów oraz duża konkurencyjność firm na rynku powodują przenikanie urządzeń robotycznych z zastosowań specjalnych do życia codziennego. Urządzenia te, mogą oszczędzać zasoby ludzkie w codziennych prostych czynnościach. Dodatkowo projekty takie jak Arduino [1] pozwalają na tworzenie tych urządzeń bez specjalistycznej wiedzy. Kolejnym czynnikiem dynamizującym popularyzację automatyzacji i robotyki jest stopniowe wprowadzanie sieci 5G [3]. Pozwoli ona na wykorzystanie potencjału IoT oraz znaczną automatyzację działania urządzeń robotycznych. W tej pracy skupiono się na budowie urządzenia wspomagającego prace sprzątające.

Na rynku istnieje wiele konstrukcji robotów sprzątających. Skupiają się one głównie na pracy jako odkurzacze. Natomiast liczba autonomicznych robotów myjących podłogi jest zdecydowanie mniejsza. Głównie są to proste roboty mopujące. Robot przedstawiony w pracy ma za zadanie wypełnić lukę między małymi i prostymi urządzeniami, a dużymi do zastosowań profesjonalnych.

### 1.2. Cel i zakres pracy

Celem jest zaprojektowanie, zbudowanie i zaprogramowanie autonomicznego robota myjącego podłogi do zastosowań niekomercyjnych. Robot powinien:

1. Posiadać wirujące szczotki myjące podłogi
2. Posiadać system dozujący wodę z detergentem
3. Posiadać system zbierający zużytą wodę z podłogi
4. Potrafić rozpoznawać i omijać przeszkody
5. Potrafić rozpoznawać niebezpieczne różnice wysokości podłogi
6. Posiadać system jezdny pozwalający łatwo osiągać zadane położenia
7. Posiadać możliwość określania swojej bieżącej pozycji
8. Sygnalizować zdarzenia nadzwyczajne
9. Posiadać system ładowania baterii

# Rozdział 2

## Wstęp teoretyczny

Robot mobilny - robot, który potrafi zmieniać swoje położenie w przestrzeni. Może być robotem autonomicznym, czyli takim który realizując swoje zadanie porusza się bezkolizyjnie w wyznaczonym środowisku oraz robi to bez ingerencji operatora.

Roboty mobilne można podzielić ze względu na ich mobliność:

- kołowe
- kroczące
- latające
- pływające

Z kolei w robotach kołowych możemy rozróżnić następujące klasy:

- (3,0) - robot posiadający 3 koła szwedzkie. Najczęściej spotykany w formie trójkątnej platformy z przymocowanymi kołami do wierzchołków trójkąta. Jego zaletą jest możliwość poruszania się w dowolnym kierunku. Natomiast wadą trudne sterowanie.
- (2,1) - robot posiada 2 koła kastora z tyłu oraz jedno obrotowe, napędowe z przodu. Zaletą jest prostota konstrukcji natomiast wadą trudne sterowanie oraz wrażliwość na nierówności terenu.
- (2,0) - robot tzw. unicycle. Posiada 2 niezależnie napędzane koła, ustawione naprzeciwko siebie. Są one przymocowane na sztywno do ramy. Robot ten musi posiadać także punkt podparcia, którym najczęściej jest koło kastora. Plusami takiego rozwiązania jest prostota sterowania oraz konstrukcji. Dodatkowo robot posiada możliwość obrotu w miejscu. Minusem natomiast jest jego wrażliwość na nierówności.
- (1,2) - robot posiada 2 koła napędowe, skrętne oraz jedno koło kastora służące za podporę. Konstrukcja wymaga zastosowania 3 silników, 2 do zmiany kąta każdego z kół oraz jeden napędowy. Tak więc minusem takiego rozwiązania jest jego skomplikowane sterowanie
- (1,1) - robot nazywany także samochodem kinematycznym ponieważ zachowuje się podczas sterowania jak zwykły samochód. Jego plusem jest niska wrażliwość na nierówności powierzchni, a jego minusem duży promień skrętu.

Jedynym holonomicznym z wyżej wymienionych klas robotów mobilnych kołowym, jest klasa (3,0).

**Holonomiczność** - to w uproszczeniu brak ograniczeń na przeprowadzenie ruchu.

# Rozdział 3

## Konstrukcja

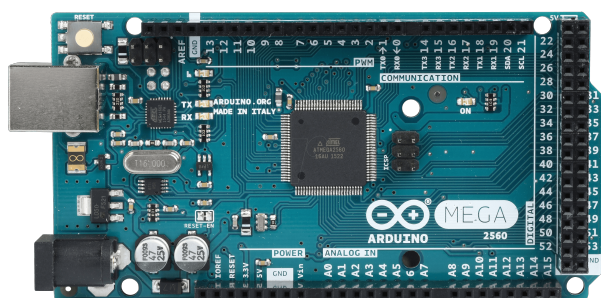
### 3.1. Wybór mikrokontrolera

W przypadku robota autonomicznego istotną jego częścią jest jednostka logiczna, która nim steruje. Powinna być wystarczająco wydajna aby umożliwić szybkie podejmowanie decyzji na podstawie odczytów z czujników oraz stanu wewnętrznego robota. W przypadku braku zewnętrznego sterowania przez operatora, robot sam powinien unikać kolizji oraz decydować o kierunku poruszania się.

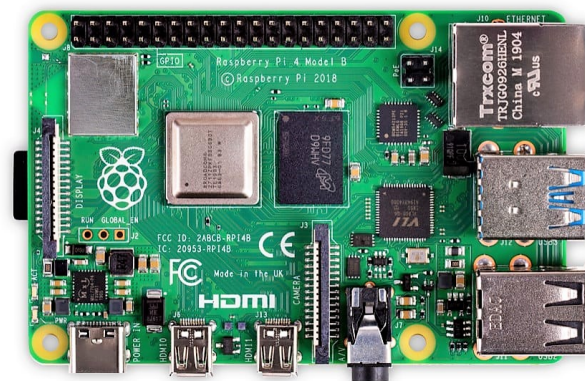
Obecnie dostępnych jest wiele rodzajów mikrokontrolerów, a konkurencyjność zapewnia niskie ceny zakupu. To sprawia, że są one w zasięgu finansowym przeciętnego człowieka. Najbardziej rozpowszechnioną platformą jest seria Arduino [1]. Posiada ona dużą ilość użytkowników i dzięki temu można łatwo uzyskać wsparcie w przypadku problemu z platformą. Przykładową gotową płytką z 8-bitowym procesorem ATmega2560 jest Arduino Mega 3.1. Posiada zegar o maksymalnej częstotliwości 16Mhz, 54 piny cyfrowe (w tym 15 PWM i 6 wspierających przerwanie), 16 pinów analogowych i 6 timerów. Cena w przypadku nieoryginalnej wersji płytki wynosi około 7\$ (28zł)

Kolejnym przykładem rodziny mikrokontrolerów z dużym wsparciem użytkowników jest Raspberry Pi. Przykładową płytką jest Raspberry Pi 4 model B 3.1. Posiada 4-rdzeniowy, 64-bitowy procesor o taktowaniu GHz, od 1 do 4GB pamięci RAM oraz 40 pinów cyfrowych. Zaletą tej płytki jest jej wysoka wydajność i możliwość wgrania pełnoprawnego systemu operacyjnego. Przykładem może być system operacyjny Rasbian [4]. Jest to wersja Linuxa podobna do systemu Debian. Minusem jest cena która dla najnowszego modelu wynosi około 50\$ (200zł) natomiast dla starszej wersji około 40\$ (160zł).

a)

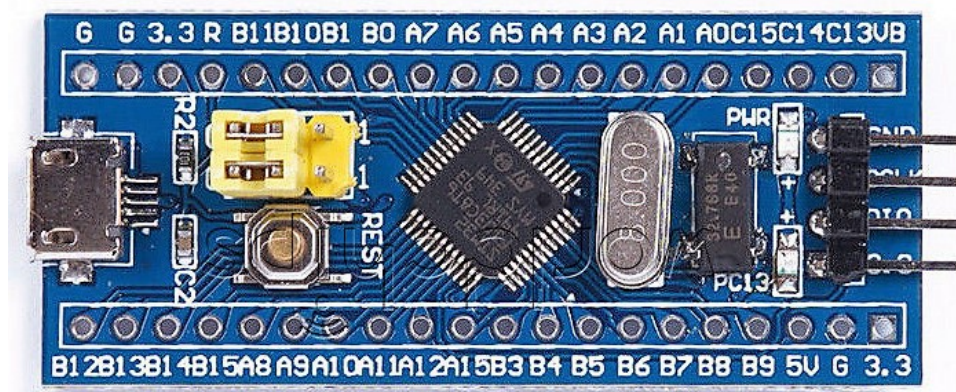


b)



Rys. 3.1: Mikrokontrolery: a) Arduino Mega, b) Raspberry Pi

Trzecią alternatywą łączącą pozytyw obu wymienionych wcześniej platform są mikrokontrolery STM32. Przykładową płytką jest STM32F103 Blue Pill 3.2. Posiada 32 konfigurowalne piny, 16 może obsługiwać zewnętrzne przerwania, 10 pinów połączonych z przetwornikiem ADC. Dodatkowo 18 może pracować z napięciem 5V (sam procesor pracuje na napięciu 3.3V) co może być przydatne zważywszy na fakt, że większa część gotowych modułów pracuje w logice 5V. Procesor wyposażony jest również w kontroler DMA, który pozwala na pomiary ADC oraz komunikację bez użycia procesora. Maksymalna nominalna częstotliwość taktowania wynosi 72MHz i dzięki pętli PLL może być łatwo konfigurowana. W przypadku niewielkiego braku mocy obliczeniowej istnieje możliwość łatwego overclockingu do 128MHz kosztem braku komunikacji przez USB. Procesor wyposażony jest także w 4 timery 16-bitowe, 4-kanałowe. Posiada także kilka możliwości wyboru API. Od wysokopoziomowego STM32duino, opartego na wspomnianym wcześniej Arduino, przez HAL oraz starsze SPL kończąc na systemie czasu rzeczywistego FreeRTOS [2]. Ogromnym plusem jest niska cena. Płytkę kosztuje około 1.5\$ (6zł).



Rys. 3.2: Mikrokontroler STM32F103 Blue Pill

Uwzględniając wskazane powyżej informacje wybrano płytkę STM32F103 Blue Pill. Zapewnia dobry bilans między ilością peryferiów i wydajnością w porównaniu do pozostałych możliwości. Dodatkowo cechuje się najniższą ceną zakupu.

## 3.2. Pomiar odległości

Do orientacyjnego pomiaru odległości od przeszkód został wykorzystany moduł z czujnikiem ultradźwiękowym HC-SR04 3.3. Czujnik pozwala na pomiar odległości w zakresie 2 – 400 cm z rozdzielczością 0.3 cm. W trakcie projektowania brano pod uwagę, że na pomiar wpływa również propagacja fal dźwiękowych. Dlatego uwzględniono dodatkowe czujniki wykrywające przeszkody.



Rys. 3.3: Ultradźwiękowy moduł pomiaru odległości

Aby dokonać pomiaru czujnikiem należy na wejście Trig podać stan wysoki na co najmniej 10  $\mu$ s. Moduł wysyła wtedy 8 ultradźwiękowych fal o częstotliwości 40 kHz. Po odebraniu pomiaru na pinie Echo pojawia się stan wysoki. W zależności od odległości od wykrytej przeszkody czas trwania wynosi od 150  $\mu$ s do 22 ms. Jeśli nie wykryto przeszkody, czas stanu wysokiego wynosi 38 ms. Odległość w centymetrach można obliczyć korzystając z uproszczonej zależności 3.1.

$$d = \frac{t}{58} \text{ cm} \quad (3.1)$$

gdzie t - czas stanu wysokiego na pinie Echo w  $\mu$ s.



## Rozdział 4

# Wstęp teoretyczny

Robot mobilny - robot, który potrafi zmieniać swoje położenie w przestrzeni. Może być robotem autonomicznym, czyli takim który realizując swoje zadanie porusza się bezkolizyjnie w wyznaczonym środowisku oraz robi to bez ingerencji operatora. Roboty mobilne można podzielić na kategorie przedstawione w tabeli 4.1.

Tab. 4.1: Kategorie robotów mobilnych

Narzędzie	Wersja	Opis	Adres
MiKTeX	2.9	Zalecana jest instalacja Basic MiKTeX z dystrybucji 32 lub 64 bitowej. Brakujące pakiety będą się doinstalowywać podczas kompilacji projektu.	<a href="http://miktex.org/download">http://miktex.org/download</a>
TexnicCenter	2.02	Można pobrać 32 lub 64 bitową wersję	<a href="http://www.texniccenter.org/download/">http://www.texniccenter.org/download/</a>
SumatraPDF	3.1.1	Można pobrać 32 lub 64 bitową wersję	<a href="http://www.sumatrapdfreader.org/download-free-pdf-viewer.html">http://www.sumatrapdfreader.org/download-free-pdf-viewer.html</a>
JabRef	3.3	Można pobrać 32 lub 64 bitową wersję	<a href="http://www.fosshub.com/JabRef.html">http://www.fosshub.com/JabRef.html</a>

# Literatura

- [1] Arduino framework. <https://www.arduino.cc/>.
- [2] Freertos. <https://www.freertos.org>.
- [3] Strona polskiego ministerstwa cyfryzacji. <https://www.gov.pl/web/5g>.
- [4] System operacyjny raspbian. <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>.

# Dodatek A

## Tytuł dodatku

Zasady przyznawania stopnia naukowego doktora i doktora habilitowanego w Polsce określa ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65 z 2003 r., poz. 595 (Dz. U. z 2003 r. Nr 65, poz. 595)). Poprzednie polskie uregulowania nie wymagały bezwzględnie posiadania przez kandydata tytułu zawodowego magistra lub równorzędnego (choć zasada ta zazwyczaj była przestrzegana) i zdarzały się nadzwyczajne przypadki nadawania stopnia naukowego doktora osobom bez studiów wyższych, np. słynnemu matematykowi lwowskiemu – późniejszemu profesorowi Stefanowi Banachowi.

W innych krajach również zazwyczaj do przyznania stopnia naukowego doktora potrzebny jest dyplom ukończenia uczelni wyższej, ale nie wszędzie.

## Dodatek B

# Opis załączonej płyty CD/DVD

Tutaj jest miejsce na zamieszczenie opisu zawartości załączonej płyty. Należy wymienić, co zawiera.