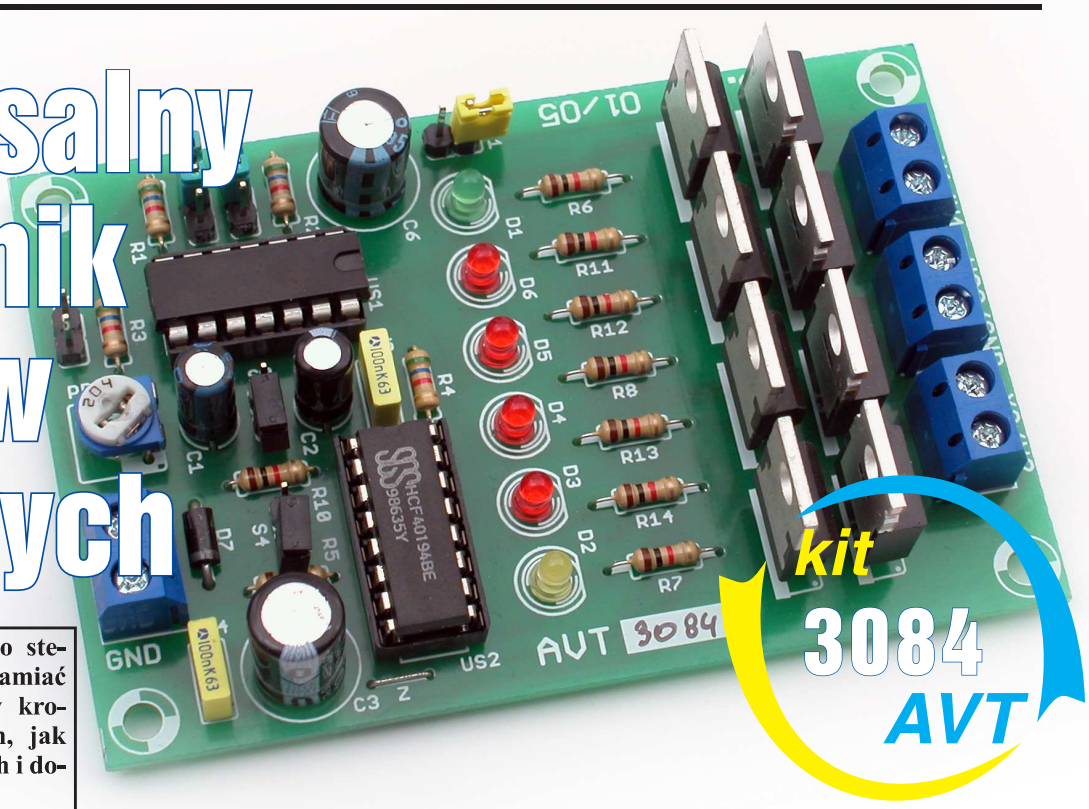
Uniwersalny sterownik silników krokowych



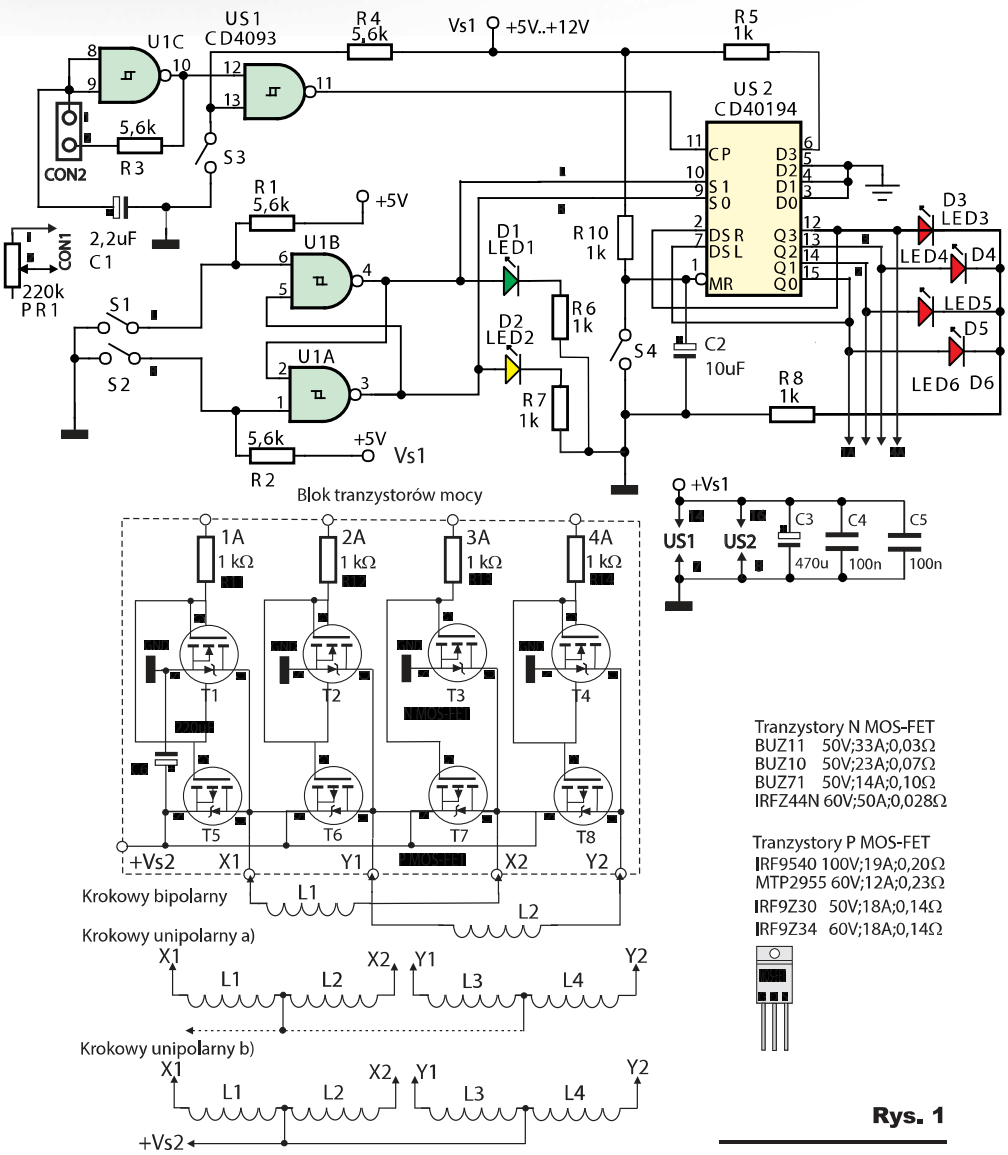
Jest to opis niezwykle prostego sterownika pozwalającego uruchamiać większość dostępnych silników krokowych zarówno unipolarnych, jak i bipolarnych. Składa się z tanich i dostępnych elementów.

Na łamach czasopism o tematyce elektronicznej możemy spotkać wiele opisów układów sterujących silnikami krokowymi, ale opisany dalej jest jak się wydaje dość ciekawy ze względu na bardzo prosty układ, niski koszt elementów składowych i możliwości rozbudowy. Wadą natomiast jest praca wyłącznie z tzw. pełnym krokiem, co w wielu amatorskich zastosowaniach nie ma większego znaczenia. Opisana konstrukcja powstała początkowo jako układ eksperymentalny „na desce", ale ponieważ pokazała się dość uniwersalna, przybrała postać urządzenia finalnego (**fotografia wstępna**). Sterownik ten pozwala na pracę z czterofazowymi silnikami krokowymi bipolarnymi i unipolarnymi bez żadnych zmian układowych. Jednak ze względu na trochę nietypowy sposób sterowania silnikami krokowymi konstrukcję należy traktować eksperymentalnie, a nawet jako „pomoc naukową".

Opis układu

Jak widać ze schematu ideowego przedstawionego na **rysunku 1**, układ sterownika składa się z dwóch bloków: generatora impulsów sterujących i bloku tranzystorów mocy. Na schemacie zostały one celowo rozdzielone dla większej przejrzystości, ale również ze względów praktycznych, gdyż blok tranzystorów mocy może być z powodzeniem wykorzystany w innych zastosowaniach, co stwierdzono praktycznie.

Prostokątne impulsy sterujące wytwarzane są przez generator składający się



Rys. 1

z jednej linearyzowanej bramki NAND z układem Schmitta U1C. Częstotliwość impulsów zależy od stałej czasu(R3+PR1)C1 i może być zmieniana w szerokich granicach w zależności od potrzeby. Druga bramka U1B stanowi klucz start-stop. Pozostałe dwie bramki układu scalonego US1 (CD4093) stanowią prosty przerzutnik R-S, którego wyjścia sterują pracą następnego układu scalonego US2 (CD40194). Jest to archaiczny jak na dzisiejsze czasy układ, ale dość uniwersalny 4-bitowy dwukierunkowy rejestr przesuwny (schift register).

Tabela 1 przedstawia „tabelę prawdy" pokazującą, jak impuls zegarowy generatora (CLOCK -CP) i stany na pozostałych wejściach wpływają na wyjścia Q0...Q3 układu US2.

Wynika z niej w sposób oczywisty zasada pracy tego układu. Najważniejsze są wejścia sterujące S0 i S1, które ustawiają stan rejestru wyjścia oraz przełączają kierunek obrotów silnika, zmieniając kierunek przesuwania rejestru. Stan rejestru wynika z układowego zaprogramowania jego czterech wejść danych D0...D3. Można eksperymentować z innym ustawieniem rejestru niż jest to pokazane na rysunku 1.

Działanie bloku tranzystorów mocy w zasadzie wyjaśnia **tabela 2**.

CONTROL TRUTH TABLE FOR CD40194 SERIES

CLOCK	RODZAJ PRACY S0	S1	$\overline{MR}$	DZIAŁANIE
X	0	0	1	Bez zmian
□	1	0	1	Przes. w prawo (Q0 do Q3)
□	0	1	1	Przes. w lewo (Q3 do Q0)
□	1	1	1	Ładowanie równoległe
X	X	X	0	Reset

1 = Stan wysoki (H)
0 = Stan niski (L)

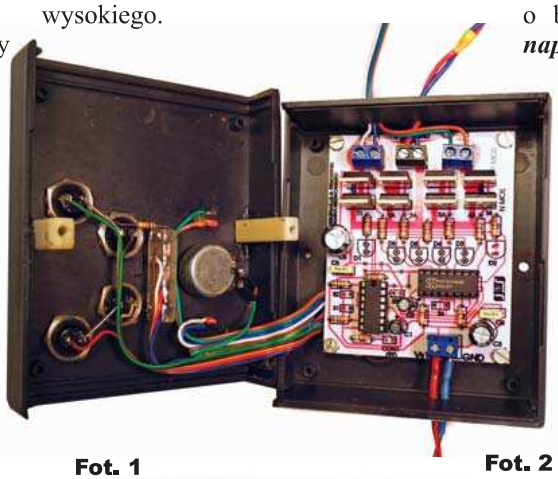
x= Stan dowolny

Tab. 1

	STAN WEJŚĆ				STAN WYJŚĆ				STAN WYJŚĆ			
	1A	2A	3A	4A	X1	Y1	X2	Y2	X1	Y1	X2	Y2
Krok 1	+				0	0	+	0	0	+	+	+
Krok 2		+			0	0	0	+	+	0	+	+
Krok 3			+		+	0	0	0	+	+	0	+
Krok 4				+	0	+	0	0	+	+	+	0
	[redacted]				[redacted]				[redacted]			

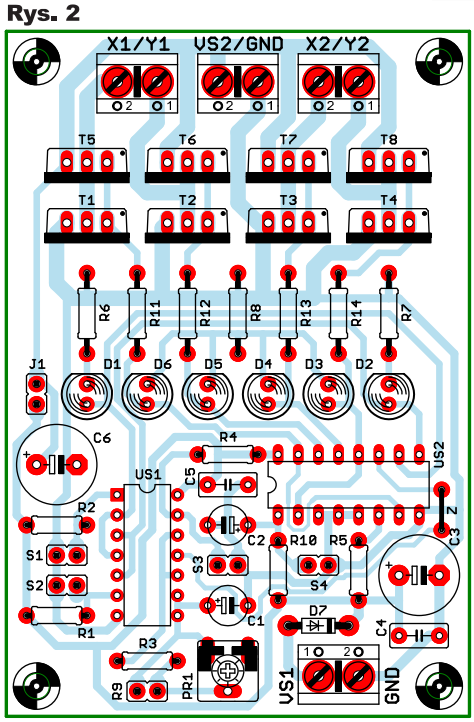
Tab. 2

Cztery klucze komplementarne pracują dwustanowo, gdyż wyjścia przybierają wartość Vs2 bez wysterowania i 0V (lub blisko zera) po podaniu na wejście stanu wysokiego.

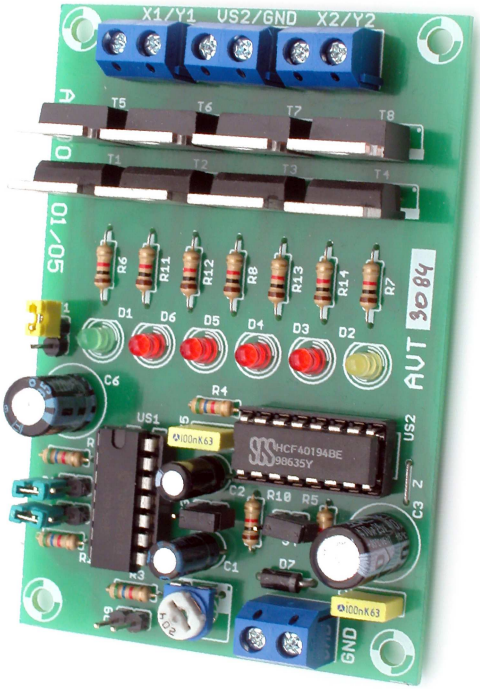


Fot. 1

Fot. 2



Rys. 2



Montaż i uruchomienie

Układ elektroniczny został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 65mm/80mm przy zastosowaniu elementów przewlekanych tak jak na **rysunku 2** i na **fotografii 1**. Ze względów praktycznych wszystkie włączniki (monostabilne chwilowo zwierne) i potencjometr regulacji obrotów można zamontować w dowolnej obudowie (np. Z-5) lub osobnej płytce, co czyni urządzenie bardziej uniwersalnym. Wszystkie diody LED spełniają funkcje kontrolne i mogą być wlutowane do płytki drukowanej (fotografia 1) lub umieszczone na obudowie. Takie rozwiązanie ma jedną wadę – wymaga kilkunastu dodatkowych przewodów jak widać na **fotografii 2**.

Układ prawidłowo zmontowany działa natychmiast i nie wymaga żadnej regulacji.

Przed uruchomieniem należy podłączyć odpowiednie zasilacze, pamiętając o bardzo ważnej sprawie, mianowicie ***napięcie Vs2 nie może być większe od Vs1,*** gdyż wtedy następuje przepolaryzowanie napięć zaporowych na przewodzenie i klucze tranzystorowe są zwarte.

Napięcie zasilania generatora Vs1 może zawierać się w szerokich granicach (5V...12V) i jest niezależne od napięcia zasilającego blok wykonawczy Vs2, oczywiście przy spełnieniu warunku Vs1>=Vs2. Jeśli te napięcia są sobie równe, to można zasilać tylko z Vs2, a zworę Z należy wtedy zewrzeć. Jest to rozwiązanie bezpieczne ze względu na warunek Vs1>=Vs2 i w przypadku, gdy to napięcie będzie wynosić 5V, jako US2 można zastosować CD74HCT194.

Prąd pobierany przez generator nie zależy praktycznie od prędkości obrotowej silnika i wynosi odpowiednio dla 5V 5mA, a dla 12V 18mA.

Jak widać ze schematu na rysunku 1, obydwa rodzaje silników pracują w podobnym układzie.

W przypadku silników unipolarnych (wersja a) wiąże się to ze stratą mocy, gdyż zasilanie napięciem dodatnim odbywa się poprzez połówkę uzwojenia. Po zastosowaniu podwójnego napięcia Vs2 silnik pracuje zupełnie zadowalająco. W praktyce oznacza to, że połączenie środków cewek do Vs2 w tej wersji mija się z celem, ale warunek napięciowy nadal obowiązuje.

W wersji b natomiast silnik pracuje w układzie klasycznym i blok tranzystorów mocy nie wymaga zasilania napięciem Vs2. W tym przypadku można oczywiście zrezygnować z tranzystorów P MOSFET (T5–T8), reszta układu pozostaje bez zmian, a warunek wartości napięć nie obowiązuje.

Należy jeszcze wyjaśnić kwestię diod zabezpieczających tranzystory przed przepięciami. Na schemacie ich brak, ponieważ zastosowane tranzystory mocy mają wbudowane diody rewersyjne.

Po włączeniu zasilania następuje automatyczny RESET (kondensator C2) kasujący przypadkowe ustawienia rejestru. Wciśnięcie jednoczesne przycisków S1, S2 powoduje wpisanie do rejestru jednego stanu wysokiego i wyzerowanie pozostałych (tabela 2). Można oczywiście eksperymentować z innymi ustawieniami rejestru. Zwalniając przycisk LEWO lub PRAWO, uruchamiamy obroty silnika, gdyż stan wysoki na wyjściach Q0–Q3 przesuwa się tak, jak wynika to z tabeli 1. Przytrzymując wciśnięte przyciski S1 i S2, można jednocześnie wcisnąć STOP S3 i ustawić dowolnie kierunek. Uruchomienie silnika nastąpi po zwolnieniu STOPu. Wciśnięcie S4 (RESET) przywraca początkowy stan sterownika .

Akcja \ LED	L	P	KROK			
Włącz. Vs1	●	lub ●	○	○	○	○
Lew + Pra	●	●	○	○	○	●
Stop	●	lub ●	●	lub ●	lub ●	lub ●
Reset	●	lub ●	○	○	○	○
Praca P	○	●	●	→	→	→
Praca L	●	○	←	←	←	●

Tab. 3

Działanie kontrolnych diod LED sterownika zostało schematycznie przedstawione w **tabeli 3.**

W przypadku silników bipolarnych początek pierwszego uzwojenia jest zwykle oznakowane. Przyjmując za początek X1, a za koniec X2, po podłączeniu wg schematu obroty będą zgodne z oznaczeniami na rysunku 1. W innym przypadku dla zapewnienia zgodności kierunku obrotów i prawidłowości działania należy doświadczalnie dobrać kolejność podłączenia wyprowadzeń silnika. Przy wyborze tranzystorów mocy należy kierować się zasadą aby rezystancja Rds była mniejsza lub równa 0,2Ω.

W Elportalu, wśród materiałów dodatkowych do tego numeru, można znaleźć rysunek płytki.

Jacek Sawicki
jotes@interia.pl

Wykaz elementów

R1,R2,R3,R4 ..... 5,6kΩ
R5,R6,R7,R8,R10..... 1kΩ
R11,R12,R13,R14 ..... 1kΩ
PR1 ..... Potencjometr 220kΩ
C1 ..... 2,2 μF/25V
C2 ..... 10μF/25V
C3 ..... 470μF/25V
C4,C5 ..... 100nF/63V
C6 ..... 220μF/35V
US1 ..... CD4093
US2.. CD40194 (lub CD74HCT194 wg opisu)
T1, T2, T3, T4 ..... BUZ11 (lub wg opisu)
T5,T6,T7,T8 ..... IRF9540 (lub wg opisu)
D1,D2,D3,D4,D5,D6 ....diody LED(ϕ3 lub ϕ5)
D7 ..... 1N4007
S1,S2,S3,S4 .... włączniki monostabilne zwierne dowolnego typu
Obudowa dowolna (ew. Z-5)

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3084.