

51 Konferencja Studenckich Kół Naukowych

K. Jagoda - Elektrotechnika 3 rok
M. Kowalski - Elektrotechnika 3 rok

Cyfrowy sterownik silnika krokowego

Spis treści:

- 1. Wstęp – zastosowanie silników krokowych w technice*
- 2. Część cyfrowa sterownika sterownika*
- 3. Układ mocy sterownika*
- 4. Panel kontrolny*
- 5. Zastosowany silnik*
- 6. Wnioski*

Opiekun : dr hab. inż. Wiesław Jażdżyński

Kraków, 8 maja 2014

Celem projektu była konstrukcja uniwersalnego, cyfrowego sterownika silników krokowych.

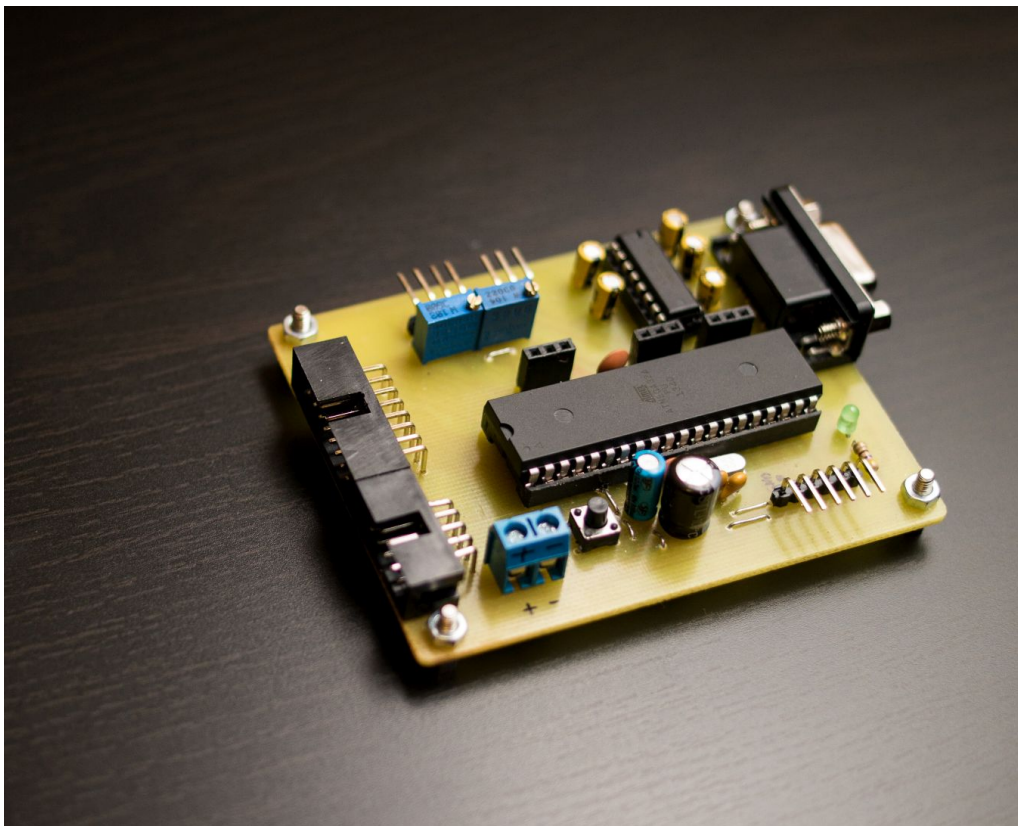
Głównymi założeniami były:

- Konstrukcja modułowa – osobno część cyfrowa i stopień mocy,
- Sterowanie półkrokowe, bipolarne,
- Możliwość współpracy z każdym silnikiem krokowym (unipolarny, bipolarny) o mocy do 150W,
- Komunikacja poprzez panel kontrolny z wyświetlaczem LCD oraz interfejs RS232 – możliwość obserwacji oraz zmiany takich parametrów jak: prędkość obrotowa, kierunek obrotów, położenie wału,
- Łatwa adaptacja w automatyce budynków - możliwość współpracy między innymi z czujnikami oświetlenia, temperatury oraz systemami pozycjonowania (enkoder, wyłączniki krańcowe).

1. WSTĘP

Silniki krokowe to maszyny elektryczne, które można uznać za przetworniki cyfrowo – analogowe. Charakteryzują się tym, że impuls elektryczny (C) przekształcają na obrót o skończony kąt (A), którego wielkość zależy od konstrukcji silnika. W związku z tym są one powszechnie wykorzystywane wszędzie tam, gdzie od urządzeń wymaga się precyzji i dokładności podczas poruszania. Znajdują one powszechne zastosowanie w robotyce, obrabiarkach CNC czy automatyce budynków. Dodatkowo prostota ich konstrukcji – brak komutatora – powoduje, że są to konstrukcje niezwykle trwałe i odporne na wszelkiego rodzaju uszkodzenia. Niestety wykorzystanie ich możliwości wiąże się z zastosowaniem elektronicznego układu sterowania – generującego impulsy potrzebne do zasilania silnika. W projekcie zdecydowano się na budowę „od podstaw” takiego sterownika. Zastosowanie popularnych obecnie mikrokontrolerów Atmega do zarządzania całym procesem sterowania pozwoliło na zwiększenie funkcjonalności sterownika w stosunku do podstawowych funkcji jak samo załączanie i zatrzymywanie silnika.

2. CZĘŚĆ CYFROWA



Rys. 1. Część cyfrowa oparta na mikrokontrolerze ATmega32.

Sercem układu jest 8-bitowy mikrokontroler ATmega32. Jest on odpowiedzialny za generowanie impulsów sterujących oraz za komunikację ze światem zewnętrznym, która może odbywać się poprzez interfejsy RS232, UART lub ISP, możliwa jest także obsługa sterownika za pomocą panelu kontrolnego, który zbudowano na potrzeby wygodnego debugowania programu oraz prezentacji możliwości sterownika.

Jako że generacja impulsów sterujących jest priorytetem, wykonywana jest ona w przerwaniach generowanych w równych odstępach czasu przez 16-Bitowy Timer, co umożliwia płynną zmianę prędkości obrotowej w całym zakresie (65000 wartości prędkości).

Pozostałe operacje, takie jak komunikacja z użytkownikiem czy obliczenia prędkości obrotowej, są wykonywane w pętli głównej programu.

Układ posiada wiele dodatkowych wejść, które umożliwiają współpracę między innymi z enkoderem, wyłącznikami krańcowymi, czujnikami

optycznymi, czujnikami wilgoci, temperatury czy fotorezystorem, co pozwala na adaptację układu w automatyce budynków. Uniwersalność układu jest spowodowana tym, że wszelkich zmian można dokonać na poziomie oprogramowania.

3. STOPIEŃ MOCY

Fotografia na rys. 2 przedstawia wykonany stopień mocy silnika.



Rys. 2. Stopień mocy. Na zdjęciu widać tranzystory MOSFET IRF520 przymocowane do radiatora.

Sterowanie Bipolarne, wymaga zastosowania dwóch mostków H - Po jednym na każde uzwojenie silnika.



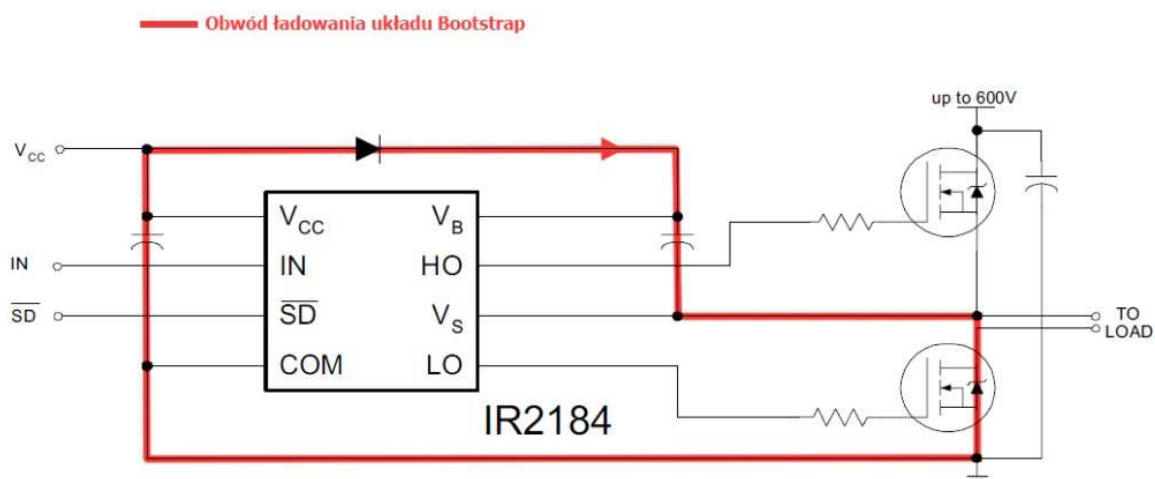
Obrazek pochodzi ze strony www.ottop.republika.pl

Rys. 3. Rodzaje połączeń silnika krokowego: strona lewa- silnik bipolarny, strona prawa – unipolarny.

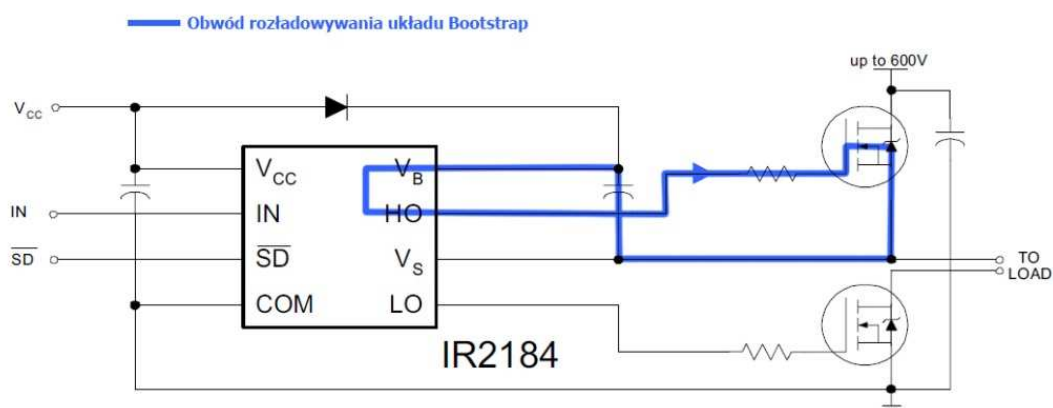
Konfiguracja przedstawiona na rysunku 3 ilustruje połączenie bipolarne, a po prawej unipolarne. W sterowaniu bipolarnym poprzez odpowiednie załączenie kluczy z mostka H uzyskujemy przepływ prądu przez całe uzwojenie w dwóch kierunkach (np. B1->B2; B1<-B2). Metoda unipolarna cechuje się przepływem prądu na skutek napięcia między początkiem uzwojenia a punktem środkowym cewki (np. A1->CM; A2->CM).

Moment silnika elektrycznego zależy od strumienia i prądu przepływającego przez uzwojenie ($M_e = \psi * I$). Metoda bipolarna pozwala na uzyskanie 2 krotnie większego momentu, ponieważ w jego wytwarzaniu bierze udział całe uzwojenie.

Układ H tranzystorów mocy wymagał zastosowania układu eliminującego problem „pływającej masy” przy załączaniu górnych tranzystorów mostka. Napięcie potrzebne do załączenia dolnych tranzystorów mostka – U_{GS} jest osiągane względem potencjału masy. Górne tranzystory załączane są napięciem odniesionym do punktu środkowego mostka H, którego potencjał jest inny niż potencjał masy. Dlatego konieczne było zastosowanie specjalnego drivera pracującego w konfiguracji „Bootstrap”, który umożliwia poprawne wysterowanie „górnych” tranzystorów MOSFET w mostku. Aplikacja układu polega na zastosowaniu kondensatora włączonego równolegle do górnego tranzystora, na którym odkłada się napięcie potrzebne do wysterowania tranzystora.



Rys.4. Driver mosfet IR2184: załączony dolny tranzystor, proces ładowania kondensatora bootstrapującego.



Rys.5. Driver mosfet IR2184: tranzystor górny załączony poprawnie przez układ drivera. Warto wspomnieć, że układ ten pozwala również na jednoczesne sterowanie dwoma silnikami prądu stałego (Zmiana kierunku oraz płynna regulacja prędkości obrotowej z wykorzystaniem modulacji PWM).

4. PANEL KONTROLNY



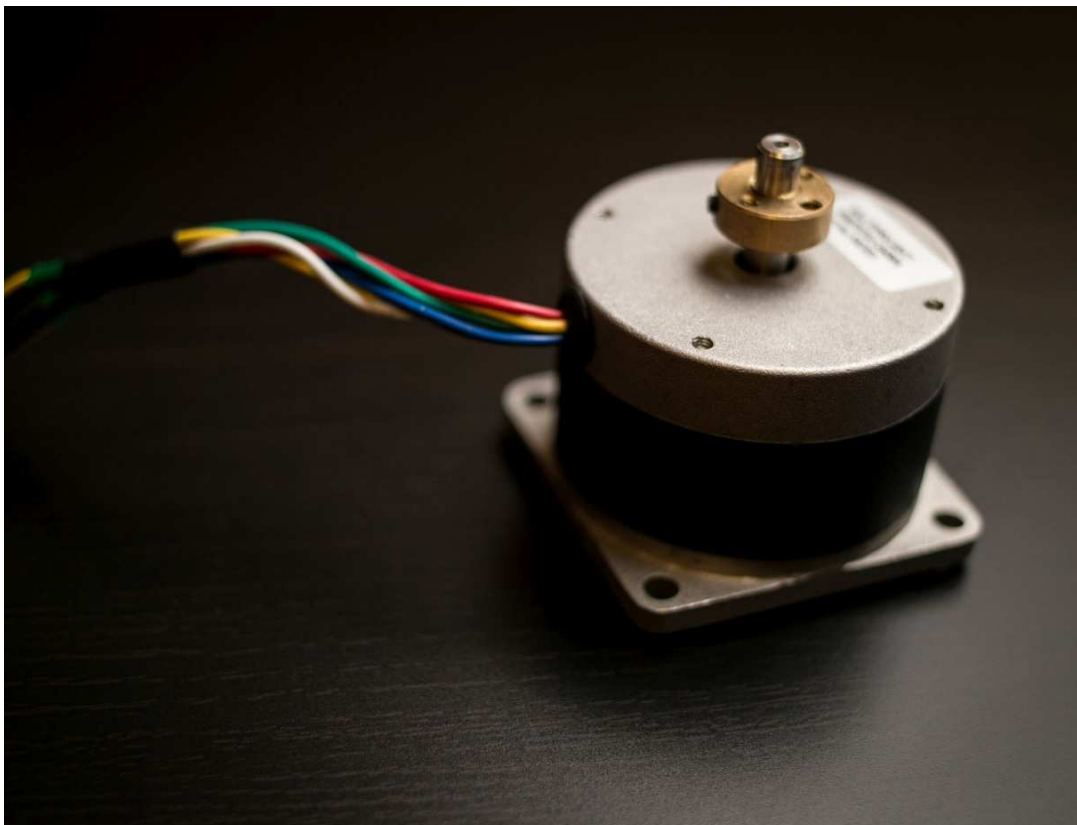
Rys. 6. Panel kontrolny z możliwością zadawania parametrów pracy silnika: prędkości, kierunku wirowania oraz obrotu o zadany kąt.

Panel kontrolny został zbudowany w celu wygodnego debugowania programu sterownika oraz na cele prezentacji. Panel połączony jest ze sterownikiem za pomocą 16-to żyłowej taśmy. Składa się z przejrzystego wyświetlacza LCD 4x20 znaków, który umożliwia prezentację takich parametrów jak:

- kierunek obrotów
- prędkość obrotowa
- częstotliwość impulsowania
- obecna pozycja w impulsach i stopniach
- pozycja zadana

Dodatkowo panel kontrolny wyposażony jest w impulsator obrotowy oraz cztery przyciski, co pozwala na wygodną zmianę wszystkich parametrów.

5. SILNIK

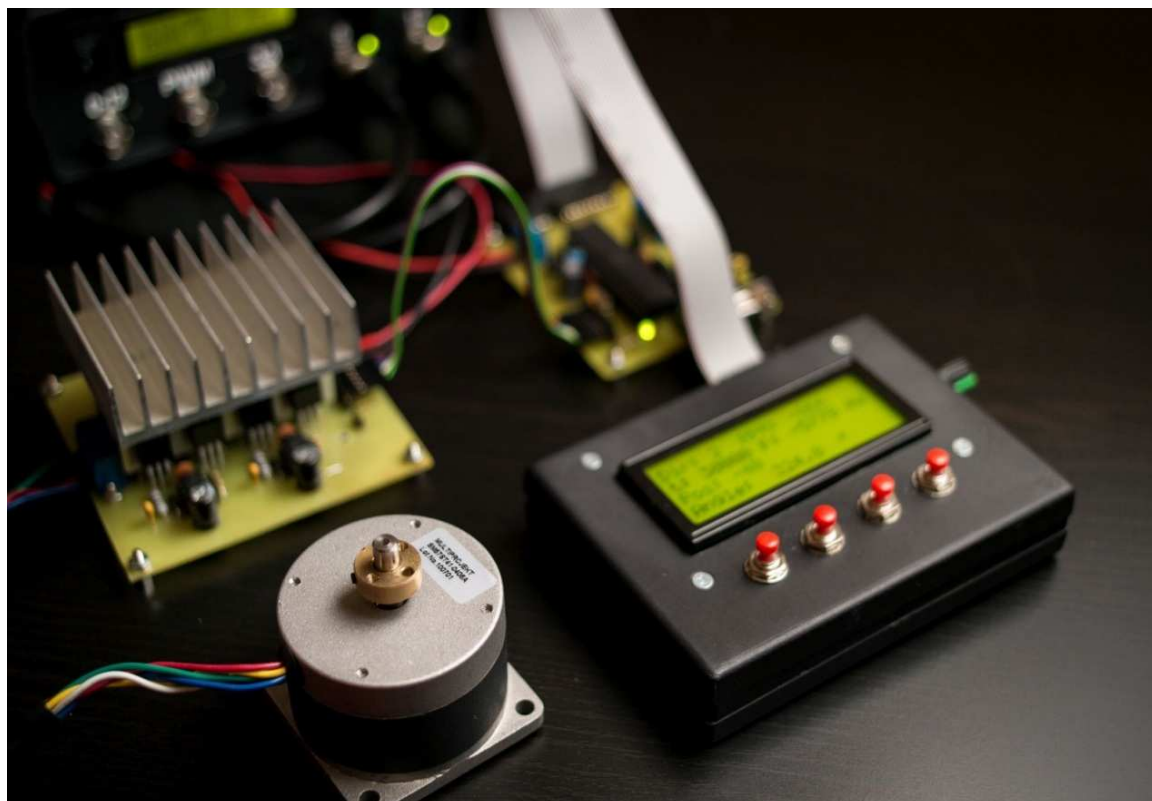


Rys. 7. Wykorzystany silnik FL57ST41-0406A.

Do testowania działania sterownika wykorzystano silnik krokowy FL57ST41-0406A. Jest to silnik konstrukcji hybrydowej o rozdzielczości 200 kroków na obrót. Poniżej zamieszczono fragment karty katalogowej silnika.

Tabela 1. Dane techniczne wykorzystanego silnika

Model No.		Rated Voltage	Current /Phase	Resistance /Phase	Inductance /Phase	Holding Torque	# of Leads	Rotor Inertia	Weight	Detent Torque	Length
Single Shaft	Double Shaft	V	A	Ω	mH	kg-cm		g-cm ²	kg	kg-cm	mm
FL57ST41-1106A	FL57ST41-1106B	4	1.1	3.6	3.6	2.88	6				
FL57ST41-0406A	FL57ST41-0406B	12	0.4	30	30	2.88	6	57	0.54	0.18	41
FL57ST41-1304A	FL57ST41-1304B	2.8	1.50	1.8	3.0	4.0	4				
FL57ST51-0856A	FL57ST51-0856B	6	0.85	7.1	9	4.97	6	110	0.60	0.35	51
FL57ST51-0426A	FL57ST51-0426B	12	0.42	29	36	4.97	6				
FL57ST51-2804A	FL57ST51-2804B	2.38	2.8	0.85	2.1	6.9	4				



Rys.8. Widok całego układu sterownika: panel kontrolny, stopień mocy, część cyfrowa.

6. WNIOSKI

Założenia postawione na początku projektu zostały spełnione. Uzyskano sterownik uniwersalny, którego funkcjonalność można zwiększyć programowo (program mikrokontrolera) oraz sprzętowo (dodatkowe peryferia i układy). Możliwość samodzielnego wykonania sterownika pozwoliła zebrać nowe doświadczenie związane z odpowiednim doborem elementów elektronicznych, wykorzystaniem oprogramowania do projektowania układów drukowanych a także korzystania z danych aplikacyjnych elementów w celu odpowiedzi na pytania i problemy, które rodziły się w trakcie tworzenia sterownika.

Kolejny etap projektu nie jest jeszcze w pełni określony. Planujemy kierować nasze kolejne kroki w stronę optymalizacji działania układu – przeprowadzeniu pomiarów prądu i napięcia uzwojeń w czasie pracy i zweryfikowaniu go z przebiegami modelowymi. To pozwoli stwierdzić na ile wykorzystane elementy zapewniają poprawną pracę układu, a które należy zmienić. Inną drogą jest rozwinięcie oprogramowania, zastosowanie innych algorytmów do sterowania, np. sterowanie mikrokrokowe – które pozwala jeszcze bardziej wykorzystać możliwości silnika krokowego.