

Mechaniczne Ramię Rysujące Elipsy — Instrukcja

Raport zaliczeniowy do projektu PSM

Bartłomiej Baur

15 czerwca 2022

1 Wstęp

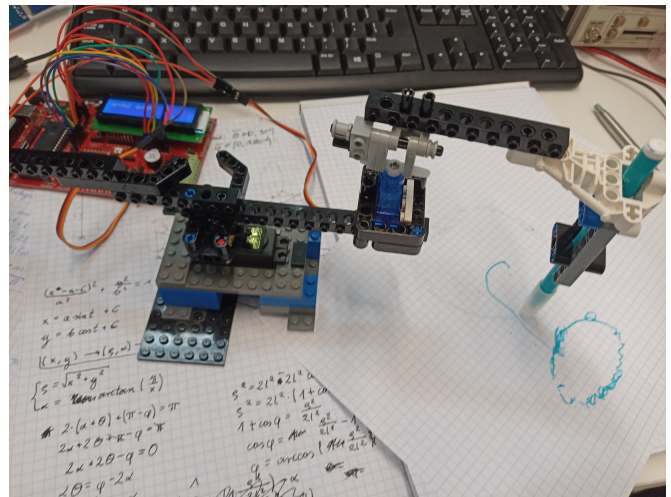
Mechaniczne Ramię Rysujące Elipsy (MRRE) zostało wykonane jako projekt zaliczeniowy na Podstawy Systemów Mikroprocesorowych. Poprzez sterowanie z konsoli za pośrednictwem interfejsu USART możliwe jest ustalenie parametrów elipsy uruchomienie rysowania.

2 Elementy projektu

Projekt składa się z trzech podstawowych elementów projektu: mechanicznego ramienia, mikrokontrolera oraz komputera sterującego.

2.1 Ramię mechaniczne

Szkielet ramienia został wykonany z klocków LEGO Technic. Ramię składa się z dwóch odcinków po 9 cm każdy. Posiada ono dwie osie obrotu dzięki silnikom typu servo umieszczonych w dwóch stawach. Większy, cięższy silnik TowerPro SG-5010 umieszczony jest w podstawie ramienia i obraca nim całym. Mniejsze Micro Servo SG90 znajduje się w połowie ramienia i umożliwia jego zginanie w połączeniu odcinków. Na końcu znajduje się flamaster pozostawiający ślad w trakcie ruchu. Zdjęcie ramienia zostało przedstawione na Rysunek 1.



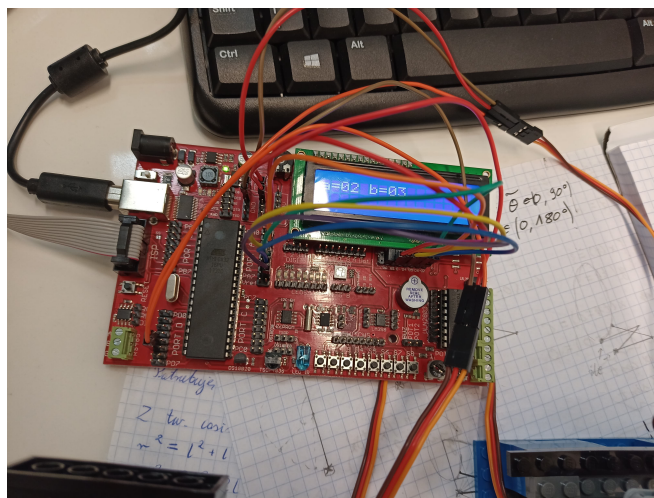
Rysunek 1: Zdjęcie ramienia mechanicznego.

2.2 Mikrokontroler

Do obsługi ramienia wykorzystano mikrokontroler ATmega32 wmontowany w zestaw uruchomieniowy EvB 5.1 v5. W projekcie wykonuje on następujące zadania:

- za pomocą trybu *fast PWM* dostępnego we wbudowanym 16-bitowym liczniku steruje silnikami mechanicznego ramienia.
- komunikuje się z wyświetlaczem LCD celem wyświetlania ustawionych parametrów elipsy.
- wykorzystuje interfejs USART do przyjmowania poleceń z komputera

Zdjęcie płytki ze wszystkimi podłączeniami przedstawia Rysunek 2.



Rysunek 2: Zdjęcie działającej płytki z mikrokontrolerem i podłączonymi elementami.

2.3 Komputer

Sterowanie układem odbywa się poprzez konsolę USART w komputerze taką jak np. Cutecom. Sterowanie odbywa się poprzez wydawanie odpowiednich poleceń. Lista wszystkich dostępnych poleceń znajduje się w Tabeli 1.

polecenie	opis
SETA <wartość>	Ustaw długość poziomej półosi elipsy na <wartość> cm.
SETB <wartość>	Ustaw długość pionowej półosi elipsy na <wartość> cm.
MOVE1 <wartość>	ustaw pozycję dużego/dolnego servo na <wartość> stopni.
MOVE2 <wartość>	Ustaw pozycję małego/górnego servo na <wartość> stopni.
RUN	Rozpocznij rysowanie elipsy. Wygeneruj listę ustawień ramienia.

Tabela 1: Polecenia sterujące MRRE.

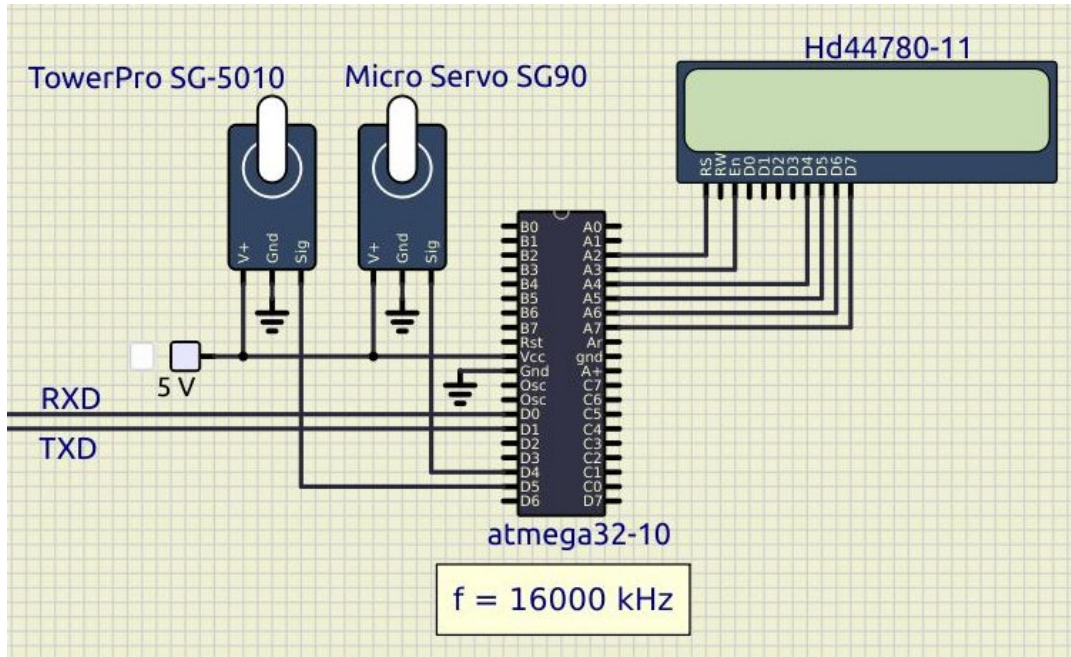
Polecenie RUN sygnalizuje działanie wyświetlając napis „Working...” na wyświetlaczu LCD. Gdy zakończy pracę, wyświetli „Finished!” oraz zwróci na konsolę USART listę wszystkich pozycji, jakie przyjmowało ramię podczas rysowania.

2.4 Schemat Montażu

Schemat montażu przedstawiony jest na Rysunku 3. Do montażu potrzebne są ramię wyposażone we wcześniej wspomniane serva, wyświetlacz LCD i mikrokontroler.

Wykorzystany wyświetlacz LCD wykorzystuje tylko część swoich wyprowadzeń ze względu na ustawiony w nim tryb pracy.

Ważne jest, aby mikroprocesor pracował na taktowaniu 16000 kHz. Jeżeli procesor nie posiada takiego taktowania należy podłączyć odpowiedni oscylator kwarcowy. Złe taktowanie skutkowało będzie nieprawidłową pracą silników, których sterowanie opiera się na sygnale PWM.



Rysunek 3: Schemat konstrukcyjny projektu.

3 Instrukcja użytkownika

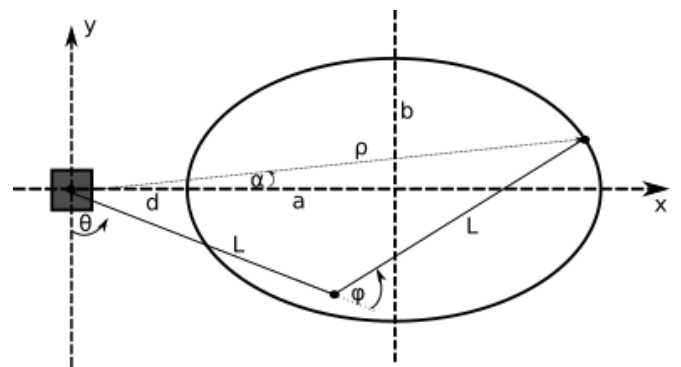
1. Po uruchomieniu MRRE ustawi się prosto.
2. Użyj poleceń SETA oraz SETB aby ustawić parametry elipsy do narysowania.
3. Polecenie RUN rozpocznie rysowanie elipsy.
4. Możesz użyć poleceń MOVE1 oraz MOVE2 by samodzielnie sterować ramieniem.

4 Zasada działania

W tej sekcji zostanie pokrótce opisane, co dzieje się po wpisaniu polecenia RUN — w jaki sposób liczone są ustawienia ramienia w kolejnych krokach czasowych, aby otrzymać elipsę.

Na Rysunku 4 przedstawione zostały wszystkie oznaczenia. W środku układu współrzędnych znajduje się ramię mechaniczne, narysowana elipsa będzie natomiast przesunięta tak, aby najbliższy punkt elipsy znajdował się nie bliżej niż $d = 7$ cm od ramienia. Pozycję ramienia można opisać dwoma kątami: θ oraz ϕ a ono samo składa się z dwóch odcinków o długości $L = 9$ cm.

W układzie kartezjańskim punkty (x, y) należące do elipsy można opisać parą równań pa-



Rysunek 4: Przedstawienie problemu matematycznego.

rametrycznych:

$$\begin{cases} x = a \cos(\frac{2\pi}{100} \cdot t) + a + d \\ y = b \sin(\frac{2\pi}{100} \cdot t) \end{cases} \quad (1)$$

gdzie $t = 1, 2, 3, \dots, 100$ to parametr i zarazem iterator w programie.

Otrzymane punkty następnie przedstawiane są w biegunowym układzie współrzędnych (ρ, α) :

$$\begin{cases} \rho = \sqrt{x^2 + y^2} \\ \alpha = \arctan\left(\frac{y}{x}\right) \end{cases} \quad (2)$$

Ich znaczenie zaznaczone zostało na Rysunku.

Następne jest przeliczenie współrzędnych biegunowych na kąty ramienia (θ, ϕ) . Najpierw wartość ϕ można wyznaczyć z twierdzenia cosinusów:

$$\rho^2 = l^2 + l^2 - 2l^2 \cos(\pi - \phi) \quad (3)$$

co daje wynik

$$\phi = \arccos\left(\frac{\rho^2}{2l^2} - 1\right) \quad (4)$$

Wartość kąta theta wyznaczona jest natomiast z sumy kątów trójkącie:

$$2 \cdot (\alpha + \theta) + (\pi - \phi) = \pi \quad (5)$$

Co prowadzi nas do wzoru:

$$\theta = \frac{1}{2}\pi - \alpha \quad (6)$$

który działa również dla $\alpha < 0$.

Przekształcenia wykonywane są dla wszystkich punktów dla każdego t . Dopiero policzone rozpoczynane jest rysowanie.