

Sterownik serwomechanizmów

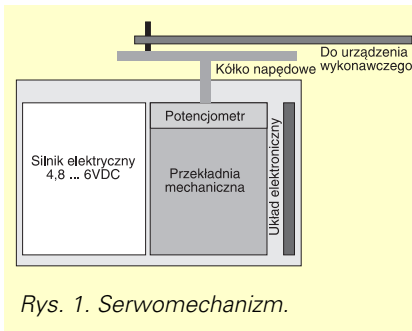
Tym razem Autor zaprasza Czytelników na niebezpieczną wyprawę. Udamy się na teren bagnisty i grząski, gdzie słońce nigdy nie wschodzi, a ziemia usiana jest kośćmi śmiazków, którzy niebacznie zapuścili się na ten opuszczony przez bogów i ludzi obszar. Sytuacja nie jest jednak beznadziejna i należy mieć nadzieję, że nasze kości nie będą białe obok szczątków innych elektroników, którzy prowadzili nierówną walkę z... mechaniką! Wygraliśmy już przecież jedną bitwę: walkę o skonstruowanie napędu do pojazdów mechanicznych nie wymagającego stosowania skomplikowanej przekładni.

Na początku roku 1997 możemy bez przesady stwierdzić, że konstruowanie układów elektronicznych przestało być większym problemem. Zaprojektować możemy praktycznie każdy układ elektroniczny, realizujący dowolne funkcje. Ważny jest tylko ciekawy pomysł, a reszta to już rutynowe prace projektowe.

Każde urządzenie elektroniczne musi jednak do czegoś służyć, choćby do robienia dowcipów. Musi posiadać jakieś wejścia i wyjścia służące wprowadzaniu danych i prezentacji efektów pracy układu. Najczęściej nie mamy z tym większych kłopotów. Na rynku dostępne są wszelkiego rodzaju klawiatury, wyświetlacze, przetworniki elektroakustyczne, wystarczy tylko odpowiednio połączyć kabelki. Kłopoty zaczynają się w momencie, kiedy efektem pracy układu elektronicznego ma być działanie mechaniczne: poruszanie "czegoś". Weźmy najprostszy przykład: chcemy zbudować model samochodu lub statku. Nie jest na razie istotne, czy nasz model będzie sterowany drogą radiową, podczerwienią czy też najprostszą metodą: kablem. W każdym wypadku musimy drogą elektroniczną przekazać do modelu informacje o kącie, pod jakim musi zostać ustawiony mechanizm skrętny kół lub ster kierunku. Informacje takie przekazać łatwo, ale co ma poruszać mechanizmy wykonawcze? Co ma ustawić np. ster wysokości w modelu samolotu? Musi to być wyko-

nane z wielką precyzją i praktycznie bez jakiegokolwiek opóźnienia. Mechanizm wykonawczy musi się poruszyć o dokładnie taki sam kąt, o jaki przesunęliśmy manipulator w nadajniku. Albo inny przykład: chcemy zdalnie sterować kamerą video podczas wykonywania zdjęć przyrodniczych, lub też poruszać kamerą w systemie dozoru. Samodzielne wykonanie potrzebnych nam układów mechanicznych raczej nie wchodzi w grę, chyba że ktoś jest fanatycznym wielbicielem mechaniki precyzyjnej i posiada odpowiednio wyposażoną pracownię. Na szczęście takie układy mechaniczne są od dawna produkowane seryjnie i można je bez większych problemów nabyć za niewygórowaną cenę. Są to serwomechanizmy modelarskie.

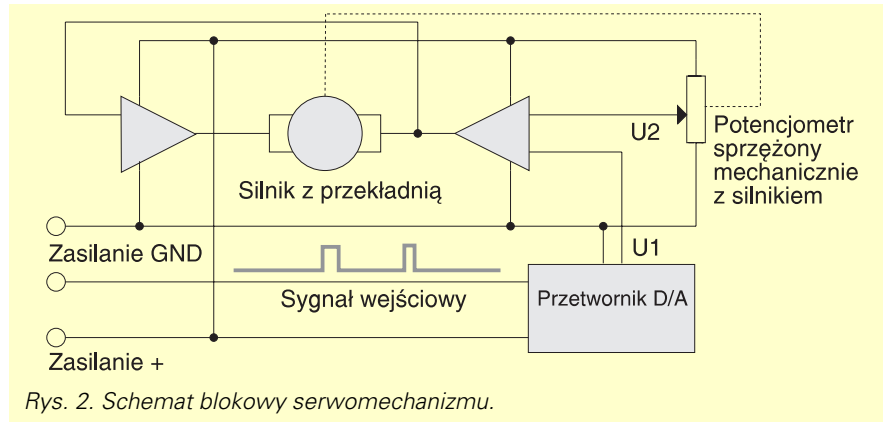
Kolegów, którzy zajmują się także modelarstwem, autor prosi o opuszczenie poniższego fragmentu artykułu, ponieważ będzie w nim mowa o sprawach doskonale im znanych. Natomiast tych Czytelników, którzy dotąd nie zetknęli się z tymi niezmiernie użytecznymi elementami zapraszam do lektury. Autor ma zamiar wyjaśnić zasadę działania serwomechanizmu, w skrócie omówić zasady ich stosowania i oczywiście zaproponować prosty układ elektroniczny sterujący dwoma serwami. Układ ten został zaprojektowany jako sterownik mechanizmu pozycjonującego kamerę telewizyjną przemysłowej w systemie nadzoru, ale może znaleźć także inne zastosowania.



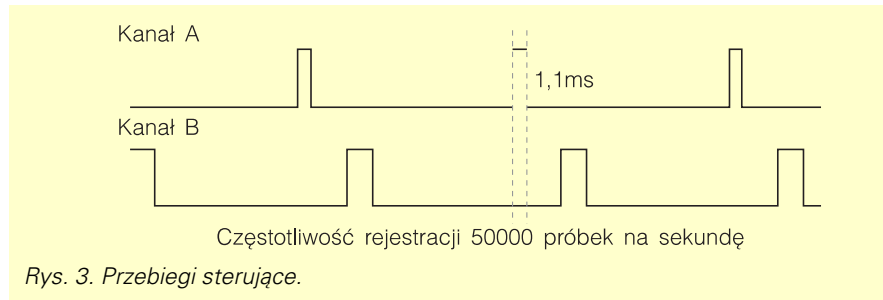
Czym jest więc ten tak reklamowany przez autora serwomechanizm? Produowane są serwomechanizmy różnych typów: od potężnych urządzeń do zastosowań przemysłowych, skomplikowanych siłowników napędzających stery samolotów w systemie "FLY BY WIRE", aż po proste i tanie serwa modelarskie. Na fotografii pokazano właśnie taki serwomechanizm: urządzenie wielkości pudełka zapalnek, zaopatrzone w ruchome kółeczko i kabelek zasilający.

Serwomechanizm modelarski składa się z następujących bloków funkcjonalnych (patrz **rysunek 1**):

1. Silnika napędowego. Jest to silnik komutatorowy prądu stałego, pracujący w zakresie napięć od 4,8 do 6VDC. Pomimo niepozornych wymiarów silnik taki wyróżnia się bardzo starannym wykonaniem i bardzo wielką sprawnością. Zastosowanie takiego właśnie silnika jest konieczne, ponieważ serwo musi pracować z dużą prędkością i jednocześnie wytwarzać duży moment obrotowy, czyli spełniać dwa, sprzeczne ze sobą warunki.
2. Przekładni mechanicznej. Jest to po prostu zespół kółek zębatych wykonanych najczęściej z wysokiej jakości tworzywa sztucznego. Zadaniem przekładni jest redukcja wysokich obrotów silnika i zapewnienie dużego momentu obrotowego serwa.



Rys. 2. Schemat blokowy serwomechanizmu.



Rys. 3. Przebiegi sterujące.

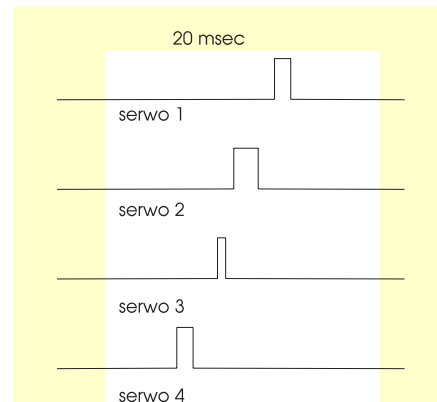
3. Potencjometru osadzonego bezpośrednio na wale napędzającym mechanizmy wykonawcze. Napięcie na środkowej nóżce potencjometru jest ściśle proporcjonalne do kąta pod jakim aktualnie ustawione jest kółko sterujące mechanizmem wykonawczym.
4. Układu elektronicznego zrealizowanego z zasady na jednym, wyspecjalizowanym układzie scalonym. Zadaniem "elektronicznego serca" serwa jest porównanie napięcia otrzymywanego z potencjometru z napięciem otrzymanym po przetworzeniu informacji podanej na wejście układu (np. z odbiornika radiowego) i takie sterowanie kierunkiem obrotów silnika, aby te napięcia były równe. Jest to klasyczny przykład sprzężenia zwrotnego, równie "podręcznikowy" jak regulator Watta. Na **rysunku 2** pokazano schemat blokowy serwomechanizmu, ale dla nas najbardziej interesująca będzie informacja o rodzaju sygnału wejściowego, jaki musi zostać dostarczony na wejście serwa.

Przebieg tego sygnału został pokazany na **rysunku 3**. Został on zarejestrowany bezpośrednio z wyjścia odbiornika zdalnego sterowania za pomocą programu "Oscyloskop na PC" (błędna nazwa, jest to analizator stanów logicznych). Jak widać na rysunku, z odbiornika wysyłane są do serwomechanizmu w odstępach ok. 20ms krótkie impulsy dodatnie o czasie trwania od 1 do 2ms. Właśnie czas trwania tych impulsów decyduje o wartości napięcia porównywanego z napięciem otrzymywanym z potencjometru

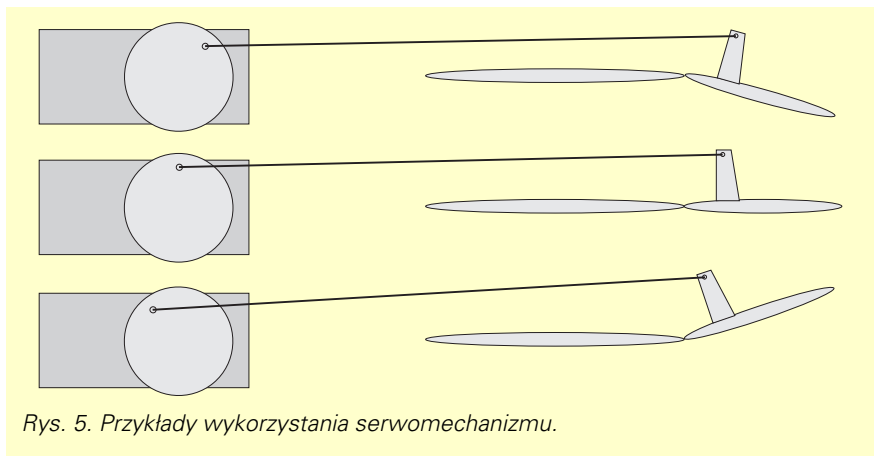
pomiarowego. Czasowe przesunięcie impulsów w dwóch kanałach jest w naszym układzie dziełem przypadku. Natomiast rysunek nieźle oddaje rzeczywiste przesunięcia czasowe, które występują w aparaturze radiowej do zdalnego sterowania.

Wielu Czytelników z pewnością spyta, dlaczego impulsy sterujące nadawane są w tak dużych odstępach? Powód jest bardzo prosty: "pozostały" czas przeznaczony jest na przesłanie informacji do innych serwomechanizmów, co najlepiej ilustruje **rysunek 4**.

Największymi zaletami serwomechanizmu jest jego duży (kilka kilogramów) moment obrotowy i wielka szybkość działania. Można nawet zaryzykować stwierdzenie, że serwo reaguje bez opóźnień, ponieważ człowiek nie jest w stanie tak szybko przesunąć drążka



Rys. 4. Przebiegi przy sterowaniu kilkoma serwomechanizmami.



Rys. 5. Przykłady wykorzystania serwomechanizmu.

manipulatora, aby takie opóźnienie było zauważalne. Mechanizmy te cechuje z zasady duża trwałość i niezawodność. Od ich jakości zależy bowiem bezpieczeństwo modelu, którego wartość wynosi nieraz kilkanaście i więcej milionów starych złotych (nie licząc trudnej do oszacowania wartości ogromnego nakładu pracy włożonej w jego wykonanie)! Większość produkowanych współcześnie serwomechanizmów modelarskich posiada standardowe wymiary. Są one także z zasady zasilane z typowego (4,8...6VDC) napięcia zasilania i są sterowane w identyczny sposób. Zakres napięć zasilających wynika z faktu, że odbiorniki radiowe aparatury do zdalnego sterowania i serwomechanizmy zasilane są z zasady ze wspólnego źródła, którym są cztery baterie R6 lub cztery akumulatory NiCd.

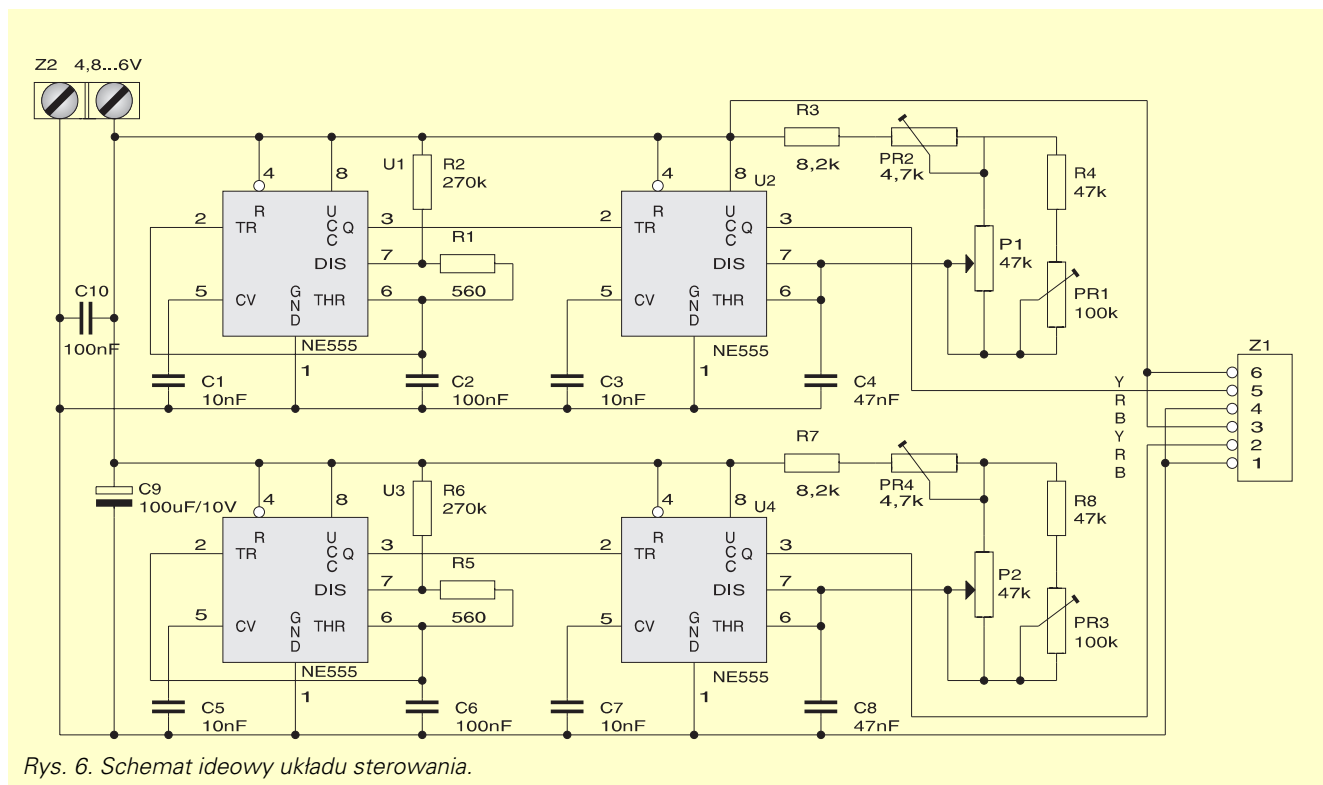
Jak należy stosować te niezwykle ciekawe urządzenia? Nie będziemy tu zajmować się rozwiązywaniem problemów mechanicznych i podamy jedynie prosty przykład, pozostawiając szczegółowe rozwiązanie wyobraźni Czytelników. Na **rysunku 5** pokazano chyba najbardziej typowe zastosowanie serwa do napędu steru kierunku samolotu lub statku. Rysunek nie wymaga chyba komentarza, może z wyjątkiem stwierdzenia, że zamiast steru może być przez serwo sterowana np. ręka robota.

Warto jeszcze wspomnieć o nietypowym, ale bardzo ciekawym zastosowaniu serwa. Otóż w większości tych mechanizmów możliwe jest usunięcie potencjometru i blokady uniemożliwiającej obrót kółka napędowego o kąt większy niż ok. 270°. Co nam daje taka przeróbka? W jej wyniku otrzymujemy doskona-

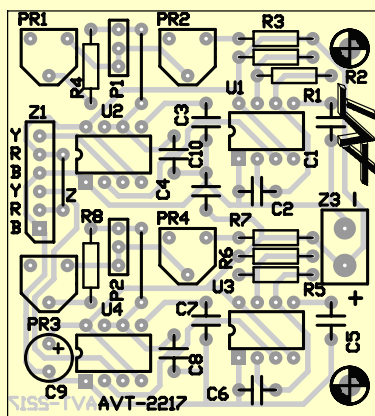
lej jakości kompletny układ napędowy do modeli pojazdów! Oczywiście układ elektroniczny sterujący pracą serwa nie jest wtedy potrzebny, ponieważ silnik dołączamy bezpośrednio do zasilania (można tu wykorzystać moduł sterownika silników prądu stałego wchodzący w skład kitu AVT-2047). Jakże zalety i jakie wady w porównaniu z silnikiem krokowym ma taki napęd? Autor pozostawia rozstrzygnięcie tej sprawy Czytelnikom. Jedno jest pewne: uszkodzonych serwomechanizmów nie należy nigdy wyrzucać! W przypadku awarii elektroniki wykorzystamy zawsze silnik z przekładnią, a w razie uszkodzenia elementów mechanicznych dla części elektronicznej zawsze znajdziemy ciekawe zastosowania. Większość serwomechanizmów potrzebnych do testów i badań niezbędnych do napisania tego artykułu autor otrzymał od kolegi z redakcji Młodego Technika. Jest on modelarzem specjalizującym się w akrobacji samolotowej i należy w tej dziedzinie do ścisłej światowej czołówki. Serwa całkowicie dla niego bezużyteczne, nadające się jego zdaniem jedynie do wyrzucenia, okazały się pełnowartościowymi urządzeniami dla nas, profanów.

Czas wreszcie przejść od teorii do praktyki i zaproponować Czytelnikom budowę chyba najprostszego z możliwych sterownika serwa, a właściwie dwóch serwomechanizmów. Układ został zaprojektowany z myślą o zastosowaniu do zdalnego (jak na razie z wykorzystaniem kabla) pozycjonowania kame-

C
M
Y
K



Rys. 6. Schemat ideowy układu sterowania.



Rys. 7. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

ry video zamocowanej na kolejnym wcieleniu raabowozu. Może on jednak zostać użyty do zupełnie innych celów, wszędzie tam, gdzie potrzebne jest płynne i szybkie obracanie jakimś elementem mechanicznym.

Opis układu

Schemat elektryczny układu pokazany został na **rysunku 6**. Oczywiście, znowu NE555 i to aż cztery kostki! Od razu wiadomo, kto ten układ projektował! Ale bądźcie sprawiedliwi, Drodzy Czytelnicy, czy w inny sposób można było zrealizować ten układ prościej i taniej? NE555 to naprawdę wspaniały układ i nie jest przesadą twierdzenie, że potrafi on prawie wszystko.

Jak już wspomnieliśmy, zadaniem naszego układu będzie wysyłanie do serwomechanizmu impulsów o regulowanym czasie trwania 1...2ms w odstępach co 20ms. Tę właśnie funkcję realizuje proponowane urządzenie. Ponieważ składa się ono z dwóch identycznych bloków funkcjonalnych, po jednym dla każdego z serwomechaniz-

mów, omówimy działanie tylko jednego z nich.

Zadaniem generatora multistabilnego zrealizowanego na układzie U1 jest generowanie krótkich impulsów w odstępach co 20ms. Impulsy te wyzwalają generator monostabilny - U2. Czas trwania impulsów generowanych przez ten układ jest zależny od aktualnej wartości połączonych szeregowo - równolegle rezystancji R3, R4, PR1, PR2 i P1. Potencjometry montażowe służą do jednorazowego ustawienia zakresu zmian regulacji długości impulsów wyjściowych. Natomiast potencjometr P1 jest właściwym elementem sterującym. Od jego położenia zależęć będzie kąt pod jaki zostanie ustawiony mechanizm wykonawczy serwomechanizmu. W układzie modelowym sygnały sterujące przekazywane były do serwomechanizmów drogą przewodową. Można pomyśleć o zastosowaniu transmisji innego rodzaju, ale opisany układ nie bardzo nadaje się do współpracy z nadajnikami radiowymi czy też aparaturą sterującą pracującą w podczerwieni. Układ aparatury zdalnego sterowania z możliwością przesłania informacji do czterech serwomechanizmów jest obecnie opracowywany i zostanie opublikowany w jednym z najbliższych numerów EdW. To chyba wszystko, co można powiedzieć o tak prostym układzie.

Montaż i uruchomienie

Mozaika ścieżek płytki drukowanej układu została pokazana na wkładce, a rozmieszczenie elementów na **rysunku 7**. To, co widzimy na rysunku, odbiega nieco od wyglądu prototypu pokazanego na fotografii. Dwa złącza typu ARK2 zostały zastąpione jednym złączem typu goldpin. Umożliwia to wygodniejsze dołączenie serwa do układu za pośrednictwem typowej wtyczki. Montaż wykonujemy w sposób tradycyjny, rozpoczynając od elementów najmniejszych, czyli

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- PR1, PR3: 100k Ω
- PR2, PR4: 4,7k Ω
- P1, P2: 47k Ω /A obrotowy
- R1, R5: 560 Ω
- R2, R6: 270k Ω
- R3, R7: 8,2k Ω
- R4, R8: 47k Ω

Kondensatory

- C1, C3, C5, C7: 10nF
- C2, C4, C6, C8, C10: 100nF
- C9: 100 μ F/16V

Półprzewodniki

- U1...U4: NE555

Różne

- Z1: 6 goldpin jednorzędowy
- Z2: ARK2

jąc od elementów najmniejszych, czyli od wlutowania zworki oznaczonej na stronie opisowej literą Z. Serwomechanizmy dołączamy do układu za pośrednictwem złącza typu goldpin - Z1. Aby uniemożliwić ewentualną pomyłkę kolorów przewodów zasilających serwa zostały odpowiednio oznaczone na płytce (B - czarny, R - czerwony, Y - żółty). Układ nie wymaga uruchamiania, lecz tylko prostej regulacji. Potencjometrami montażowymi regulujemy układ tak, aby w skrajnych położeniach potencjometrów P1 i P2 kółka serwomechanizmów przyjmowały także skrajne położenie.

Układ modelowy zmontowano we współpracy z serwomechanizmem RS2001MG (PRAFA).

Jeżeli poruszony w tym artykule temat spotka się z zainteresowaniem Czytelników, AVT dołoży starań aby serwomechanizmy modelarskie znalazły się w jej ofercie handlowej.

Zbigniew Raabe