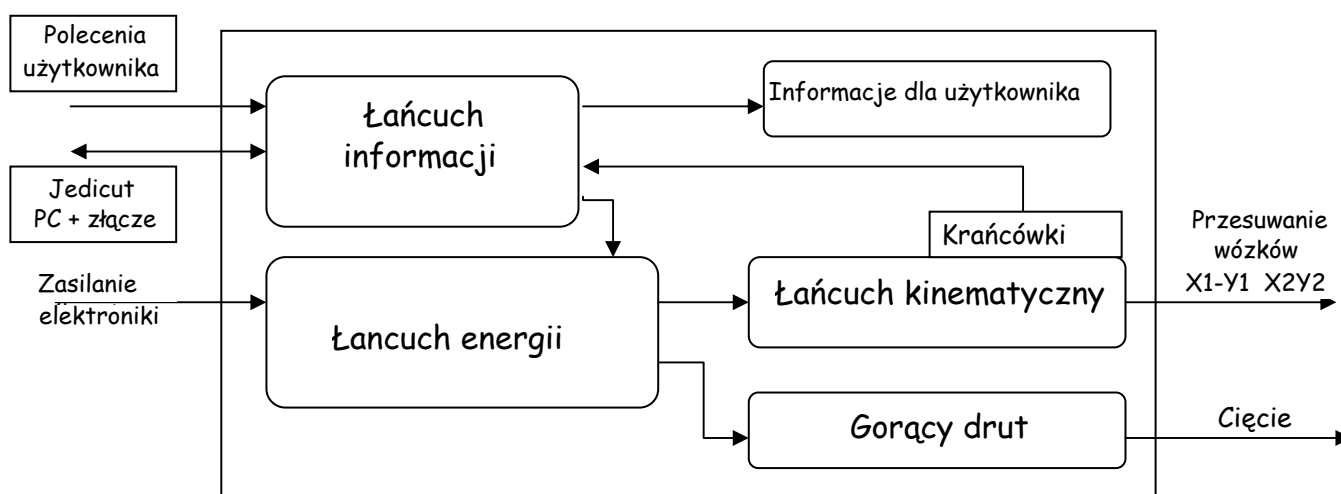


Kontekst :

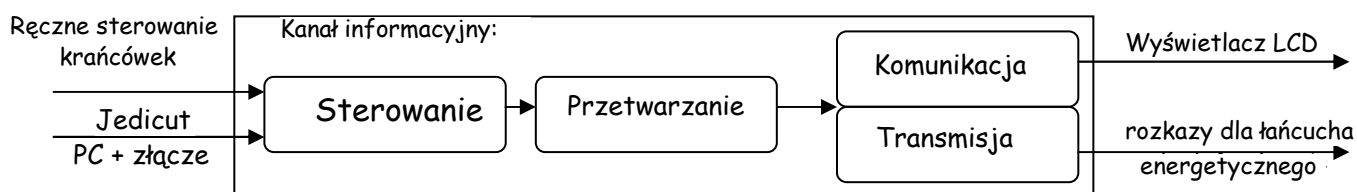
Po wielu pytaniach o wartości, jakie należy umieścić w konfiguracjach dotyczących danych mechanicznych, zdecydowałem się opublikować mały poradnik obliczania mechaniki napędu za pomocą śrub i pasów zębatych. Zobaczymy trochę technologii i używanego słownictwa. Do tej broszury dołączone są arkusze kalkulacyjne w formacie **.xls Microsoft Excel** i darmowym **.ods Libre Office calc**

Moim celem jest umożliwienie modelarzom, którzy nie są specjalistami w dziedzinie mechaniki, zrozumienia i poprowadzenia ich w korzystaniu z wyników podczas konfigurowania swojej maszyny.

Nasz zautomatyzowany system:



Kanał informacyjny:



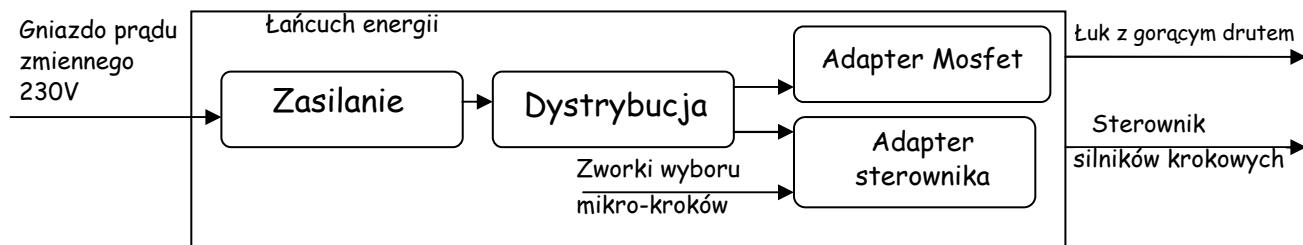
Składa się z karty Arduino Mega 2560. Sterowanie to :

- Łącze USB, które zapewnia dialog z komputerem PC i oprogramowaniem Jedicut.
- Płytkę sterowania ręcznego i wyłączniki krańcowe.

Wszystkie te polecenia są przekształcane przez szkielet, który przekazuje:

- z jednej strony polecenia dla sterowników 4 osi (włączanie/wyłączanie, kierunek, krok) oraz PWM do sterowania mocą gorącego drutu.
- z drugiej strony informacje dla wyświetlacza LCD.

Łańcuch energii



Lub



Gniazdo prądu zmiennego 230V
+zasilacz 12V
+zasilacz 36V

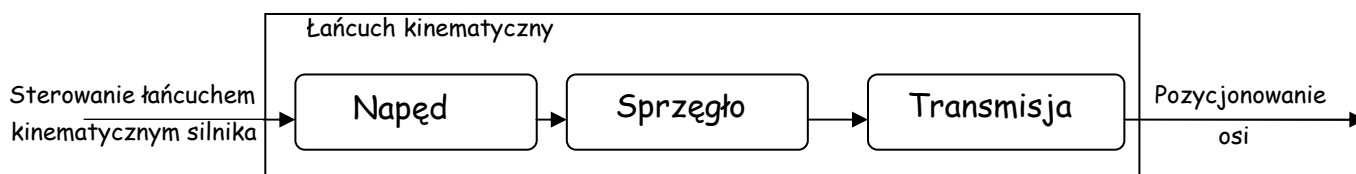


Ramps 1.4 rozdziela i rozprowadza zasilanie dla różnych odbiorników. Również na tej płytce konfigurowane są za pomocą zworek mikro-kroki do sterowania silnikami krokowymi



Adapter Mosfet dostosowuje sygnał PWM 5V z Arduino do zasilania z 36V. Sterowniki silników dostosowują sygnały sterujące z Arduino do dużych prądów wymaganych przez silniki krokowe

Łańcuch kinematyczny:



Lub



Silnik krokowy zamienia energię elektryczną na ruch obrotowy



Sprzęgło pozwala na połączenie pomiędzy silnikiem a elementem transmisyjnym

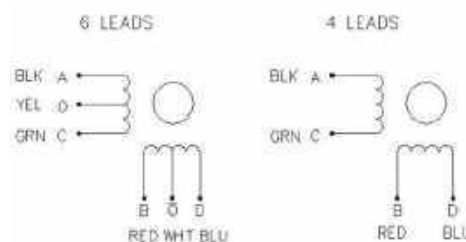


Transmisja realizowana jest za pomocą pary śruba/nakrętka lub koło pasow/pasek (zalecany zębaty, płaski ma zbyt duży poślizg) przekazuje on do wózków przesunięcie poprzez konwersję ruchu obrotowego na ruch liniowy.

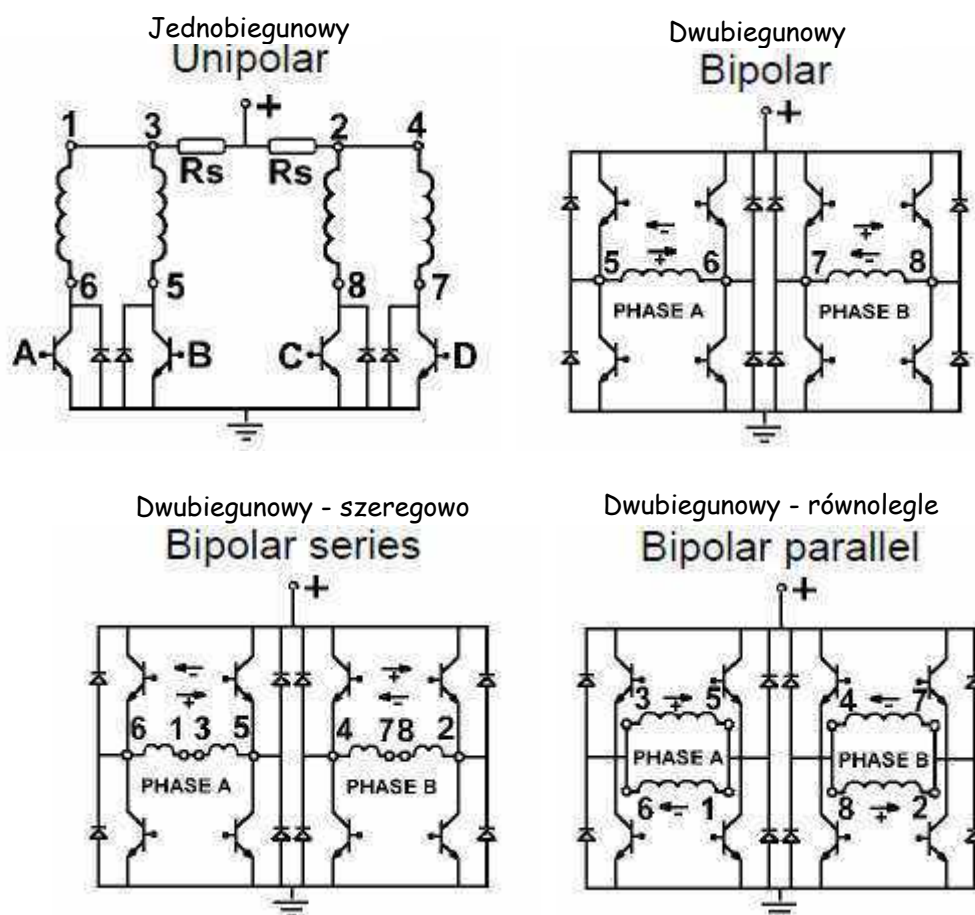
Silniki krokowe

Silniki krokowe nie mogą być bezpośrednio zasilane napięciem. Muszą one być kontrolowane przez skalibrowane i rozłożone w czasie impulsy prądu dla każdego uzwojenia. Do napędu tych silników wymagane są specjalistyczne sterowniki.

Rysunek po prawej stronie przedstawia dwubiegunowy, ten po lewej jest jednobiegunowy, i ma 6 przewodów, niektóre mogą mieć 8 przewodów, (w tym przypadku środkowe punkty cewek są rozdzielone). W zależności od stopnia mocy dedykowanych obwodów stosowane będą układy jedno lub dwubiegunowe. Możliwe jest zastosowanie 6-przewodowej wersji z pominięciem wyprowadzeń środkowych, ale z niższym momentem obrotowym (0,5). Z drugiej strony, 8-przewodowe jednobiegunowe poprzez równoległe połączenie cewek pozwalają na uzyskanie normalnego momentu obrotowego.



Oto różne połączenia z tranzystorami mocy.



Te 4 schematy pochodzą z arkusza danych silnika



Najważniejsze cechy silników dla naszych zastosowań

Liczba **kroków na obrót** jest specyficzna dla każdego silnika w zależności od jego konstrukcji, magnesu stałego i sposobu uzwojenia. Dla najstarszych było to często **48kroków/obrot** lub **100 krok/obr**, dziś najczęściej jest to **200krok/obr**, czyli $360^\circ / 200 = 1,8^\circ$ na krok.

Elektroniczne sterowanie silnikiem zwane sterownikiem jest w stanie za pomocą skalibrowanych impulsów prądowych rozłożonych w czasie dla każdego uzwojenia zrealizować mikro-kroki o wartości **1/2, 1/4, 1/8, 1/16** a nawet dla niektórych sterowników **1/32** kroku. Oznacza to, że dla konfiguracji **1/2** kroku silnik będzie obracał się tylko o **0,9°** na jeden krok.

Podsumowując dla silnika o **200krokach/obrot**:

Dla **1/2** kroku - należy wysłać do sterownika **400** impulsów, aby silnik wykonał 1 obrót.

Dla **1/8** kroku - należy wysłać do sterownika **1600** impulsów, aby silnik wykonał 1 obrót.

Jest to bardzo ważne przy konfiguracji układu napędowego.

Moment obrotowy to siła (Newton) na jednostkę długości (metr lub cm) np. 40N/cm. Co to oznacza? Popatrz mały rysunek obok; silnik jest wystawiony (pod prądem).

Dla niektórych, 40 N niewiele mówi, łatwiej wyobrazić sobie paczkę 1 kg cukru w dłoni. Jest to stara jednostka siły nie należąca do systemu międzynarodowego.

1 kg = 9,80665 N zaokrąglasz do 9,81 N dla 1 kg. Więc nasze 40N daje ok. 4,078kg.

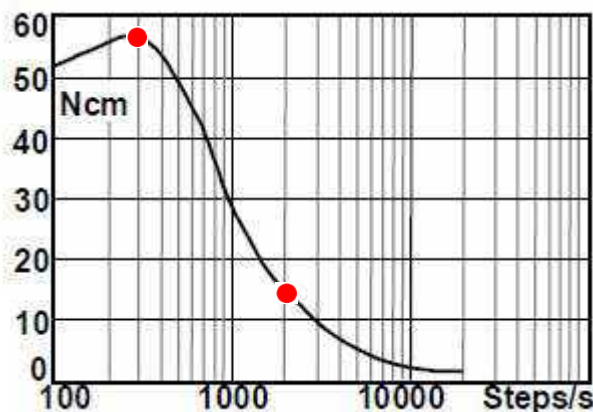
Używane przez nas silniki mieszczą się w zakresie od 40 do 60N/cm, więc nie podstawiaj palców w pobliże kół pasowych lub śrub.

Uwaga: moment obrotowy jest zależny od prędkości obrotowej, i jest to punkt, o którym należy pamiętać podczas konfigurowania łańcucha energetycznego.

Oto krzywa zmiany momentu obrotowego w zależności od prędkości obrotowej. Należy zwrócić uwagę na logarytmiczną skalę prędkości.

Widzimy, że maksymalny moment obrotowy **56N/cm** uzyskujemy przy około **300** krokach na sekundę, a przy **2000** krokach na sekundę tylko **15N/cm**. To wyjaśnia dlaczego dla napędu śrubą M6; prędkości liniowe osiągają maksymalną wartość około **5 mm/s**, ponieważ przy tej prędkości osiągamy wartość **2000** kroków/s czyli **15N/cm**, czyli stosunkowo mało.

Silniki te są sterowane **prądem**, konieczne jest ustawienie prądu na wartość arkusza danych, aby uzyskać maksymalny moment obrotowy. Jeśli używasz silnika jednobiegowego połączonego równolegle, ustawisz prąd na wartość z arkusza danych pomnożoną przez **2**, jest to normalne, prąd w każdym uzwojeniu będzie miał wartość nominalną.

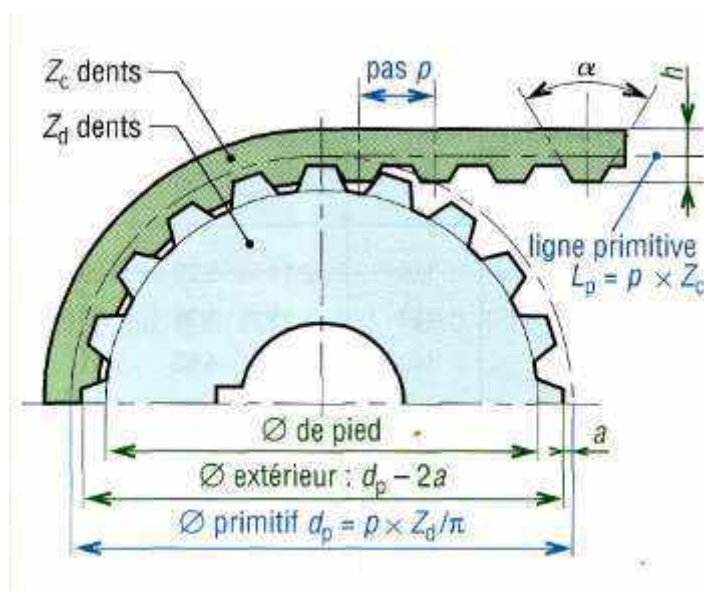


Sprzęgła:

Połączenie pomiędzy silnikiem a prętem gwintowanym jest wykonane za pomocą sprzęgła elastycznego o przełożeniu 1 (1 obrót silnika = 1 obrót śruby).



Koło pasowe z pasem zębatym charakteryzuje się ilością zębów i podziałką. Podziałka zębów musi być taka sama jak podziałka pasa zębatego. Należy uważać, aby nie pomylić podziałki zębów koła pasowego z krokiem silnika.



Obraz : http://www.zpag.net/Tecnologies_Industrielles/transmission_courroies.htm

Koło pasowe służy jako połączenie między silnikiem a pasem, przekształcając ruch obrotowy w liniowy ruch pasa. W tym przypadku przełożenie jest równe liczbie zębów koła pasowego. Jeśli Twoje koło pasowe ma 20 zębów, będziemy mieli na jeden obrót silnika przesunięcie pasa o 20 zębów w ruchu liniowym. W łańcuchu kinematycznym do obliczeń przełożenia sprzęgła, użyjemy liczby zębów = 20.

Śruby i nakrętki:

Są 3 typy napędów śrubowych, wszystkie charakteryzują się średnicą i skokiem. Przekształcają one ruch obrotowy na ruch liniowy za pomocą nakrętki, przymocowanej do wózka, 1 obrót śruby powoduje przesunięcie nakrętki (i wózka) o odległość równą skokowi śruby.

A - Zwykłe pręty gwintowane, zarys gwintu jest trójkątny :

- Niski koszt, ale połączenie nakrętki ze śrubą generuje duży luz, wymaga to stosowania różnych metod kasowania luzu.

- Ponadto, długie pręty gwintowane nie są proste, co prowadzi do wibracji, które w efekcie dają drobne zmarszczki na powierzchni cięcia.



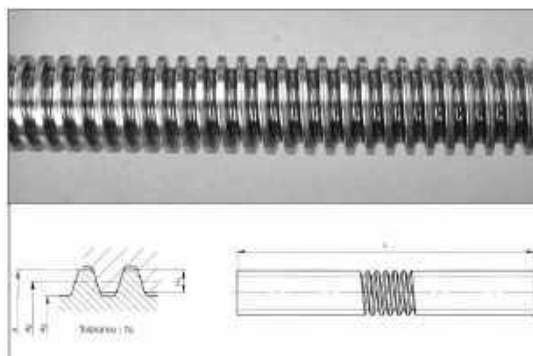
System kasowania luzu.



Kasowanie luzu mojego pręta gwintowanego M6 o skoku 1mm

B - Śruba trapezowa z nakrętką : zarys gwintu ma kształt trapezu:

- Wyższy koszt, połączenie śruba-nakrętka generuje niewielki luz, (w większości przypadków nie jest konieczne kasowanie luzu). Długie pręty gwintowane są proste, co nie powoduje wibracji i mają bardzo dobre wykończenie powierzchni.



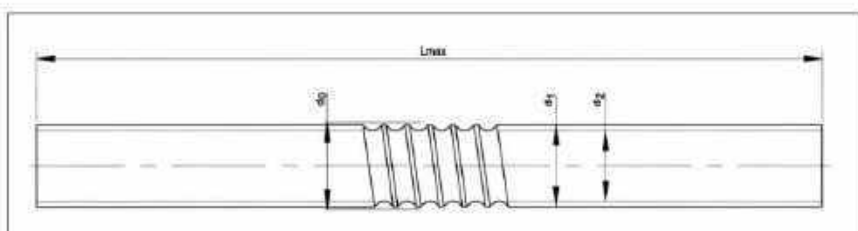
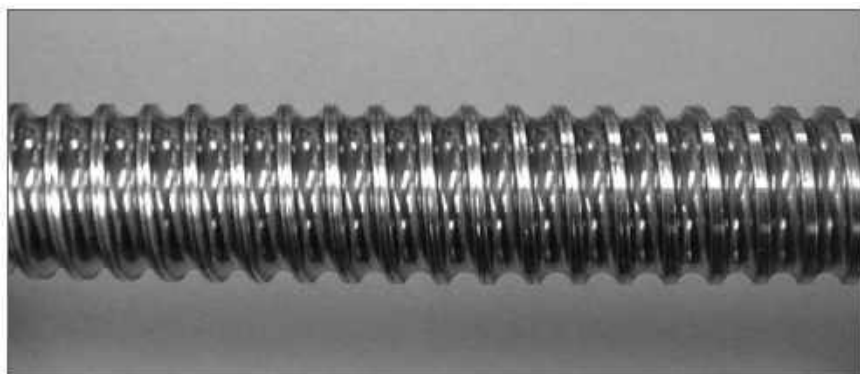
Nakrętka z kasowaniem luzu.
(gdy istnieje taka potrzeba)



Nakrętka pojedyncza bez kasowania luzu.

C - Śruba kulowa z nakrętką : zarys gwintu ma kształt kulek umieszczonych w nakrętce

Te śruby i nakrętki są stosowane głównie na frezarkach CNC, są znacznie droższe, nie ma luzów, a ich prostoliniowość jest doskonała.



Przypomnienie: w naszych obliczeniach dla konfiguracji będziemy używać wartości skoku śruby.

Pasy zębate:

Nazywane są one również napędami synchronicznymi, ponieważ nie ma poślizgu na kole pasowym.

Ich integracja w zespole mechanicznym jest bardzo łatwa, nie jest kosztowna, działa bardzo precyzyjnie, jest bardzo cicha, same zalety.

Należy pamiętać, że **podziałka** to odległość pomiędzy dwoma zębami pasa.



Obliczanie parametrów konfiguracyjnych:

A - Określenie mikro-kroków :

Musisz teraz zdefiniować wartość przesunięcia dla jednego kroku, to zapewni Ci precyzję cięcia. Ustawimy wartość niższą niż 1/100 mm, tj. 0,01 mm/krok.



Ustawianie
mikrokroków



sterownik
silnika



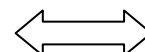
silnik
200 kroków



sprzęgło = "1"



skok = 1mm 0.0025mm/krok



Dla jednego obrotu silnika mamy przesunięcie (sprzęgło x skok gwintu), czyli $1 \times 1 = 1\text{mm}$
Dla jednego kroku silnika uzyskujemy $1 / 200 = 0,005\text{ mm}$. Mamy 0,005 a planowaliśmy 0,0025, więc musimy ustawić mikrokroki, obliczamy $0,0025 / 0,005 = 0,5$ co daje ustawienie elektroniki na 1/2 kroku.



Ustawianie
mikrokroków



sterownik
silnika



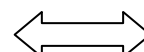
silnik
200 kroków



sprzęgło = "20"
(zębów koła)



skok = 2mm
(podziałka pasa) 0.01mm/krok



Dla jednego obrotu silnika mamy przesunięcie (sprzęgło x skok pasa), czyli $20 \times 2 = 40\text{mm}$.
Dla 1 kroku silnika uzyskujemy $40 / 200 = 0,2\text{ mm}$. Mamy 0,2 a planowaliśmy 0,01, więc musimy ustawić mikro-kroki, obliczamy $0,01 / 0,2 = 0,05$ co daje ustawienie elektroniki na 1/20 kroku. Dla A4988 możemy zaprogramować maks do 1/16 kroku. Teraz wykonamy obliczenia w odwrotnej kolejności, krok 1/16 daje nam wartość przesunięcia = $0,0125\text{ mm/krok}$; jesteśmy trochę powyżej 1/100mm, co jest jeszcze do przyjęcia. Poprzez zastąpienie sterowników A4988 sterownikami DRV8825, pozwoli generować 1/32 kroku, co daje wartość przesunięcia $0,00625\text{ mm/krok}$.

B - Ustawienia dla Jedicut :

W konfiguracji Jedicut musimy wprowadzić kilka wartości, w tym:

- wartość odległości dla 1 kroku.
- współczynnik prędkości liniowej dla prędkości cięcia.
- współczynnik prędkości liniowej dla prędkości jałowej (szybkiej poza materiałem).
- Częstotliwość zegara elektroniki sterującej.

Wartość przesunięcia na 1 (mm/krok) krok: - właśnie ją obliczyliśmy.
Aby móc ciąć nasze bloki, wybierzemy nasze prędkości:

Maszyna z napędem śrubowym: zakładamy prędkość cięcia = **2,5 mm/s**, i prędkość jałową = **4,5 mm/s**
W ciągu 1 sekundy chcemy pokonać **2,5mm** każdy krok przesuwa wózek o **0,0025mm**, więc musimy generować kroki z częstotliwością **2,5 / 0,0025 = 1000** kroków/s lub inaczej **1000Hz**.
Dla prędkości jałowej (szybkiej): **4,5 / 0,0025 = 1800** kroków/s lub inaczej **1800Hz** (Widzimy, że ta częstotliwość zbliża się na krzywej momentu obrotowego, do niskiej mocy).

Maszyna z napędem pasowym: zakładamy prędkość cięcia = **2,5 mm/s** i prędkość jałową = **10 mm/s**
W ciągu 1 sekundy chcemy pokonać **2,5mm**. Każdy krok przesuwa wózek o **0,00625mm**, więc musimy generować kroki z częstotliwością **2,5 / 0,00625 = 400Hz**.
Dla prędkości jałowej otrzymamy: **10 / 0,00625 = 1600 Hz**

Rola zegara (timera):

Częstotliwość zegara płytki Arduino Mega jest stała, jest zaprogramowana w szkicu i wynosi 62500 Hz dla timera 1. Ten timer jest modyfikowany przez dane z Jedicut, wynik jest wartością **współczynnika prędkości**.

Podczas cięcia, aby uzyskać założone kształty, konieczne jest, aby kroki były generowane do sterowników z bardzo stabilną częstotliwością. Arduino nie tylko ma to zadanie do wykonania, ale musi także odbierać i przetwarzać informacje z komputera, generować PWM grzania, skanować wyłączniki krańcowe, wyświetlać informacje na wyświetlaczu LCD, więc korzystamy z usługi przerywania generowanej przez timer z częstotliwością, którą właśnie obliczyliśmy dla aktualnej prędkości. Zegar sterujący ostrzega usługę przerywania, że konieczne jest wykonanie akcji wygenerowania kroku. Usługa przerywa natychmiast zatrzymuje to, co jest w toku, parametry są zapisywane, wykonywana jest akcja generowania kroku, usługa przerywa przywraca zapisane parametry, a czynności, które były w toku, są wznowiane do następnego żądania zegara. Akcje mniej pilne są zatem wykonywane "pomiędzy przerwami".

Dla tych, którzy nie są specjalistami od mikrokontrolerów,

Jeśli masz trudności ze zrozumieniem tego, wyobraź sobie siebie w supermarkecie, idziesz do kasy dla osób uprzywilejowanych, bo nikogo tam nie ma, kasjerka cię akceptuje i zaczyna skanować twoje zakupy, przychodzi jednak osoba uprzywilejowana, kasjerka zapisuje i zawiesza twoje konto, skanuje zakupy osoby uprzywilejowanej, potem otwiera twoje konto z powrotem, jednak nie masz szczęścia, przychodzi kolejna osoba uprzywilejowana, ty nadal czekasz. Na koniec, wieczorem o godzinie zamknięcia nadal jesteś przy kasie! Cóż, sytuacja taka może się zdarzyć i w naszym systemie, jest to właśnie trudność, na którą napotykamy podczas programowania. W tym przypadku, jeśli nie ten błąd nie zostanie wykryty podczas testów, program się zawiesi.

Wróćmy do generowania kroków, z zegara, którego częstotliwość bazowa wynosi 62500, zmodyfikujemy ją zgodnie z prędkościami. Otrzymane wartości, nazywamy **współczynnikami prędkości** i są równe:
62500 / kroki na sek = "współczynnik prędkości". Wyliczyliśmy już poprzednio dla maszyn z jaką częstotliwością musimy generować kroki dla zadanych prędkości (cięcia i jałowej). Teraz to wykorzystamy w naszych obliczeniach

Napęd śrubowy: **1000** kroków/s => 62500 / 1000 = **62** zaokrąglone co daje rzeczywiste 2,52 mm/s
1800 kroków/s => 62500 / 1800 = **34** daje rzeczywiste 4,6 mm/s zamiast założonych 4,5mm/s

Napęd pasowy: **400** kroków/s => 62500 / 400 = **156** zaokrąglone co daje rzeczywiste 2,5 mm/s
1600 kroków/s => 62500 / 1600 = **39** daje rzeczywiste 10,02 mm/s zamiast 10mm/s

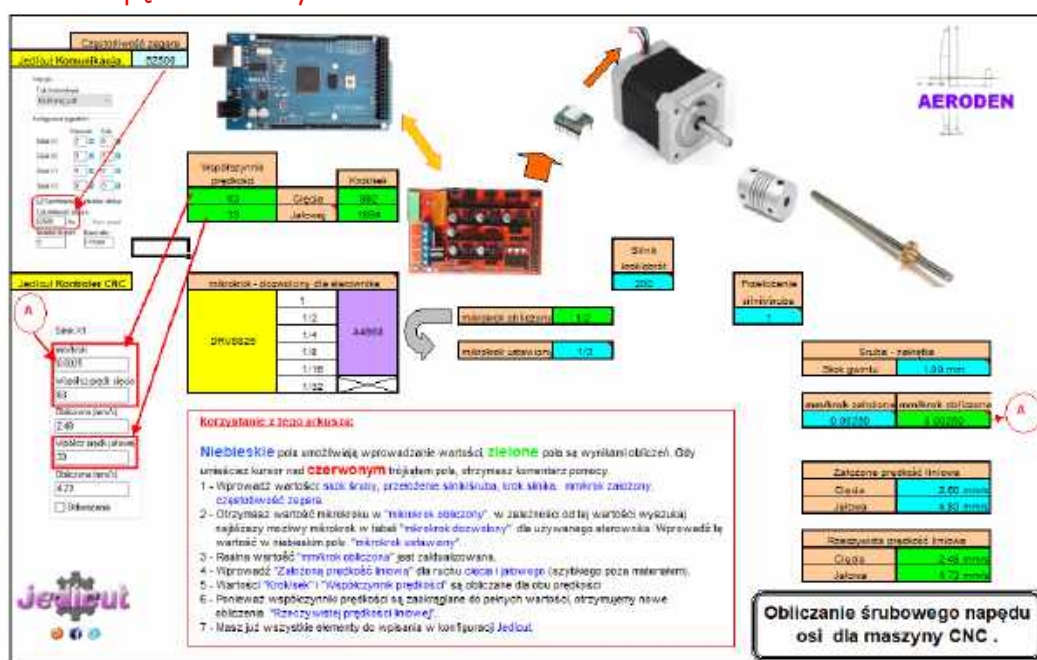
Tak więc obliczyliśmy **współczynniki prędkości cięcia i jałowej**, które wstawimy w karcie "**Kontroler CNC**" Jedicut, aby ten obliczył nam rzeczywiste prędkości. (pole "**Obliczona mm/s**")

Skończyłem moje wyjaśnienia, chciałem umożliwić wszystkim lepsze zrozumienie ustawień parametrów konfiguracyjnych maszyny.

Dla profesjonalistów z dziedziny elektroniki jest to niekompletne i uproszczone, jednak dla amatorów starałem się opracować wprowadzenie do automatyzacji.

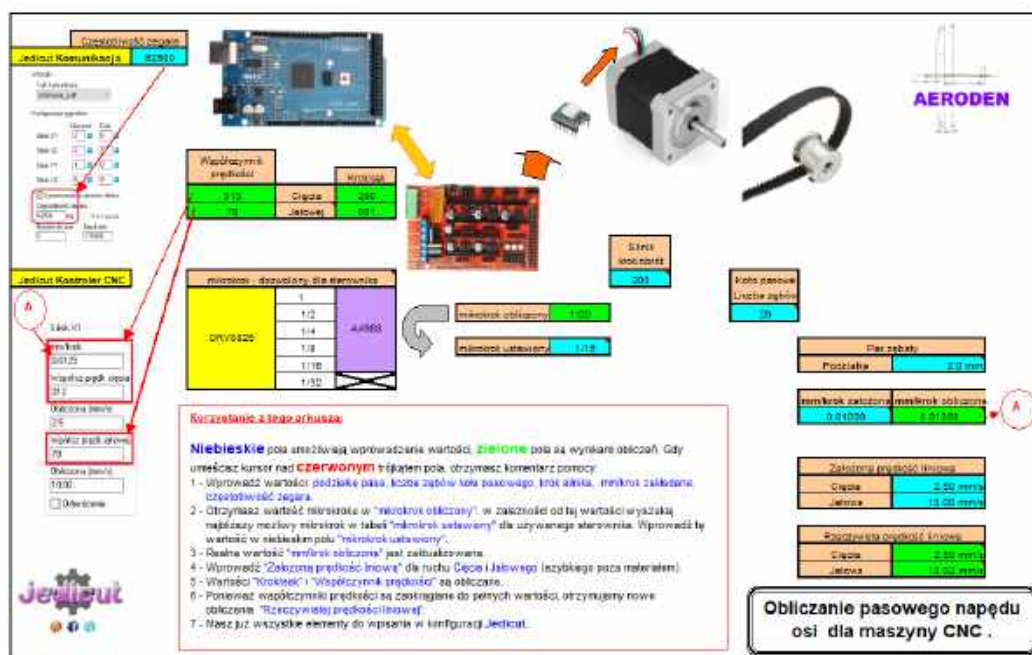
Aby to wszystko uprościć, zaprojektowałem arkusze kalkulacyjne, do których wystarczy wprowadzić parametry urządzeń, a wartości które, mają być wprowadzone w konfiguracjach Jedicut zostaną automatycznie obliczone.

Arkusz obliczeń dla napędów śrubowych



Obliczanie śrubowego napędu osi dla maszyny CNC.

Arkusz obliczeń dla napędów pasowych



Obliczanie pasowego napędu osi dla maszyny CNC.

Jako załączniki masz dwa pliki *.xls i *.ods, każdy z dwoma zakładkami.

Jeden dla Microsoft Excel (zakładki: Śruba-nakrętka i Pasek zębaty)

Drugi dla darmowego Libre Office calc (zakładki jak wyżej)