

# Częstościomierz, część 1

## AVT-5106

W numerze EP1/2007 zamieściliśmy opis toru wejściowego do częstościomierza pozwalający wykonywać pomiary w zakresie nawet do 1,1 GHz. W uzupełnieniu tego artykułu przedstawiamy blok logiki, dzięki któremu będzie możliwe zbudowanie kompletnego częstościomierza o bardzo dobrych, jak na warunki amatorskie parametrach.

**Rekomendacje:** częstościomierz, którego wykonanie jest możliwe w warunkach amatorskich może znaleźć zastosowanie nawet w zaawansowanych pomiarach profesjonalnych.



Tworząc niniejszy częstościomierz wyszedłem z założenia, że odpowiednia logika pomiarowo-sturująca nie ma racji bytu bez poprzedzenia odpowiednim blokiem obwodów wejściowych. Kiedy ów blok powstał (EP1/2007), można było pokusić się o dorobienie do niego stosownej „inteligencji”, której opis został zamieszczony w niniejszym artykule. Poniżej zostaną więc szczegółowo omówione poszczególne bloki funkcjonalne części cyfrowej częstościomierza.

### Źródło częstotliwości wzorcowej

Jak wspominałem w pierwszej części opisu, aby uzyskać pełną 7-cyfrową dokładność pomiaru, konieczne jest zastosowanie odpowiedniego wzorca częstotliwości. Wzorec ów powinien dostarczać do układu sygnał w standardzie TTL o częstotliwości nie większej niż 35 MHz i nie niższej niż ok. 5 MHz. Przy czasie pomiaru rzędu 1 sekundy, dokładność na poziomie  $10^{-7}$  uzyska się doprowadzając do procesora sygnał o częstotliwości 10 MHz. Maksymalna częstotliwość przebiegu zegarowego, którą jest on w stanie poprawnie przetworzyć to ok. 16 MHz. Ze względu na wygodę użytkownika miernika, układ częstotliwości wzorcowej posiada dzielnik przez 1, 2, 4, 8, 16, który pozwala dobrać współczynnik podziału tak, aby doprowadzony do CPU sygnał miał optymalną, możliwą do wykorzystania częstotliwość. Wybór stopnia podziału dokonywa-

ny jest zworką osadzoną na goldpinach JP5. Sygnał zewnętrzny należy doprowadzić do wyprowadzeń 2 i 3 goldpinów JP4. Jeżeli nie posiadamy odpowiedniego wzorca – na początek można skorzystać z fabrycznego generatora kwarcowego oznaczonego na schemacie jako OG1. Zworką należy wówczas zewrzeć wyprowadzenia 1 i 2 goldpinów JP4. Zaznaczam jednak, że generatory takie mają mizerną stabilność częstotliwości (w przypadku kilku badanych przeze mnie egzemplarzy okazało się, że jeżeli z oznaczenia wynikała dokładność przyrządu na poziomie 10 ppm, to właściwie w takim zakresie zmieniała się częstotliwość jego przebiegu wyjściowego – nie bardzo można liczyć na ich większą stabilność). Wywołuje to irytującą i wyraźnie zauważalną zmianę wskazań miernika. Dotknięcie palcem takiego generatora zmienia wskazania o 10. Do testów wykorzystałem generator 28,322 MHz. Płytką została skonfigurowana na podział owej częstotliwości przez 2.

### Mikrokontroler

„Mózgiem” urządzenia jest układ DS89C430 produkcji Dallas-Maxim. Jest to kompatybilny z 8051 mikrokontroler, posiadający bardzo szybkie jądro, 16 kB pamięci Flash (z których program wykorzystuje 10 kB), 1 kB pamięci RAM, układ watchdog (nie został wykorzystany w tym projekcie), wygodny *bootloader* (opis w dalszej części artykułu) oraz 3 szybkie liczniki. Wyko-

#### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytką o wymiarach xxxxxxxxxxxx
- Wyświetlacz: LED 7 cyfr znaczących
- Automatykny dobór zakresu
- Dokładność pomiaru niezależna od częstotliwości mierzonej
- Krok pomiarowy:  $10^{-6}$  Hz
- Funkcja dodawania/odejmowania od wyniku stałej częstotliwości
- Programowa kalibracja urządzenia
- Funkcja automatycznej kalibracji dowolną częstotliwością wzorcową od 1 Hz do 100 MHz
- Czas trwania pomiaru prawie niezależny od mierzonej częstotliwości (przyrząd musi zmierzyć co najmniej 1 okres przebiegu, co oznacza, że niezależnie od ustawień urządzenia, pomiar przebiegu o częstotliwości np. 1 Hz trwa co najmniej 1 sekundę)
- Możliwość ustawienia czasu trwania pomiaru

rzystanie np. taniego i dostępnego układu AT89S52/53 również byłoby możliwe, lecz uzyskana dokładność pomiaru zmniejszyłaby się o rząd wielkości. Wygoda pracy z układem byłaby zachowana.

W procesorze zaimplementowaliśmy synchroniczną metodę pomiaru częstotliwości. Dzięki niej możliwe jest badanie przebiegów o wysokiej i niskiej częstotliwości przy porównywalnym czasie trwania pomiaru i tej samej dokładności względnej, kosztem większej zawilosci programu i nieco bardziej skomplikowanej budowy. Gra jednak jest warta świeczki – uzyskuje się dzięki temu np. możliwość pomiaru przebiegu 1 Hz z rozdzielczością  $10^{-6}$  Hz.

### Opis metody pomiarowej

Przebieg wzorcowy doprowadza się do wejścia licznika T0, zaś przebieg mierzony – do licznika T1. Zakładamy, że przebieg mierzony ma częstotliwość maksymalną około 80 kHz. Liczniki T1 i T0 są wyzerowane i zatrzymane. Procesor programowo śledzi przebieg wejściowy i czeka na zbocze opadające. Wraz z pojawieniem się tego zbocza wyzwala się liczniki T1 i T0. Każde ich wypełnienie (nie zapominajmy, że mają one jedynie 16-bitową pojemność) wywołuje przerwanie i inkrementację dodatkowych, pomocniczych, zmiennych programowych. Po upływie pewnego czasu, np. 1 sekundy, procesor ponownie zaczyna śledzić przebieg wejściowy. Tym razem zaobserwowanie zbocza opadającego wywołuje zatrzymanie obydwu liczników i zakończenie tej części pomiaru. Częstotliwość mierzoną otrzymuje się poprzez wykonanie poniższego obliczenia:

$$f_{we} = f_{wzorcowa} * T1 / T0$$

gdzie: T1 i T2 stany obu liczników wraz z dodatkowymi zmiennymi programowymi.

Problem pojawia się już na początku: w jaki sposób szybko wykryć zbocza opadające przebiegu i bez zwłoki wystartować/zastopować licznik T1? Jeżeli wykrycie miałoby postać pętli programowej – dokładność momentu wykrycia byłaby w miarę satysfakcjonująca. Jeżeli jednak procesor miałby w tym czasie jakieś zadanie do wykonania (np. testowanie czy nie naciśnięto klawisza, albo obsługę wyświetlacza

multipleksowanego LED), i zmiana zbocza nastąpiłaby w czasie tej dodatkowej pracy, wynik raz na jakiś czas obciążony byłby dużym błędem. Z kolei, jeżeli wykorzystać do tego celu np. połączone z wejściem pomiarowym wyprowadzenie INT0 i czekać na przerwanie od zbocza – również zaprzeczamy możliwość dokładnej detekcji czasu jego pojawienia się, co wynika to ze zróżnicowanego czasu reakcji CPU na przerwanie. Empirycznie stwierdzona dokładność spada przy tej metodzie do  $10^{-6}$  nawet przy tak szybkim procesorze.

Rozwiązaniem problemu jest sposób zastosowany w niniejszym układzie, wykorzystujący możliwość bramkowania licznika T0 poprzez wejście INT0. Bramki układu 74AC00 połączone są ze sobą i procesorem tak, że stan wysoki na wyprowadzeniu P1.6 i niski na wyprowadzeniu P1.7 powodują, że do wejścia INT0 dostaje się niezaniegowany przebieg wejściowy. Odwrotne stany na tych wyjściach konfigurują bramki NAND tak, że do INT0 dostaje się przebieg zaniegowany. Można tu było wykorzystać jedną bramkę EX-OR i tylko jedno wyjście procesora, ale pozostałe bramki do niczego by się nie przydały, poza tym 74AC00 może być łatwiejszy do nabycia.

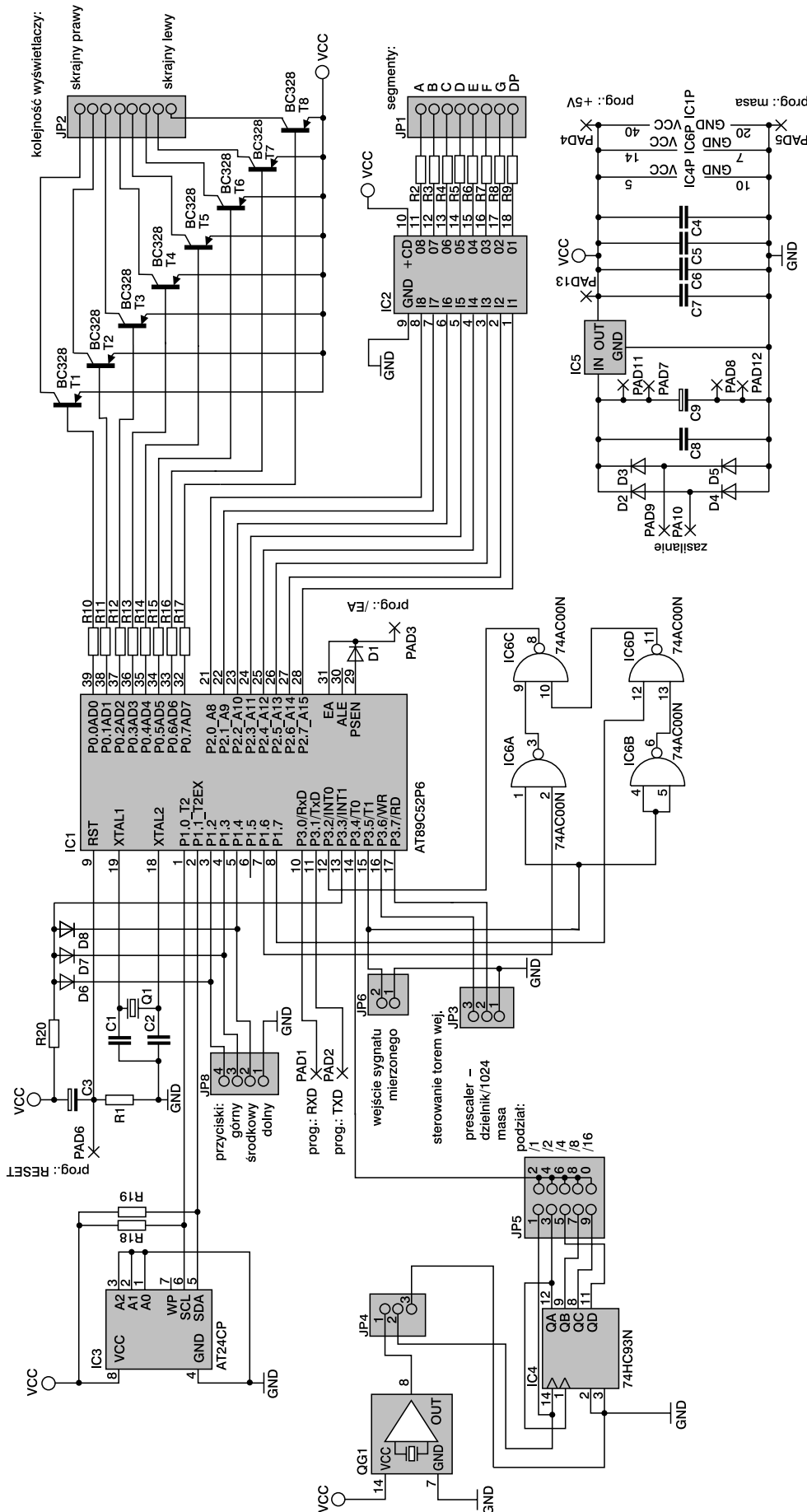
Rozważmy teraz, co się po kolei dzieje w czasie pomiaru. Po rozpoczęciu pomiaru procesor programowo śledzi przebieg wejściowy. Jeżeli na wejściu pomiarowym panuje logiczna jedynka, czeka w pętli na zmianę stanu. Jeżeli pojawi się zero, ustawia bramki tak, żeby na wejście INT0 był dostarczany sygnał niezaniegowany. Timer T0, poprzez jeden wpis do rejestru TMOD, jest konfigurowany tak, żeby był bramkowany stanem na INT0 (logiczne „1” pozwala na liczenie; teraz mamy „0”), po czym, przez ustawienie bitów TR0 i TR1 włączane są obydwie liczniki. Pojawienie się zbocza narastającego niejako od razu (hardware’owo) pozwala licznikowi T0 na zliczanie impulsów wzorcowych. Kiedy procesor programowo zaobserwuje zmianę zbocza sygnału mierzonego, licznik T0 jest konfigurowany tak, by działał niezależnie od stanu logicznego na INT0. Następuje zmiana stanów na wyprowadzeniach P1.6 i P1.7 i bramki przenoszą te

raz przebieg zaniegowany. Procesor czeka określony czas (np. wspomnianą wcześniej 1 sekundę), po czym przechodzi w tryb stopowania licznika wraz ze zboczem narastającym. Procesor programowo czeka, jeżeli napotkał logiczne „0”, na zmianę stanu. Jeżeli na wejściu T0 jest logiczne „1”, nadal oczekuje na ponowną zmianę stanu na „0”. Kiedy wreszcie stan ten się pojawi, konfiguracja licznika T0 jest zmieniana ponownie tak, by był on bramkowany stanem wyprowadzenia INT0 (nie zapominajmy, że dzięki zaniegowaniu przez bramki panuje tutaj logiczna „1”, czyli T0 nadal liczy). Pojawienie się zbocza narastającego na wejściu T1 (i opadającego na wejściu INT0) stopuje licznik T0. Kiedy procesor programowo wykryje zbocze, obydwie liczniki są dezaktywowane i kończy się ten etap pomiaru częstotliwości. Pytanie, po co te komplikacje? Otóż dzięki nim nie jest konieczne dokładne zaobserwowanie czasu zmiany stanu przebiegu wejściowego. W trakcie śledzenia stanu, może nastąpić np. przerwanie od timera T2 sterującego wyświetlaczami, albo badanie stanu klawiszy. Jeżeli procedury te nie trwają zbyt długo (w sumie krócej niż stan logicznego „0” albo „1”, czyli dla ok. 80 kHz będzie to 6,25  $\mu$ s), nie zakłóca pomiaru. Czas ten nie jest długi, ale jest wystarczający, przy wykorzystaniu tak szybkiego CPU.

Aby rozszerzyć zakres pomiarowy do kilkudziesięciu megaherców, wykorzystany jest układ 74HC4040 ulokowany na płytce obwodów wejściowych. Jeżeli wstępny, trwający 50 ms, pomiar częstotliwości, dokonany z użyciem tego dzielnika wskaże, iż częstotliwość wejściowa przekracza ok. 50 kHz, dzielnik ów na czas pomiaru właściwego jest aktywny, natomiast, jeżeli miernik ma do czynienia z przebiegiem o niższej częstotliwości, dzielnik zostaje niewykorzystany. W pierwszym przypadku wynik należy pomnożyć razy 1024. Podobnie, jeżeli mierzymy z użyciem prescalera, wynik dodatkowo jest mnożony jeszcze przez 64.

### Zegar

Procesor jest taktowany kwarcem 18,632 MHz. Częstotliwość oscylatora jest wewnętrznie podwa-



Rys. 1. Schemat elektryczny częstościomierza

jana. Wybór właśnie takiej częstotliwości, która nieco przekracza specyfikację układu, wynika z chęci maksymalnego rozszerzenia zakresu częstotliwości wzorcowych (maksymalna częstotliwość przebiegu poprawnie interpretowanego przez liczniki jest trochę niższa niż częstotliwość systemowa podzielona przez 2) oraz z faktu, że przy tej częstotliwości wewnętrzny bootloader jest w stanie rozpoznać unormowane szybkości transmisji do 19200 bitów/s, co pozwala na dosyć szybkie programowanie mikrokontrolera. Testowałem również kwarc 14,318 MHz, który również umożliwia programowanie z taką prędkością oraz 16 MHz, dla którego można uzyskać prędkość transmisji podczas programowania max. 9600 bitów/s. Zmniejszenie częstotliwości kwarcu nie wymaga w zasadzie zmiany programu (zmieni się co najwyżej o kilkanaście procent czas trwania pomiaru – jeżeli ustawiono czas 1 sekundy, potrwa np. 1,18 sekundy), a spowoduje zmniejszenie poboru prądu przez procesor. Maksymalna częstotliwość, przy której CPU pracował poprawnie wynosiła ok. 48 MHz (w trybie podwajania częstotliwości, kwarc rezonował na 24 MHz). W tym przypadku układ jednak mocno się grzał, co nie rokowało dobrze jego długiemu żywotowi.

**Pozostałe elementy płytki procesorowej**

Schemat elektryczny układu przedstawiono na rys. 1. Układ IC3 to pamięć EEPROM, której przeznaczeniem jest zapamiętanie ustawień konfiguracyjnych częstościomierza. Tranzystory T1... T8 służą do wysterowania wyświetlaczy alfanumerycznych (ze wspólną anodą). Z kolei układ IC2 (tranzystory w układzie Darlington'a) – służy do wysterowania ich katod. Należy pamiętać, że mikrokontroler załącza wewnętrzne rezystory pull-up dopiero wtedy,

gdy wcześniej do portu zostanie wpisane „0”. W przeciwnym wypadku załączone jest słabe podciąganie i IC2 nie jest dobrze wysterowywany. Warto o tym pamiętać podczas ewentualnej zmiany oprogramowania. Ograniczenie prądu wyświetlaczy zapewnijają rezystory R2...R9. Katody wyświetlaczy są podłączone do płytki poprzez piny JP1, zaś ich anody poprzez JP2.

Do zworek JP8 dołączone są trzy przyciski służące do obsługi przyrządu. Diody D6, D7 i D8 wraz z rezystorem R20 stanowią bramkę AND „na drutach”, której przeznaczeniem jest wymuszanie logicznego „0” na wejściu INT1 procesora w momencie naciśnięcia któregoś z przycisków i w efekcie uproszczenie sposobu wykrycia tego zdarzenia. Elementy C3, R1 generują sygnał zerowania w momencie załączenia zasilania.

Poprzez łączówkę JP6 doprowadzany jest do procesora sygnał mierzony, zaś złącze JP3 jest wykorzystywane do konfigurowania bloku wejściowego (załączenie/wyłączenie dzielnika i prescalera w.c.).

Punkty lutownicze PAD9 i PAD10 służą doprowadzeniu napięcia zasilającego. Do zasilenia układu wystarczą transformator o mocy 8 W

o napięciu wyjściowym 14...16 V (ze względu na tor wejściowy). Jeżeli jednak planujemy zastosowanie dobrego (termostatowanego) wzorca częstotliwości, transformator powinien dostarczyć odpowiedniej, dość dużej mocy, jaka jest wymagana zwykle przynajmniej tuż po włączeniu zasilania. Stabilizowanego napięcia 5 V dostarcza stabilizator IC5. Układ ten dosyć mocno się grzeje podczas normalnej pracy. Z tego względu płytka została tak zaprojektowana, by możliwe było przykręcenie do niego kawałka radiatora, albo grubszej blachy bez konfliktu z innymi elementami.

Punkty PAD8 i PAD11 pozwalają na dołączenie zasilania do układu bloków wejściowych. Z kolei punkty PAD7, PAD12, PAD13 zostały uwzględnione na wszelki wypadek i pozwalają na dołączenie wzorca do dodatniego napięcia niestabilizowanego, masy i potencjału 5 V.

Kondensator elektrolityczny C9 służy do wygładzenia tętnień napięcia zasilającego, zaś kondensator C8 do usunięcia szpilek i zakłóceń o wyższej częstotliwości. Kondensatory C4...C7 służą do usunięcia zakłóceń z szyny zasilającej i są rozlokowane w strategicznych punktach płytki.

## Płytki wyświetlaczy i przycisków

Nie miałem wątpliwości, że do prezentacji wyniku muszą tu służyć wyświetlacze LED. Kilka stworzonych wcześniej konstrukcji wyposażonych w wyświetlacze LCD (nawet z podświetleniem) przekonało mnie, że przyrząd pomiarowy powinien posiadać możliwie najbardziej czytelne wyświetlacze, które powinny być wręcz nachalne w przekazywaniu użytkownikowi informacji. Padło więc na wyświetlacze 7-segmentowe TDSG 3150-M. Wybór właśnie tego typu był podyktowany ich niezłą luminancją i odpowiednimi rozmiarami oraz rozmieszczeniem wyprowadzeń, które pozwoli uprościć wykonanie projektu płytki drukowanej.

Na płytce znajdują się też trzy mikroprzyciski służące do obsługi przyrządu. Muszą być odpowiednio wysokie po to, by wystawały ponad płytę czołową. Wyświetlacze i przyciski połączone są z płytką mikrokontrolera za pomocą taśm różnokolorowych, bądź analogicznych do tych, jakie służą jako medium w komputerowym interfejsie ATA.

## Oprogramowanie

Program zarządzający częstościomierzem został napisany w języku C z elementami asemblera (obsługa przerwań). Do skompilowania wykorzystalem pakiet SDCC w wersji 2.4.0 dostępny w internecie. Pakiet ten gorąco polecam: jest darmowy, wygodny w użyciu, dobrze udokumentowany i generuje wydajny, optymalny kod.

Aby uzyskać pewność, że niedokładność obliczeń nie wpłynie znacząco na wynik, zaimplementowałem wewnątrz 96-bitowe stałoprzecinkowe funkcje realizujące podstawowe operacje arytmetyczne.

Program po kilku próbach optymalizacji został zmniejszony do 10 kB i zajmuje prawie całą wewnętrzną pamięć RAM (256 bajtów; szczęśliwie mieści się w niej). Dalsze próby optymalizacji byłyby wskazane, gdyby z racji problemów z dostępnością, czy ceną układu DS89C430, konieczne było wykonanie miernika z użyciem AT89S52 (8 kB Flash).

Pierwszych 17 bajtów pamięci EEPROM zostało wykorzystanych do zachowywania konfiguracji. Aktualizacja tej pamięci odbywa się zawsze po zmodyfikowaniu parametrów urządzenia.

**Maciej Fimiarz**

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

R1: 47 kΩ  
R2...R9: 150 Ω  
R10...R17: 2,2 kΩ  
R18, R19: 4,7 kΩ  
R20: 100 kΩ

#### Kondensatory

C1, C2: 27 pF  
C4...C8: 100 nF  
C3: 4,7 μF/6,3 V  
C9: 470 μF/25 V

#### Półprzewodniki

D1, D6...D8: 1N4148  
D2...D5: 1N4001  
T1...T8: BC557  
IC1: DS89C430  
IC2: ULN2803A  
IC3: AT24C04  
IC4: 74HC93N  
IC5: μA7805

#### Inne

Q1: rezonator kwarcowy 18,432 MHz  
OG1: generator kwarcowy w obudowie DIL 28,322 MHz (opcjonalnie)

DISP1...DISP8: wyświetlacz TDSG 3150-M

S1...S3: mikroprzyciski o długości 1 cm

Goldpiny męskie – listwa, 40 pinów

Goldpiny żeńskie – listwa, 40 pinów

Wsuwki na goldpiny – 2 sztuki

Zworka – 2 sztuki

Podstawki 40 pin, 14 pin, 18 pin

Radiator 2x4x0,8 cm

#### Programator (opcja):

#### Rezystory

R1, R2: 10 kΩ

R3...R8: 3,3 kΩ

#### Kondensatory

C1: 100 nF

#### Półprzewodniki

D1...D4: 1N4148

Q1...Q3: BC547

Q4: BC557

#### Inne

Goldpiny męskie listwa 20 pin



# Częstościomierz, część 2

## AVT-5106



*W numerze EP1/2007 zamieściliśmy opis toru wejściowego do częstościomierza pozwalający wykonywać pomiary w zakresie nawet do 1,1 GHz.*

*W uzupełnieniu tego artykułu przedstawiamy blok logiki, dzięki któremu będzie możliwe zbudowanie kompletnego częstościomierza o bardzo dobrych, jak na warunki amatorskie parametrach.*

**Rekomendacje:**  
*częstościomierz, którego wykonanie jest możliwe w warunkach amatorskich może znaleźć zastosowanie nawet w zaawansowanych pomiarach profesjonalnych.*

### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytki o wymiarach: 88x69 mm (główna) i 108x32 mm (wyświetlacz)
- Wyświetlacz: LED 7 cyfr znaczących
- Automatyczny dobór zakresu
- Dokładność pomiaru niezależna od częstotliwości mierzonej
- Krok pomiarowy:  $10^{-6}$  Hz
- Funkcja dodawania/odejmowania od wyniku stałej częstotliwości
- Programowa kalibracja urządzenia
- Funkcja automatycznej kalibracji dowolną częstotliwością wzorcową od 1 Hz do 100 MHz
- Czas trwania pomiaru prawie niezależny od mierzonej częstotliwości (przyrząd musi zmierzyć co najmniej 1 okres przebiegu, co oznacza, że niezależnie od ustawień urządzenia, pomiar przebiegu o częstotliwości np. 1 Hz trwa co najmniej 1 sekundę)
- Możliwość ustawienia czasu trwania pomiaru

### Płytki programatora układu (opcja)

Teraz słowo o tajemniczych punktach lutowniczych oznaczonych na schemacie jako PAD1...PAD6. Do wspomnianych punktów należy dołączyć odpowiednie wyprowadzenia konwertera stanów logicznych (nazwijmy go umownie programatorem). Mikrokontroler DS89C430 posiada wewnętrzny *bootloader*, który pozwala na łatwe zapisanie zawartości pamięci Flash plikiem w standardzie Intel HEX. Plik ten należy wysłać do procesora używając dowolnego programu terminalowego (szybkość transmisji zostanie samodzielnie rozpoznana przez mikrokontroler). Zabieg zapisywania można powtórzyć ponad 10000 razy. Uznałem, że nie ma sensu umieszczać na płytce dodatkowych elementów programatora – lepiej wykonać ten prosty układ na dodatkowej płytce i wykorzystywać do programowania innych konstrukcji.

Sam konwerter (rys. 3) jest najprostszym układem programującym ten typ mikrokontrolera, jaki udało mi się wymyślić. Tranzystory Q1 i Q3 wraz z elementami R1, R2, R5, R6 oraz D1 i D3 sprowadzają poziomy logiczne z portu COM do akceptowalnych przez procesor oraz wprowadzają negację stanów. Kiedy na linii DTR portu pojawi się dodatnie napięcie, tranzystor Q1 wymusza stan niski na liniach /EA i PSEN procesora, zaś tranzystor Q4 podciąga wejście RST do zasilania. Jest to warunek niezbędny do uaktywnienia wewnętrznego *bootloadera*. Dioda D2 jest tu konieczna, ponieważ w trakcie pracy procesora, na linii PSEN występuje permanentna zmiana stanów, i mogłoby to rodzić nieprzewidziane sytuacje, gdyby owa zmiana przenosiła się na linię /EA.

W stronę komputera negację i zmianę poziomów realizuje tranzystor Q2 oraz R3 i R8. Na linii RXD (patrząc od strony komputera) poziom logicznej jedynki jest równy ok. 0,2 V, zaś zero ma ok. 4,3 V. Wykracza to poza specyfikację standardu (odpowiednio: -3 V i +3 V), ale konstrukcja odbornika RS-232 w komputerze powoduje, że poziomy takie są w praktyce

akceptowane i błędy nie następują nawet przy programowaniu z najwyższą szybkością transmisji. Wszystkie niezbędne informacje na temat programowania DS89C430 znajdują się w odpowiednich notach na stronie firmy Dallas-Maxim.

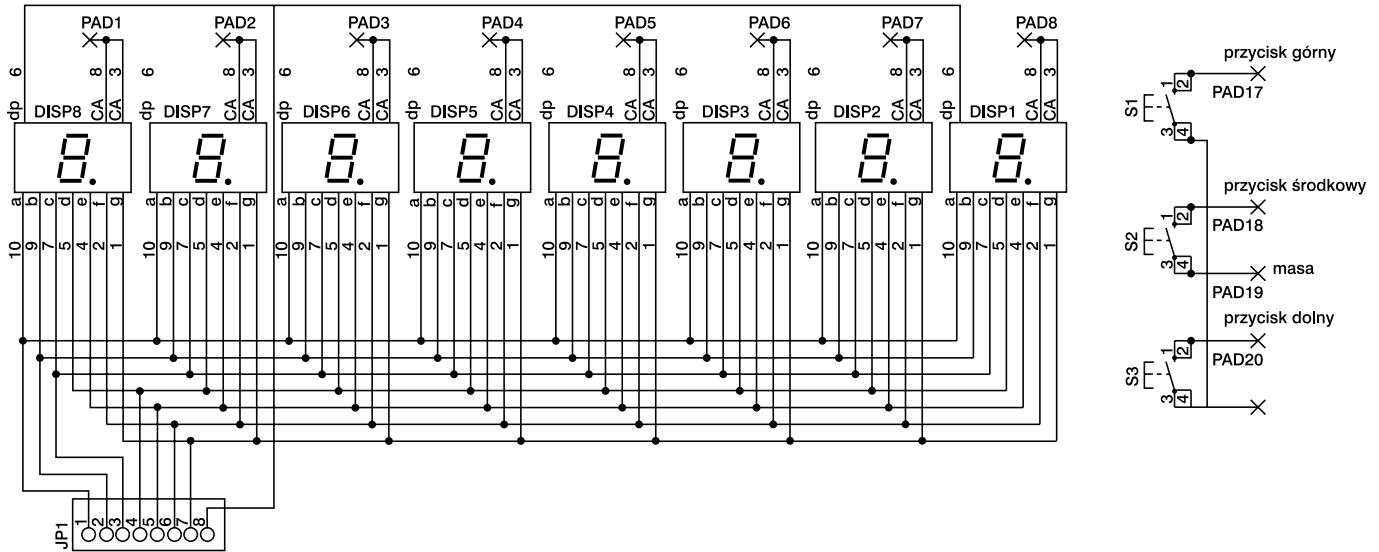
### Montaż

Wszystkie płytki wchodzące w skład urządzenia (rys. 4 i 5) są jednowarstwowe, co uprasza ich ewentualne wykonanie, ale implikuje konieczność użycia zworek (dwie na płytce głównej). Montaż wykonujemy standardowo. Najpierw sugerujemy wlutować elementy bierne, upchnięte wewnątrz podstawek: C5, C6 i D1 na płytce bazowej oraz zworki. Później można wlutować pozostałe elementy: podstawki, elementy bierne, tranzystory, diody oraz łączówki szpilkowe na płytce bazowej. Na końcu należy zamontować stabilizator IC5 z dołączonym radiatorem (rys. 6) – wystarczy kawałek blachy o wymiarach 50x30x10 mm.

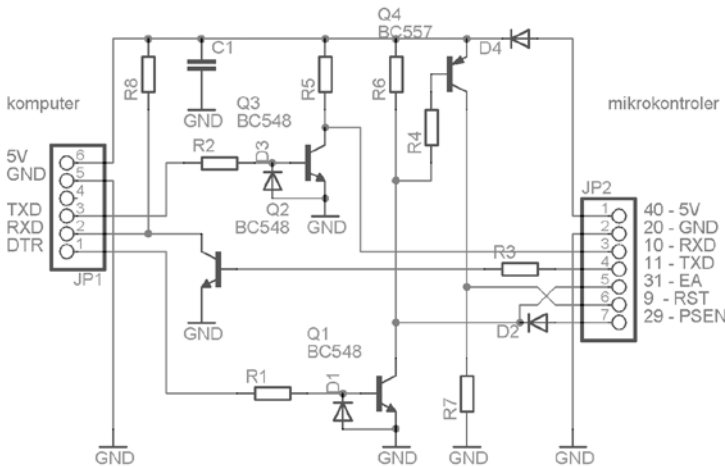
Stosowanie łączówek szpilkowych (i połączenia rozłącznego) na płytce wyświetlaczy nie jest konieczne, w pozostałych miejscach jest jednak wskazane. Połączenia rozłączne najprościej i najtaniej można wykonać w następujący sposób: taśmę przewodów należy przyciąć na odpowiednią długość, po czym poszczególne przewody przylutować do nasadek na łączówki szpilkowe, po czym każde połączenie zabezpieczyć kawałeczkiem koszulki termokurczliwej (ok. 0,5 cm). Wyjaśniono to na fot. 7.

Do rozprowadzenia zasilania powyższa metoda może się nie sprawdzić. W niniejszym układzie wykorzystałem wsuwki (również nasadzone na złącza szpilkowe) z nałożonymi koszulkami termokurczliwymi. Połączenie nadaje się do przesyłania większych prądów ze względu na lepszy kontakt elektryczny ze szpilkami.

Płytki obwodów wejściowych (EP1/2007) i logiki mają te same wymiary oraz tak samo rozstawione otwory. W układzie modelowym płytka mikroprocesorowa została ułożona nad płytką toru wejściowego. Obie płytki zostały zamocowane na 4 długich



Rys. 2. Schemat płytki wyświetlacza



Rys. 3. Schemat programatora ISP

śrubach M3. Odpowiednie odległości między nimi zapewnione są poprzez wykorzystanie nakrętek, można też użyć tulejek dystansujących. Układ umieszczono w plastikowej obudowie z serii Z... Ze względu jednak na

emitowane zakłócenia oraz solidność konstrukcji lepiej byłoby zastosować odpowiednich rozmiarów obudowę metalową.

Jak wspomniałem wcześniej, w minimalnej konfiguracji (bez stabilizowanego termicznie wzorca częstotliwości, ale z torem wejściowym) układ można zasilac z transformatora 14...16 V o mocy co najmniej 8 W.

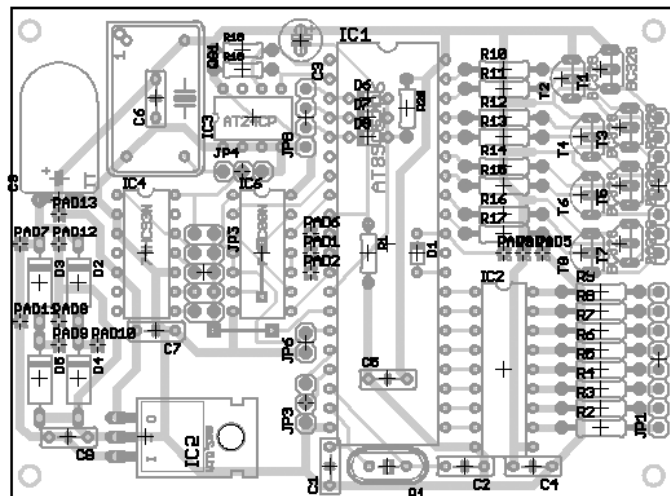
**Uruchomienie**

Przed włożeniem układów scalonych w podstawki należy dołączyć płytkę do transformatora i skontrolować

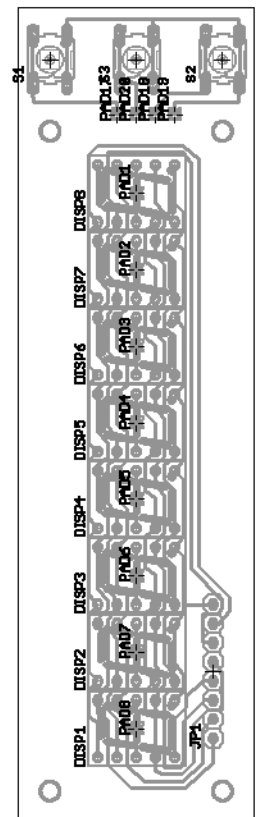
wartość napięcia zasilania układów scalonych (5 V). Jeżeli napięcie jest odpowiednie, można odłączyć zasilanie i włożyć w podstawki elementy, wcisnąć zworki w odpowiednie miejsca (w zależności od zastosowanego generatora) oraz połączyć płytki ze sobą.

Kolejne załączenie zasilania powinno zaowocować wyświetleniem krótkiego powitania oraz wskazaniem: „0.000000”.

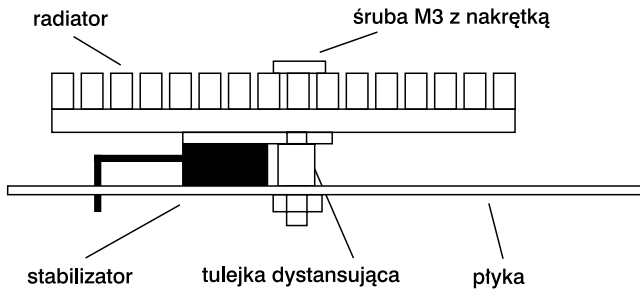
Jeśli układ nie daje znaków życia, proponuję najpierw sprawdzić działanie oscylatora kwarcowego. Z kolei w razie niepoprawnej prezentacji wyniku (zła kolejność znaków, bądź wyświetlenie krzaczków) należy sprawdzić poprawność dołączenia płytki wyświetlacza (któraś z taśm może być przesunięta albo dołączona odwrotnie). Następnie należy sprawdzić połączenie płytki toru wejściowego. Naciśnięcie



Rys. 4. Schemat montażowy płytki głównej



Rys. 5. Schemat montażowy płytki wyświetlacza



Rys. 6. Sposób montażu stabilizatora

górnego przycisku powinno załączyć prescaler (wyrazny trzask przełącznika). Wraz z jego uaktywnieniem powinna być wyświetlona częstotliwość o wartości rzędu kilkuset megaherców. Jeżeli wszystko odbywa się zgodnie ze powyższą procedurą, układ można uznać za uruchomiony.

### Obsługa urządzenia

Po załączeniu zasilania, miernik działa w trybie pomiaru sygnału m.cz. Pierwsze 7 cyfr wyświetlacza służy do wskazania wartości liczbowej pomiaru. Na ostatniej pozycji umieszczana jest informacja o zakresie pomiarowym. Zaświecenie dolnego segmentu oznacza, że jest wybrany zakres „Hz”, zaświecenie segmentu dolnego i środkowego oznacza zakres „kHz”, zaś zaświecenie wszystkich poziomych elementów – zakres „MHz”. Miganie kropki na ostatnim wyświetlaczu sygnalizuje wykonywanie pomiaru. Aktywowanie prescalera w.cz. wskazywane jest wyświetleniem litery „P” zamiast wskazania zakresu pomiarowego. Podyktowane jest to faktem, iż z użyciem toru w.cz. będą mierzone zawsze sygnały z zakresu megaherców.

Naciśnięcie dolnego przycisku powoduje zamrożenie wskazania i miganie litery „F” (*freeze*) na przemian z informacją o zakresie. Wejście do menu następuje po naciśnięciu środkowego przycisku.

Pozycje menu:

- **ENAB\_ADD** – pozwala wybrać, czy do wyniku będzie dodana (odjęta) pewna stała (np. wartość częstotliwości pośredniej);
- **SET\_ADD** – wybranie tej pozycji pozwala ustalić wartość wymienionej wyżej stałej. Zrezygnowałem z implementacji banku tych częstotliwości, ponieważ ustawienie nowej częstotliwości jest stosunkowo wygodne i szybkie;
- **MEAS\_DUR** – czas pomiaru – do wyboru wartość z zakresu 0,1...5 sekund. Im dłużej trwa pomiar,

tym jest z reguły dokładniejszy. Jeżeli użytkownik postąpi zgodnie ze wskazówkami w podpunkcie dotyczącym generatora wzorcowego i dobrać odpowiednią jego częstotliwość, wydłużenie czasu powyżej 1 sekundy nie jest

konieczne;

- **CALIBRAT** – pozwala na skalibrowanie urządzenia. Do wejścia należy doprowadzić przebieg o częstotliwości wzorcowej (dowolnej, byle była znana). Miernik na bieżąco dokonuje pomiaru tej częstotliwości. Naciśnięcie klawiszy „w górę” i „w dół” wywołuje inkrementację, bądź dekrementację zmiennej oznaczającej częstotliwość wewnętrznego generatora wzorcowego. Naciśnięcie klawisza środkowego pozwala zapamiętać ustaloną częstotliwość wzorca;
- **AUTOCALI** – funkcja autokalibracji. Jeżeli dysponujemy wzorcem o ustalonej częstotliwości, np. 225 kHz, można po wybraniu tej opcji dokonać automatycznej kalibracji urządzenia. Miernik znając tę częstotliwość sam ustali wartość częstotliwości wzorca wewnętrznego. Naciśnięcie klawisza „w górę” ponawia pomiar, klawisz środkowy – zatwierdza nową częstotliwość, zaś klawisz dolny anuluje kalibrację;
- **SET\_BASE** – pozwala ręcznie ustawić częstotliwość wewnętrznego wzorca (w sposób analogiczny, jak ustala się częstotliwość do dodania/odjęcia);
- **SET\_CALI** – umożliwi ustawienie częstotliwości zewnętrznego wzorca do autokalibracji (j.w.);
- **RETURN** – powrót do normalnego trybu pomiarowego

### Uwagi i możliwości usprawnień

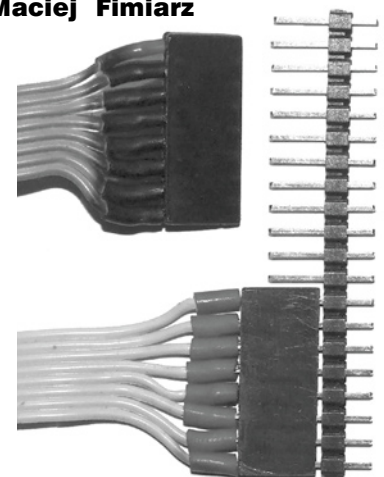
Pierwszą poprawką wprowadzoną do niniejszego projektu była wymiana stabilizatora IC5 na małą płytkę ze stabilizatorem impulsowym. Zainstalowana płytkę ma powierzchnię nieco mniejszą niż radiator od stabilizatora. Jako stabilizator impulsowy wykorzystałem element MC34063 we wzorcowym układzie przetwornicy obniżającej napięcie. Cewkę stanowi 40 zwojów drutu 0,3 mm na toroidalnym

rdzeniu proszkowym wyjętym z płyty głównej. Posiadając miernik indukcyjności, albo znając liczbę AL rdzenia, można liczbę zwojów dobrać tak, aby indukcyjność zgadzała się ze wzorem zawartym np. w datasheet owego elementu, co powinno zaowocować największą sprawnością przetwornicy. W przeciwnym przypadku, należy próbować dotąd, aż rdzeń będzie się grzał możliwie najmniej.

Zaletą zastosowania stabilizatora impulsowego jest wyraźnie mniejszy pobór prądu przez układ (o około 80...100 mA) oraz mniejsza ilość generowanego ciepła (co nie jest bez znaczenia, jeżeli w obudowie znajduje się kwarcowy wzorec częstotliwości). Wadą jest jednak trudniejszy proces uruchomienia układu, dlatego docelowo w urządzeniu pozostał stabilizator liniowy.

Bardzo użyteczną funkcją miernika jest opcja autokalibracji. W praktyce oznacza to, że jeżeli dysponujemy zewnętrznym wzorcem częstotliwości, to przed właściwym pomiarem należy na chwilę podłączyć wejście miernika do wzorca, wybrać odpowiednią opcję menu i miernik można uznać za skalibrowany. W moim przypadku za zewnętrzny wzorec służył prosty odbiornik Warszawskiej Jedynki. Dzięki zastosowaniu czterech stopni wzmacniających, czterech obwodów rezonansowych oraz prostego ogranicznika uzyskałem wystarczającą czułość odbioru mimo użycia prostej 14-centymetrowej anteny ferrytowej, a także dostateczne wytłumienie wstępnych. Ów minimalistyczny wzorec radiowy na razie nie posiada pętli PLL, ponieważ do skalibrowania częstościomierza nie jest konieczna ani wysoka ani „okrągła” częstotliwość.

### Maciej Fimiarz



Fot. 7. Sposób wykonania połączeń

# ROBOKITY

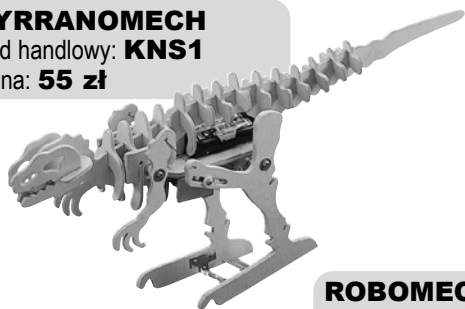
zestawy do samodzielnego montażu **velleman**



## TYRRANOMECH

Kod handlowy: **KNS1**

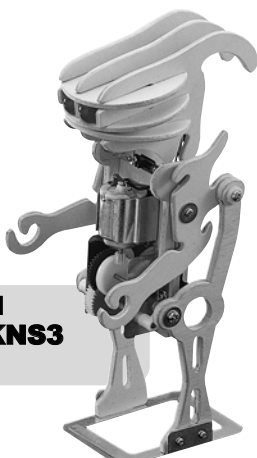
Cena: **55 zł**



## ROBOMECH

Kod handlowy: **KNS3**

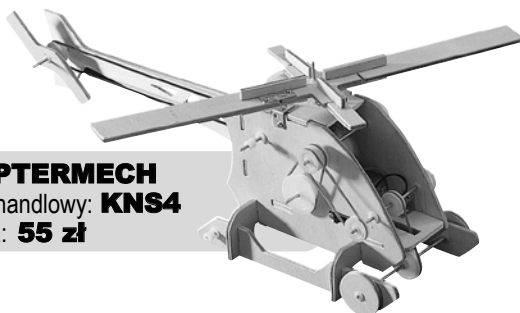
Cena: **55 zł**



## COPTERMECH

Kod handlowy: **KNS4**

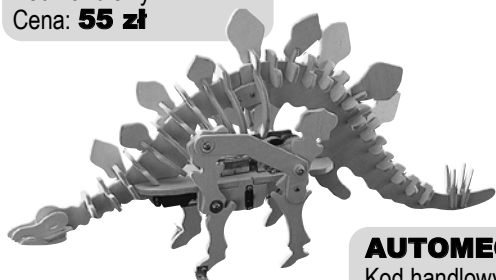
Cena: **55 zł**



## STEGOMECH

Kod handlowy: **KNS2**

Cena: **55 zł**



## AUTOMECH

Kod handlowy: **KNS5**

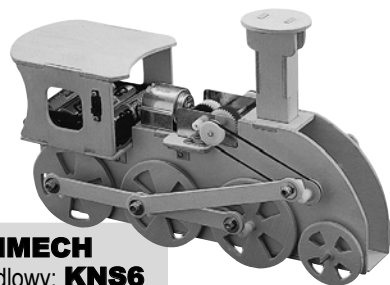
Cena: **55 zł**



## TRAINMECH

Kod handlowy: **KNS6**

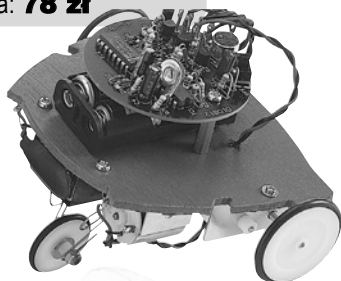
Cena: **59 zł**



## ROBOT FROG

Kod handlowy: **KSR2**

Cena: **78 zł**



## BOTBALL

Kod handlowy: **KSR9**

Cena: **161 zł**



## ROBOT CAR

Kod handlowy: **KSR1**

Cena: **66 zł**



## ESCAPE

Kod handlowy: **KSR4**

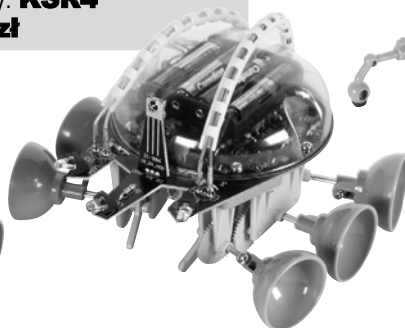
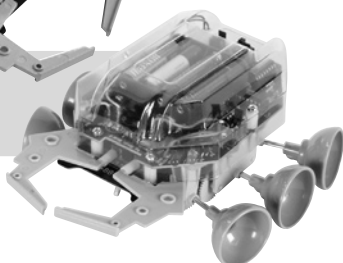
Cena: **120 zł**



## SCARAB

Kod handlowy: **KSR5**

Cena: **120 zł**



## LADYBUG

Kod handlowy: **KSR6**

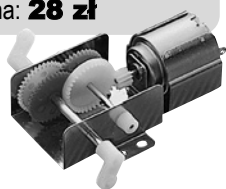
Cena: **90 zł**



## PRZEKŁADNIA

Kod handlowy: **KNS7**

Cena: **28 zł**



## TITAN TANK

Kod handlowy: **KSR8**

Cena: **161 zł**



## HEXAPOD

Kod handlowy: **KSR3**

Cena: **78 zł**

