

kit

2059

AVT

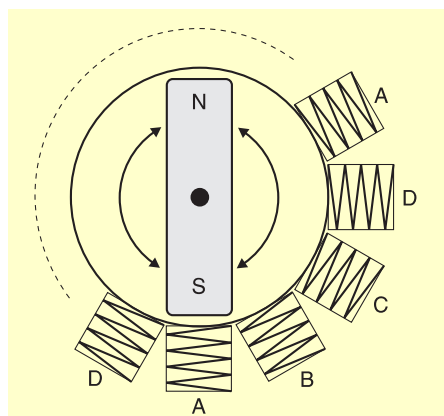
Sterownik silników krokowych do napędu modeli

Ci spośród Czytelników, którzy łaskawie zechcieli przeczytać artykuł na temat programowalnego sterownika do zabawek (AVT-2047) z pewnością byli zawiedzeni brakiem propozycji rozwiązań mechaniki, lecz autor do niedawna nie był całkowicie pewien, czy uda mu się do końca zrealizować swoje plany i czy elektryczny układ napędowy do modeli nie wymagający stosowania przekładni mechanicznej rzeczywiście powstanie. Obecnie stało się to faktem: urządzenie takie zostało skonstruowane, przetestowane i za chwilę jego opis prześlemy Czytelnikom.

Wyjaśnijmy sobie jednak od razu pewne sprawy: pojazd skonstruowany z wykorzystaniem nowego rodzaju napędu nie będzie (jak na razie) przeznaczony do bicia rekordów prędkości w kategorii modeli z napędem elektrycznym. Nie będzie to także (jak na razie) pojazd terenowy, pokonujący z pełnym obciążeniem wszelkie nierówności terenu. Modelarze interesujący się tego rodzaju konstrukcjami od dawna wiedzą, jaki napęd mają zastosować, i mają do dyspozycji silniki elektryczne o mocach setek watów wraz z odpowiednimi przekładniami, wszystko to za odpowiednio wysoką cenę. Natomiast proponowany układ napędowy przeznaczony jest do skonstruowania pojazdu, który "więcej będzie miał w głowie niż w mięśniach". Będzie to ruchoma platforma doświadczalna przeznaczona do przeprowadzania efektywnych eksperymentów z różnymi układami sterowania i automatyki. W zamian za rezygnację (jak na razie) z osiągania wielkich prędkości otrzymamy wręcz niewiarygodną precyzję manewrów, bezszelestną pracę układu napędowego i łatwość dołączania do niego dowolnych elektro-

nicznych układów sterujących, poczynając od prostego sterownika "na kablu" a kończąc na sterowaniu za pośrednictwem komputera z obustronnym przesyłaniem informacji. Tak więc rozpoczynamy nowy rozdział w konstruowaniu zabawek edukacyjnych - napęd mechaniczny już mamy!

Tym nowym (w konstrukcjach amatorskich, oczywiście) rodzajem napędu jest silnik skokowy, zwany popularnie krokowym. Jest to urządzenie znane od dawna i powszechnie stosowane. Jeżeli ktoś z Czytelników posiada w domu komputer PC, to jest jednocześnie posiadaczem co najmniej czterech takich silników, stosowanych w napędach dysków twardych i elastycznych. W każdej drukarce, ploterze (to temat na przyszłość - ploter i digitizer amatorski) także znajdują się co najmniej po dwa takie silniki. Stosowanie silników krokowych w konstrukcjach amatorskich było do niedawna ograniczone ich bardzo wysoką ceną. Obecnie, przy masowej produkcji, cena ta znacznie zmalała, a ponadto do naszych celów doskonale nadają się silniki starszej generacji, wycofywane już z pro-



Rys. 1. Zasada działania silnika krokowego.

dukcji, które można nabyć za bezcen na wyprzedających. Silnikami krokowymi warto się zająć jeszcze z innego powodu. Zdaniem autora jest to bowiem najbardziej przyszłościowy rodzaj napędu wszelkiego rodzaju pojazdów.

Opis układu

Czym właściwie jest taki silnik krokowy i jak działa? Na **rysunku 1** przedstawiono w poglądowy sposób zasadę jego działania. Rysunek ten niewiele ma wspólnego z rzeczywistym wykonaniem silnika i jego zadaniem jest wyłącznie pomoc w zrozumieniu zasady działania silnika krokowego. Rzeczywisty wygląd rozmontowanego silnika krokowego pokazano na fotografii.

Na rysunku wirnik silnika przedstawiono w postaci pojedynczego magnesu, a stojan jako krąg cewek ułożonych wokół niego. Zgodnie z zasadami fizyki przepływ prądu przez pierwszą cewkę spowoduje wytworzenie się wokół niej pola magnetycznego i ustawienie się ruchomego magnesu zgodnie z kierunkiem tego pola. Kolejne włączanie cewek spowoduje obracanie się wirnika z szybkością uzależnioną od częstotliwości przełączania cewek. Już w tym momencie spostrzegamy jedną z najważniejszych zalet silników krokowych: dla silnika takiego nie istnieje pojęcie najmniejszej prędkości obrotowej, przy której jest on jeszcze w stanie osiągnąć sensowny moment obrotowy. Silnik taki może obracać się praktycznie dowolnie wolno, oczywiście skokami (nie zawsze, niektóre nowoczesne sterowniki umożliwiają sterowanie silnika sygnałem sinusoidalnym). Prędkość obrotową takiego silnika możemy łatwo zmieniać i stabilizować z dowolną precyzją za pomocą niezbyt skomplikowanego układu elektronicznego. Dzięki zastosowaniu sterowników elektronicznych, także zmiana kierunku obrotów silnika nie jest problemem - po prostu zmieniamy kierunek cyklicznego włączania prądu płynącego przez kolejne

cewki. To co już wiemy o silniku krokowym wystarczy do skonstruowania prostego sterownika i zainstalowania układu w modelu. Z ciekawości i myśląc o kolejnych projektach przeanalizujemy jeszcze dwie sytuacje.

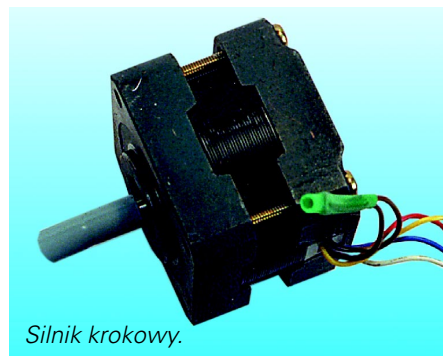
Co się stanie jeżeli prąd będzie płynął jednocześnie przez dwie sąsiadujące ze sobą cewki? To oczywiście: magnes ustawi się dokładnie pomiędzy tymi cewkami. Wynika z tego, że ilość kroków silnika możemy kosztem minimalnej komplikacji układu sterującego dwukrotnie zwiększyć.

Kolejne pytanie: co będzie jeżeli dwie sąsiednie cewki będziemy zasilali prądem o różnej wartości, a konkretnie ciągami impulsów o zróżnicowanym wypełnieniu? I znowu odpowiedź jest prosta: wirnik ustawi się pomiędzy cewkami w odległości proporcjonalnej do średniej wartości prądu płynącego przez każdą z nich. A zatem mamy kolejne spostrzeżenie do wykorzystania w przyszłych konstrukcjach: ilość kroków silnika możemy praktycznie dowolnie zwiększać i ustawiać jego wirnik w dowolnym położeniu z precyzją nieosiągalną dla innych silników.

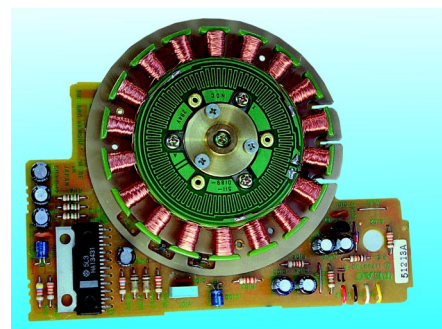
Silnik krokowy może także zostać unieruchomiony w dowolnym kroku przez włączenie zasilania jednej z cewek na stałe. Umożliwia to w zastosowaniu do napędu modeli skuteczne hamowanie pojazdu.

Jeżeli do tych spostrzeżeń dodamy fakt, że silnik krokowy może doskonale pracować "w drugim kierunku", działając jako prądnica i umożliwiając śledzenie jego poruszeń przez układy elektroniczne, to zobaczymy, jak wartościowym urządzeniem może być ten prosty mechanizm. W dodatku jest on praktycznie niezniszczalny, nie posiada bowiem żadnych elementów zużywających się podczas pracy.

Powyższy opis dotyczył silnika krokowego o najprostszej konstrukcji, wyposażonego w cztery uzwojenia. Silniki takie były stosowane w stacjach dysków elastycznych starszej generacji i obecnie są bardzo tanie i w miarę łatwo dostępne. Istnieją także inne typy silników krokowych wyposażonych w dwa uzwoje-



Silnik krokowy.



Silnik krokowy.

nia. Aby taki silnik wprowadzić w ruch, konieczne jest przełączanie biegunowości zasilania cewek, co w oczywisty sposób zwiększa komplikacje elektronicznego układu sterującego. Ponadto silniki takie, nowocześniejsze i znacznie sprawniejsze, są także znacznie droższe. Do naszej pierwszej konstrukcji i do eksperymentów z silnikami krokowymi wykorzystamy zatem silnik najtańszy i najprostszy. Jest to silnik wykorzystywany do przesuwania głowicy w stacji dysków elastycznych 360kB.

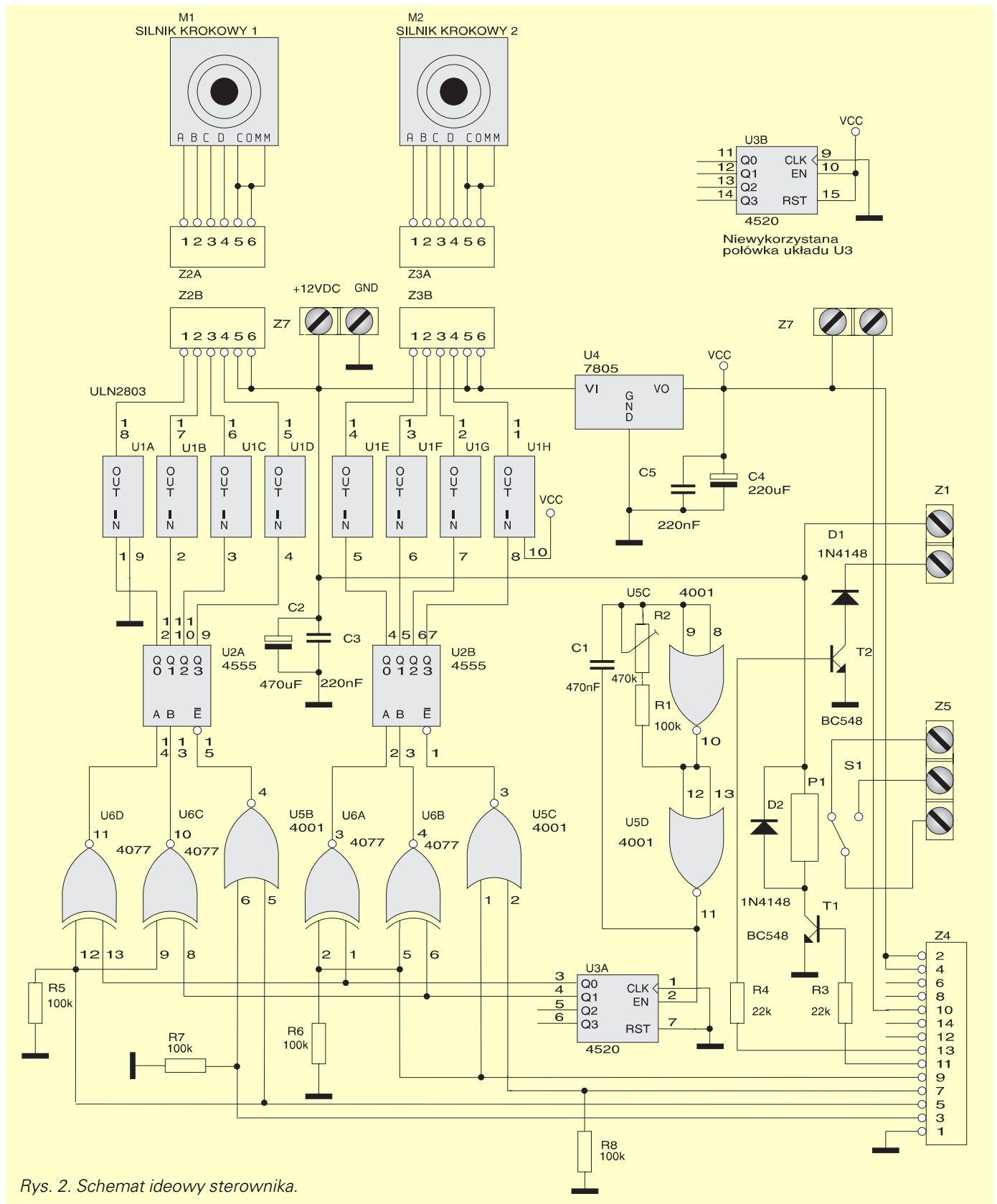
Sterownik silnika

Opracowując sterownik silnika, a właściwie dwóch silników krokowych, postawiliśmy sobie następujące założenia konstrukcyjne:

1. Układ musi umożliwić sterowanie dwoma silnikami krokowymi zapewniając zmianę kierunku ich obrotów i zatrzymywanie. Każdy z silników ma być sterowany niezależnie.
2. W celu uproszczenia układu regulacja prędkości obrotowej może być wspólna dla obu silników.
3. Układ musi współpracować z opisanym uprzednio programatorem do zabawek, umożliwiając stworzenie kompleksowego systemu sterowania modelami pojazdów kołowych.
4. Układ musi być maksymalnie prosty i tani, a jednocześnie posiadać walory edukacyjne.

Schemat proponowanego sterownika przedstawiony został na **rysunku 2**.

Analizę schematu rozpoczniemy "od końca" - od stopnia mocy sterującego silnikami. Jak wiemy, do wprowadzenia silnika krokowego w ruch potrzebne jest cykliczne włączanie prądu w kolejnych jego uzwojeniach. Jeżeli więc wspólne końce uzwojeń dołączymy do plusa zasilania, to wolne ich końce muszą być zwierane do mas. Najprościej byłoby więc użyć odpowiedniej ilości tranzystorów mocy właściwej dla danego typu silnika. Takie rozwiązanie byłoby jednak dość kosztowne i znacznie zwiększyłoby wymiary płytki obwodu drukowanego. Tak więc zastosujemy wprowadzenie osiem tranzystorów, osiem rezystorów ograniczających prąd bazy i tyleż diod zabezpie-



Rys. 2. Schemat ideowy sterownika.

czających tranzystory przed przebiegami, ale będą to elementy zawarte w strukturze jednego układu scalonego ULN 2803. Wprawdzie wydajność prądowa tej kostki znacznie przekracza nasze potrzeby, ale od przybytku głowa nie boli, a nasz sterownik będziemy mogli w przyszłości zastosować do zasilania

silników większej mocy. Jeden driver - układ ULN2803 zastosujemy do zasilania obydwóch silników. Następnym problemem do rozwiązania było cykliczne podawanie stanu wysokiego na wejścia drivera. Tu rozwiązaniem było proste: zastosowaliśmy dwa dekodery binarne "1 z 4" zawarte w strukturze kostki

4555. Podawanie na wejścia tego układu kolejnych liczb binarnych od 0(00_(BIN)) do 3 (11_(BIN)) spowoduje cykliczne przesuwanie się stanu wysokiego na wyjściach Q₀...Q₃ dekodera. Aby uzyskać zmianę kierunku obrotów silnika musimy na wejścia sterujące dekodera podać kody ukazane w tabeli 1.

Tab. 1.

Obroty zgodne z kierunkiem wskazówek zegara				
	Krok 1	Krok 2	Krok 3	Krok 4
A	0	1	0	1
B	0	0	1	1
Obroty przeciwnie do kierunku wskazówek zegara				
	Krok 1	Krok 2	Krok 3	Krok 4
A	1	0	1	0
B	1	1	0	0

Łatwo zauważyć, że aby uzyskać zmianę kierunku przesuwania się stanu wysokiego na wyjściach dekodera, wystarczy zanegować sygnał podawany na jego wejścia. No dobrze, ale jak to zrobić? I tu z pomocą przyszedł nam ciekawy i niejednokrotnie bardzo użyteczny element - bramka EXCLUSIVE-NOR. Na rysunku 3 widzimy symbol tej bramki i odnoszącą się do niej tabelę prawdy, z której wynika, że na wyjściu bramki EXCLUSIVE-NOR stan wysoki występuje wtedy i tylko wtedy kiedy stany logiczne na jej wejściach są sobie równe. Popatrzmy jeszcze chwile na tabelę: w pierwszych dwóch wierszach stan logiczny na wejściu A równy jest 0 a stan wejścia B przenoszony jest na wyjście Q w postaci zanegowanej. W wierszu 2 i 3 tabeli widzimy, że przy stanie wysokim na wejściu A sygnał z wejścia B przenoszony jest na wyjście bramki bez zmian. Zatem mamy element, o jaki nam chodziło: w zależności od stanu jednego z wejść bramka EXCLUSIVE-NOR działa jako inwerter lub przenosi sygnał cyfrowy bez zmian.

Na rysunku 4 przedstawiono schemat wyodrębnionego zespołu dwóch bramek i tabelę ilustrującą działanie tego układu.

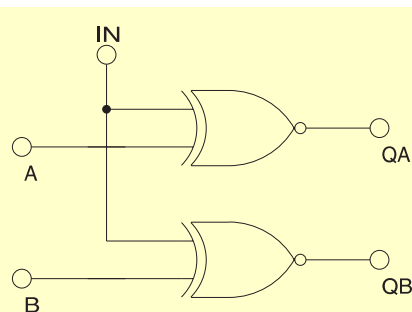
Reszta układu nie wymaga szczegółowego opisu. Licznik binarny U3A (4520) steruje za pośrednictwem opisanego układu bramek zawartych w kostce U5 wejściami dekodarów. Sygnał zegarowy wytwarzany jest przez prosty generator zbudowany na dwóch bramkach NOR: U5D i U5A. Częstotliwość pracy tego generatora możemy w szerokich granicach regulować za pomocą potencjometru montażowego R2. Przekaznik P1 i tranzystor T2 służą do uruchamiania dodatkowych elementów zamontowanych w modelu.

Napięcia zasilania i wszystkie sygnały sterujące pracą układu zostały doprowadzone do złącza Z4. Kolejność połączeń jest identyczna jak w opisanym uprzednio (EdW 6/96) programowanym sterowniku do zabawek i modeli, co umożliwi współpracę obydwu urządzeń. Złącze to stało się teraz dla nas pewnym standardem, wszystkie układy z serii "robotyki" są wyposażone w identyczne złącza, co zapewnia pełną kompatybilność wszystkich modułów. Do tego złącza można też



A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Rys. 3. Bramka EX-NOR.



Stan licz.			IN=1		IN=0	
	A	B	QA	QB	QA	QB
0	0	0	0	0	1	1
1	0	1	0	1	1	0
2	1	0	1	0	0	1
3	1	1	1	1	0	0

Rys. 4. Zespół bramek EX-NOR.

dołączyć układ klawiatury, także opisany w 6 numerze EdW.

Sprawdźmy jeszcze, czy w naszym układzie wszystko gra. Jako punkt wyjścia przyjmijmy stan spoczynkowy, w którym żaden z silników nie pracuje. Na wejściach sterujących pracą silników (2, 3, 4 i 5 na złączu Z4) panuje stan niski wymuszony przez rezystory R5...R8. Jeżeli teraz na wejście układu Z4 2 podamy stan wysoki (np. z programatora AVT-2047) to stan wysoki pojawi się na jednym z wejść bramki U5B. Jest to bramka typu NOR, na której wyjściu stan wysoki istnieje wtedy i tylko wtedy kiedy na obydwóch wejściach mamy stan niski. Tak więc na wyjściu tej bramki zostanie wymuszony stan niski i w konsekwencji uaktywni się dekodery U2A. Stan wysoki z wejścia 2 Z4 przekazany został także na połączone ze sobą wejścia bramek U6A i U6B. Zgodnie z tabelą przedstawioną na rys. 4 stany logiczne z pozostałych wejść tych bramek przenoszone są na wyjścia bez zmian. Do wejść U6A 2 i U6B 6 dołączone są wyjścia licznika binarnego U3A i stany z tych wyjść przekazywane są teraz na wejścia dekodera U2A, który wysterowuje wejścia drivera U1. Uzwojenia silnika są kolejno zwierane do masy i silnik zaczyna obracać się w kierunku zgodnym z wskazówkami zegara (umownie). Jeżeli teraz stan wysoki pojawi się na wejściu 3 Z4 to stan niski z wyjścia bramki U5B także uaktywni de-

kodek U2A. Natomiast połączone ze sobą wejścia bramek U6A i U6B pozostaną w stanie niskim wymuszonym przez rezystor R5. W konsekwencji tego sygnał z wyjść licznika U3A będzie przekazywany na wejścia dekodera w postaci zanegowanej i silnik będzie się obracał przeciwnie do kierunku wskazówek zegara (oczywiście także umownie).

Efektów uaktywnienia stanem wysokim wejść 4 i 5 Z4 nie ma sensu opisywać, ponieważ będą one identyczne, ale odnoszące się do drugiego silnika.

Układ nie posiada żadnych zabezpieczeń przed omyłkowym włączeniem silnika w obu kierunkach naraz. W przeciwieństwie do sterownika AVT-2047 nie grozi to bowiem żadnymi przykrymi konsekwencjami, a uważni Czytelnicy proszeni są jedynie o przeanalizowanie takiej sytuacji.

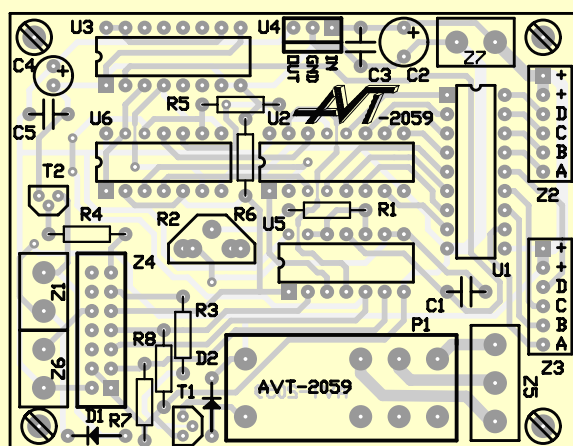
Rola i sposób sterowania przekaźnikiem PK1 i tranzystorem T2 służącymi do włączania urządzeń dodatkowych w modelu nie wymaga komentarza.

Montaż i uruchomienie

Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej przedstawia rysunek 5. Sposób montażu nie odbiega niczym od montażu wszelkich innych układów elektronicznych i nie ma sensu zbyt się nad nim rozwodzić. Autor przypomina jedynie Czytelnikom o użyteczności podstawek pod układy scalone. Problemy mogą powstać jedynie przy dołączaniu silników krokowych. W większości wypadków, kiedy zastosujemy typowe silniki od stacji dysków 360kB, po prostu wystarczy dołączyć silnik do złącz wykonanych z 6 goldpinów, tak, aby zwarte ze sobą końce jego uzwojeń połączone zostały z plusem zasilania. Jeżeli jednak będziemy mieli silnik, którego układu wyprowadzeń nie znamy, to będziemy musieli za pomocą omiornierza ustalić, które końce uzwojeń są ze sobą zwarte i następnie dołączyć je do plusa zasilania. Kolejność uzwojeń trzeba będzie w takim wypadku ustalić doświadczalnie, co możemy uczynić bez obaw o uszkodzenie silnika lub sterownika. Przy nieprawidłowej kolejności dołączenia uzwojeń silnik po prostu się nie obraca, a jedynie wibruje.

Układ sterownika nie wymaga uruchamiania a jedynie prostej regulacji częstotliwości pracy generatora z U5A i U5D, której możemy dokonać za pomocą potencjometru montażowego R2. Jak wiadomo, nie ma żadnych ograniczeń częstotliwości minimalnej. Natomiast przy jej zwiększaniu ponad dopuszczalną granicę silnik znacznie traci moc, a w skrajnym przypadku zatrzyma się wpadając w wibrację (niegroźne dla silnika).

Ostatnia, bardzo ważna i z konieczności skrótowo omówiona sprawa: bu-



Rys. 5. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

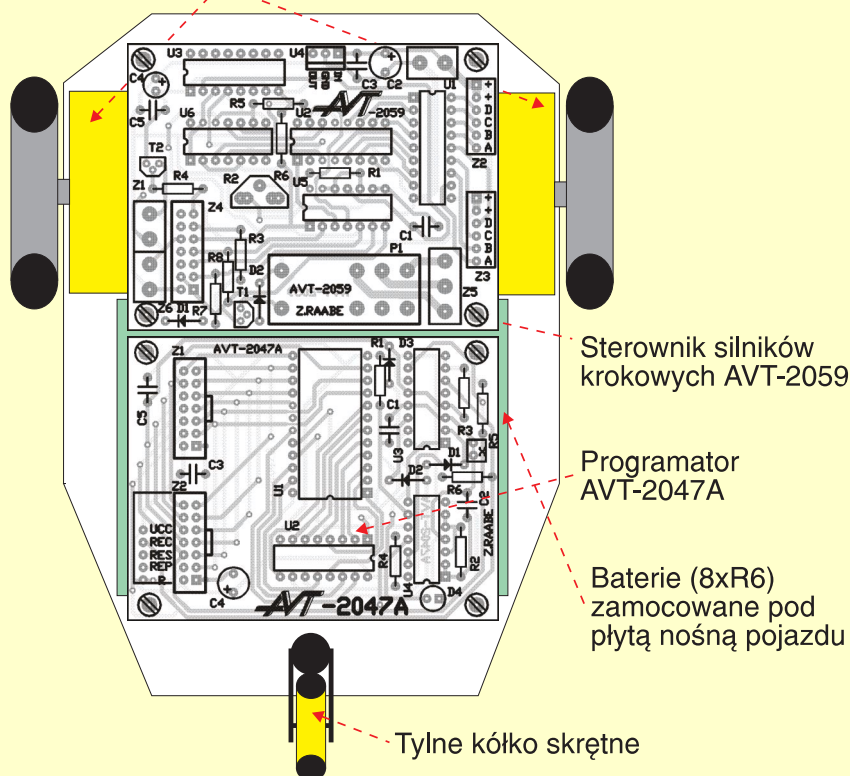
dowa pojazdu. Tu autor może jedynie sugerować Czytelnikom pewne sprawdzone rozwiązanie. Na fotografiach widać konstrukcję pojazdu zbudowanego przez autora w celu przetestowania możliwości sterownika i przeprowadzania dalszych eksperymentów z naszymi robotami. Ta konstrukcja jest tylko jednym z możliwych rozwiązań, ale zdaniem autora jest to rozwiązanie dość dobre. Jak widać na zdjęciach, nasz pojazd wyróżnia się szczególną szlachetnością linii i nawet najpiękniejsze projekty włoskich stylistów nadwozi samochodowych nie mogą się z nim równać. Ettore Bugatti zachwycił się w grobie ze wstydu, Pino-

farrina odwrócił oczy... Dość żartów, to nie jest model pojazdu użytkowego, jest to, jak już powiedziano, ruchoma platforma do przeprowadzania eksperymentów w nowo odradzającej się dziedzinie budowy dawno zapomnianych "złotwi elektronicznych" - zabawek, które dały początek jeszcze nie do końca zdefiniowanej dziedzinie techniki: cybernetyce. Przy okazji autor chciałby poruszyć ważną sprawę: Szanowni Koledzy, proszę Was o pomoc: jak dalej ma się rozwijać nasz program budowy zabawek cybernetycznych? Czy mamy konstruować coraz bardziej skomplikowane konstrukcje samodzielnych urządzeń elektronicznych, czy

też ograniczyć się do projektowania układów wykonawczych, a całą inteligencją nimi sterującą przenieść do komputera? Mamy już część wspomnianych układów wykonawczych, w przygotowaniu znajdują się kolejne moduły elektroniczne i mechaniczne pełniące rolę czujników analizujących i badających świat wokół naszych "zabawek". Gdzie jednak ulokować "rozum" naszych doświadczalnych konstrukcji? Umieszczenie go w komputerze połączonym z modelem kablem (lub bezprzewodowo) dałoby wręcz nieograniczone możliwości rozbudowy inteligencji systemu, możliwości w zasadzie zależne tylko od inwencji programisty. Nie musiałby to wcale być komputer z Pentium i 32MB RAM. Do naszych celów aż nadto wystarczający byłby starszek COMMODORE (ogromne możliwości dźwiękowe, doskonały syntetyzator mowy!), Atari lub muzealny PC XT, być może poniewierający się w piwnicach wielu domów. Z kolei umieszczenie inteligencji systemu w nim samym spowodowałoby wzrost kosztów i kiedy doszlibyśmy do budowy samodzielnego systemu mikroprocesorowego, mogłoby się okazać, że wykorzystanie komputera było rozwiązaniem prostszym i tańszym.

Wróćmy jednak jeszcze do naszego pojazdu. Szczegóły jego wykonania widoczne są dobrze na fotografiach i na rysunku 6. W egzemplarzu modelowym płyta nośna konstrukcji wykonana zоста-

Prawy i lewy zespół napędowy



Rys. 6.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R5, R6, R7, R8: 100kw
R3, R4: 22kw
R2: potencjometr montażowy 470kw

Kondensatory

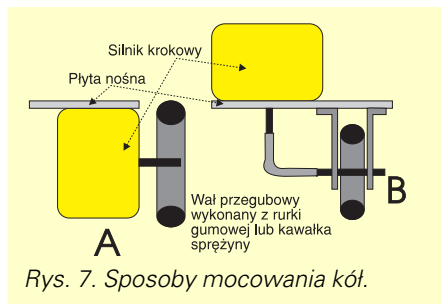
C1: 470nF
C2: 470µF/16V
C3, C5: 220nF
C4: 220µF/16V

Półprzewodniki

D1, D2: 1N4148 lub odpowiednik
T1, T2: BC548 lub odpowiednik
U1: ULN2803
U2: CMOS 4555
U3: CMOS 4520
U4: 7805
U5: CMOS 4001
U6: CMOS 4077

Różne

Z1, Z6, Z7: ARK2
Z2A, Z2B, Z3A, Z3B: złącza 1-rzędowe goldpin po 6 pinów
Z4: złącze goldpin 2x7
Z5: ARK3
PK1: przekaźnik typu RM82-P 12V

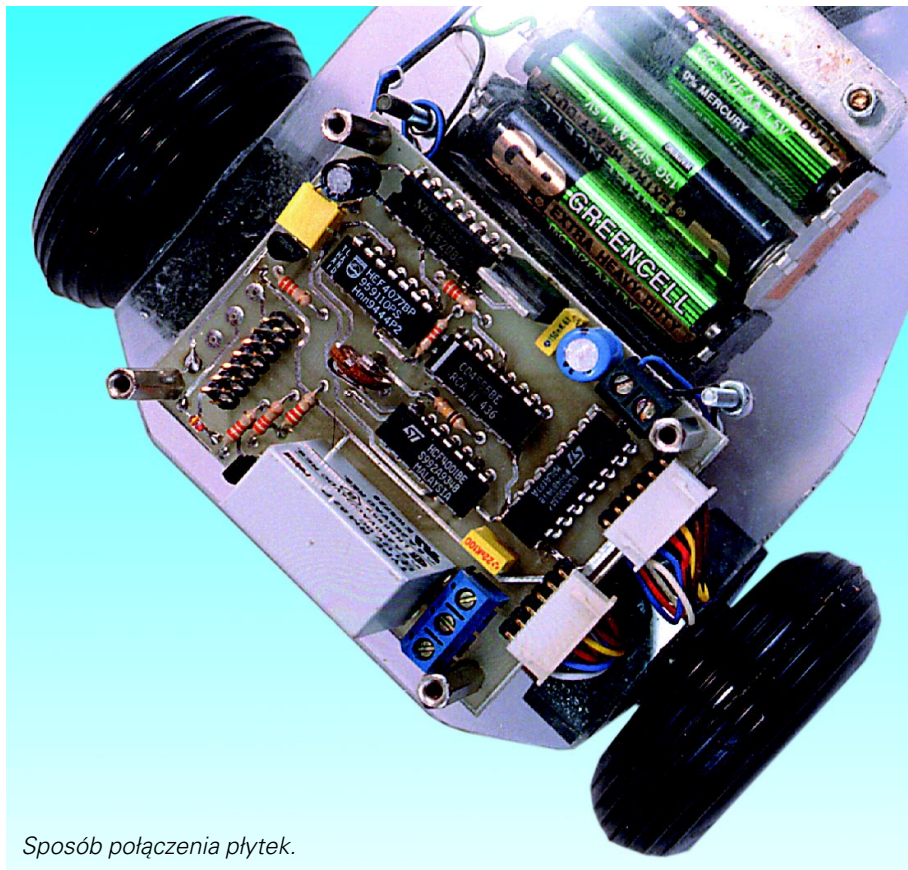


Rys. 7. Sposoby mocowania kół.

ła z plexi o grubości 5mm. Rozwiązanie eleganckie, ale w razie kłopotów ze zdobyciem plexiglasu można zastosować dowolne sztywne tworzywo sztuczne, a w ostateczności nawet sklejkę. Zamocowanie silników jest bardzo proste: wystarczy zastosować metalową obejmę i dwie śrubki M3. Możemy także "pójść na całość" i wzorując się na prototypie silniki po prostu... przykleić do płyty nośnej za pomocą kleju silikonowego. Taki klej (po Dolly Parton największe osiągnięcie chemii związków krzemu), ułatwiający wszelkie prace konstrukcyjne, powinien mieć stałe miejsce w pracowni każdego majsterkowicza.

W każdym razie projektując część mechaniczną pojazdu pamiętajmy, że wymiary wszystkich płytek systemu są stałe i że tych płytek jest i będzie coraz więcej. W rozwiązaniu modelowym na płycie nośnej mieszczą się obok siebie dwie płytki, a następne będą mocowane "piętrowo", za pomocą tulejek dystansowych.

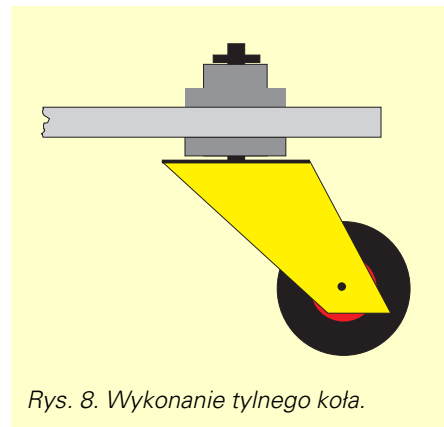
Jeszcze kilka słów o silnikach: ich zamocowanie takie jak na rysunku wymusza zastosowanie kółek o dużej, zawsze nieco większej od wysokości silnika średnicy. Powoduje to zmniejszenie i tak niezbyt wielkiego momentu obrotowego. Dlatego też można rozważyć zamocowanie silnika takie, jak na **rysunku 7**. Rozwiązanie to umożliwia zastosowanie kółek o praktycznie dowolnej średnicy.



Sposób połączenia płytek.

Ostatnią sprawą, którą warto poruszyć, jest wykonanie kółka tylnego. Musi ono być zamocowane podobnie jak koło przednie w rowerze i ważne jest, aby "widelec", w którym zostało umieszczone, obracać się bardzo lekko. W rozwiązaniu modelowym zastosowano ośkę od popsutego potencjometru i obejmę wykonaną ze spłutowanej gałki i kawałków polistyrenu. Jako kółko doskonale może służyć rolka dociskowa od magnetofonu taśmowego. Pewne wskazówki do wykonania tego elementu widzimy na **rysunku 8**.

Zbigniew Raabe



Rys. 8. Wykonanie tylnego koła.

ERRARE HUMANUM EST

W numerze sierpniowym EdW wytypowaliście następujące błędy:

- Na schemacie ideowym "Wyświetlacza głośności" (str. 25 rys. 2) nie zaznaczono połączenia brzęczyka WD1 z masą 0V, a tranzystor TR3 powinien mieć oznaczenie TR1.
- Na stronie 30 na rysunku 1 strzałka w prostowniku D1-D4 powinna być skierowana nie do góry, tylko w prawo. Rysunek płytki drukowanej na stronie 46, jak wynika z treści artykułu, to rysunek 3, a nie rysunek 2.
- Na schemacie ideowym grającej pchelki (rys. 1 str. 49) zamieniono oznaczenia tranzystorów T1 i T2.
- W ofercie handlowej na str. 71 błędnie podano, że opis kitu AVT-407 można znaleźć w EdW 5/96 - został on opisany w EdW 7/96.
- "Ekonomiczny tor podczerwieni aktywnej" został opisany w EP 8/95, a nie 9/95, jak podano na stronie 78.
- Na stronie 79 zamieniono fotografie przy pozycjach 8 i 9.