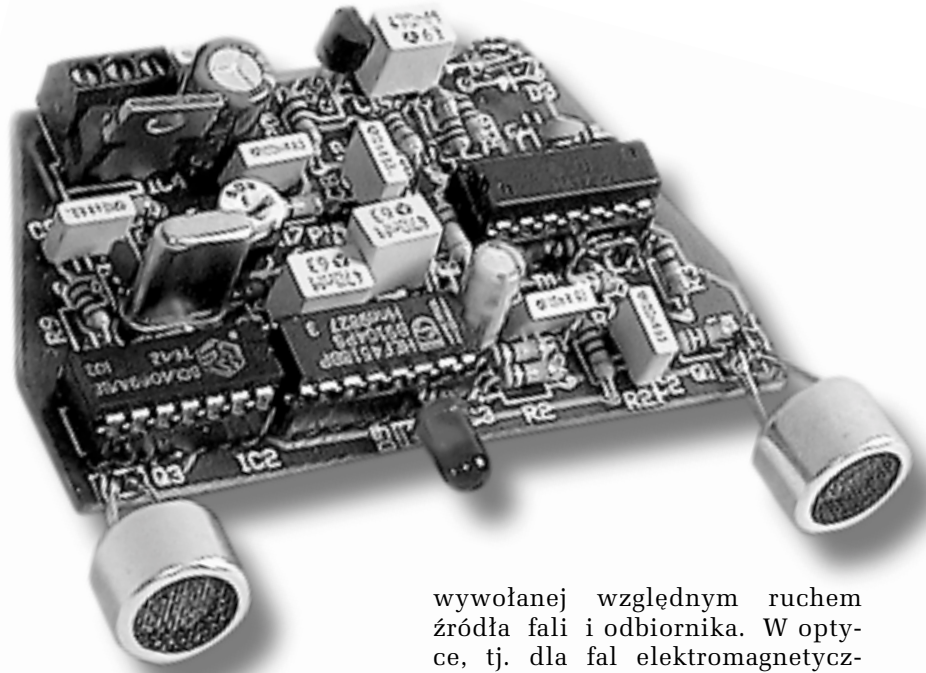


# Ultradźwiękowy detektor ruchu

## AVT-841

*Chciałbym zaproponować Czytelnikom budowę bardzo prostego układu, który może znaleźć zastosowanie w samochodowych systemach alarmowych i domowych instalacjach nadzorujących nasze mienie. Niezależnie od możliwości wykorzystania w systemach alarmowych, układ może być użyty we wszystkich zastosowaniach, gdzie potrzebne jest wykrywanie ruchu na strzeżonym obszarze i to zarówno przemieszczania ludzi, zwierząt, jak i przedmiotów.*



Układy wykrywające ruch możemy z grubsza podzielić na trzy rodzaje: urządzenia wykorzystujące do detekcji poruszających się przedmiotów promieniowanie podczerwone, układy bazujące na wykorzystywaniu fal radiowych i urządzenia, których działanie oparte jest na efekcie Dopplera - zmianie częstotliwości fal dźwiękowych odbitych od poruszającego się przedmiotu. Nasz układ należy do grupy trzeciej i pracuje w zakresie ultradźwięków o częstotliwości 40kHz, a więc z sygnałami całkowicie niesłyszalnymi przez człowieka.

Pomimo pozornej komplikacji proponowany układ jest bardzo prosty do wykonania i regulacji. Koszt potrzebnych do jego budowy elementów jest bardzo niewielki, a uzyskiwane rezultaty nie gorsze od uzyskiwanych przez urządzenia produkcji fabrycznej.

### Opis działania układu

Schemat ultradźwiękowego detektora ruchu pokazano na **rys. 1**.

Zanim jednak przejdziemy do jego analizy, przypomnijmy sobie podstawowe, być może przez niektórych zapomniane wiadomości na temat efektu Dopplera.

Efekt Dopplera polega na zmianie obserwowanej częstotliwości fali

wywołanej względnym ruchem źródła fali i odbiornika. W optyce, tj. dla fal elektromagnetycznych, stosuje się ujęcie relatywistyczne zjawiska Dopplera, natomiast w ujęciu nierelatywistycznym, dla fal akustycznych, obserwowana częstotliwość  $\nu$  dana jest wzorem:

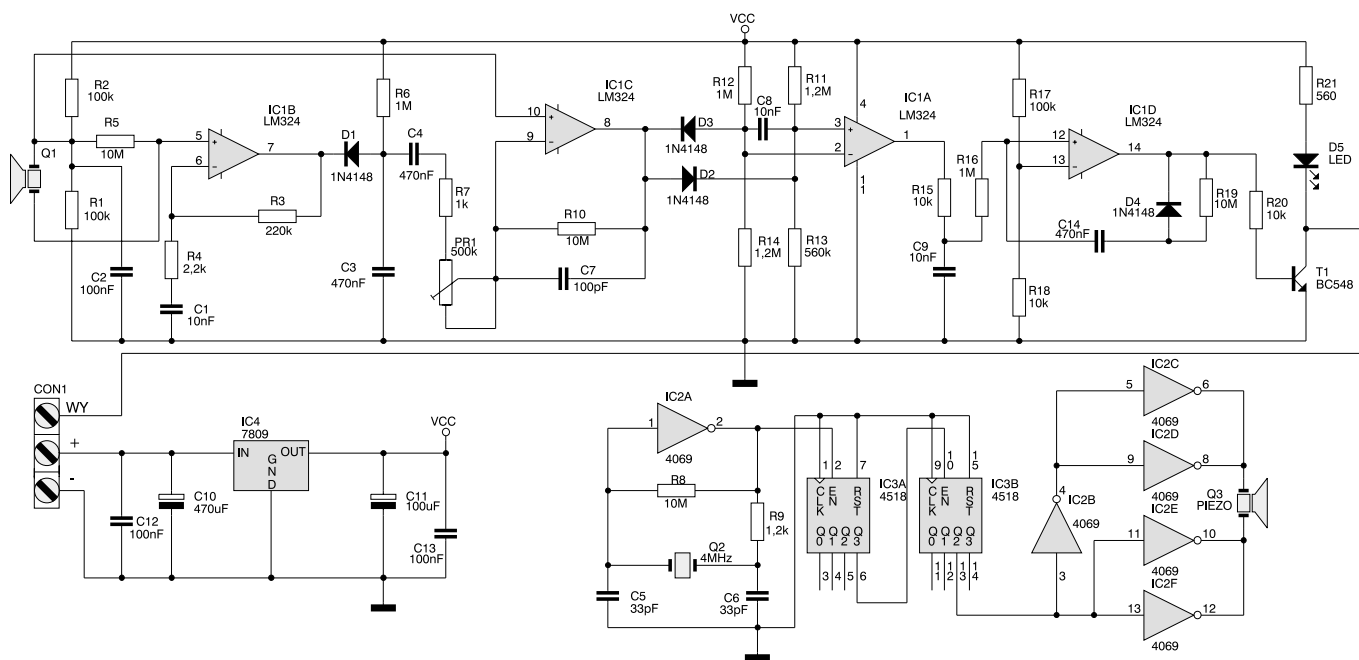
$$\nu = \nu_0(1 - \beta_1 \cos \phi_1) / (1 - \beta_2 \cos \phi_2)$$

gdzie:  $\nu_0$  - częstotliwość emitowanej fali,  $\beta_1 = v/u$  - stosunek prędkości obserwatora  $v$  do prędkości fali  $u$ ,  $\phi_1$  - kąt pomiędzy kierunkiem ruchu obserwatora i kierunkiem propagacji fali,  $\beta_2 = V/u$  - stosunek prędkości źródła fali  $V$  do prędkości fali  $u$ ,  $\phi_2$  - kąt pomiędzy kierunkiem ruchu źródła i kierunkiem propagacji fali.

W akustyce, w przeciwieństwie do optyki, zmiana częstotliwości wywołana zjawiskiem Dopplera zależy nie tylko od wartości prędkości ruchu względnego, ale i od prędkości względem ośrodka.

Zjawisko Dopplera wykorzystywane jest w wielu dziedzinach, m.in. w urządzeniach radiolokacyjnych do pomiaru prędkości obiektu.

W naszym układzie zarówno źródło dźwięku (ultradźwięku), czyli nadajnik Q3, jak i odbiornik Q1 znajdują się w spoczynku. Analizować będziemy nie częstotliwość fali emitowanej przez poruszający się obiekt, ale od takiego obiektu odbitej.



Rys. 1. Schemat elektryczny detektora ruchu.

Schemat detektora możemy podzielić na trzy części: nadajnik ultradźwięków, odbiornik, układ detekcji częstotliwości zdudniowej oraz przerzutnik monostabilny wraz z układem wyjściowym. Omówimy je kolejno.

Nadajnik ultradźwięków składa się z generatora o częstotliwości 4MHz zrealizowanego na inwerterze IC2A, dzielnika częstotliwości przez 100 zbudowanego z wykorzystaniem dwóch liczników dziesiętnych zawartych w strukturze układu 4512 - IC3 i wzmacniacza wyjściowego wykorzystującego inwerter IC2B i jako „stopień mocy“ cztery pozostałe inwertery z układu IC2 - 4067. Częstotliwość sygnału wytwarzanego przez generator z IC2A jest następnie dzielona przez 100 i podawana na wejście inwertera IC2B, który bezpośrednio steruje stopniem wyjściowym, pracującym w układzie przeciwsobnym. Konstrukcja nadajnika ultradźwięków została nieco skomplikowana, ponieważ podczas jej opracowywania napotkaliśmy na trudności ze zdobyciem rezonatora kwarcowego o częstotliwości podstawowej 40kHz. Jeżeli jednak ktoś z Was posiada taki rezonator, to może uprościć konstrukcję nadajnika pomijając dzielnik częstotliwości i łącząc wyjście generatora IC2A z wejściem inwertera IC2B.

Odbite od otoczenia ultradźwięki odbierane są przez mik-

rofon Q1, a następnie wstępnie wzmacniane w układzie z wzmacniaczem operacyjnym IC1B i poddawane detekcji. Jeżeli odbierany sygnał pochodzi jedynie z odbicia od nieruchomych przedmiotów, czyli jego częstotliwość jest równa częstotliwości emitowanej przez nadajnik, to napięcie na kondensatorze C3 jest stałe. Jeżeli jednak układ odbiorczy wykryje poruszające się przedmioty, to sygnał o częstotliwości różnicowej, wynikającej z zsumowania sygnałów o częstotliwości nadawanej i odbitej od poruszającego się obiektu spowoduje powstanie na kondensatorze C3 ciągu impulsów o niewielkiej częstotliwości. Zarówno dodatnie jak i ujemne impulsy zostaną wzmocnione przez wzmacniacz IC1A i podane na wejście przerzutnika monostabilnego IC1D. Na wyjściu tego przerzutnika pojawia się ciąg impulsów prostokątnych, które powodują wysterowanie tranzystora T1 i impulsowe świecenie diody LED D5.

Dioda LED jest tylko elementem sygnalizacyjnym, a do układu można dołączyć wejście innego urządzenia, np. samochodowej lub domowej centralki alarmowej, reagujące na jego zwarcie do masy.

## Montaż i uruchomienie

Na rys. 2 pokazano rozmieszczenie elementów na płytce obwodu drukowanego. Płytkę tą, ze

## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

PR1: potencjometr montażowy miniaturowy 500kΩ  
 R1, R2, R17: 100kΩ  
 R3: 220kΩ  
 R4: 2,2kΩ  
 R5, R8, R10, R19: 10MΩ  
 R6, R12, R16: 1MΩ  
 R7: 1kΩ  
 R9: 1,2kΩ  
 R14, R11: 1,2MΩ  
 R13: 560kΩ  
 R15, R18, R20: 10kΩ  
 R21: 560Ω

### Kondensatory

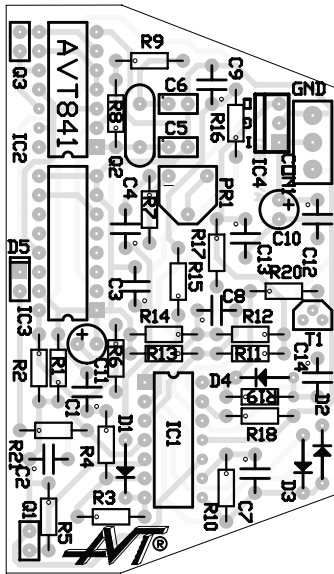
C1, C8, C9: 10nF  
 C2, C12, C13: 100nF  
 C3, C4, C14: 470nF  
 C5, C6: 33pF  
 C7: 100pF  
 C10: 470µF/16V  
 C11: 100µF/10V

### Półprzewodniki

IC1: LM324  
 IC2: 4069  
 IC3: 4518  
 IC4: 7809  
 D1, D2, D3, D4: 1N4148  
 D5: LED  
 T1: BC548 lub odpowiednik

### Różne

CON1: ARK3 (3,5mm)  
 Q1: odbiornik ultradźwięków  
 Q3: nadajnik ultradźwięków  
 Q2: rezonator kwarcowy 4MHz  
 Obudowa typu KM-23



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

względem na znaczną komplikację połączeń i chęć zmieszczenia układu w stosunkowo niewielkiej obudowie, została wykonana na laminacie dwustronnym. Montaż wykonujemy w typowy sposób, rozpoczynając od wlutowania w płytkę rezystorów i diod małej mocy, a kończąc na kondensatorach elektrolitycznych i stabilizatorze napięcia. Nadajnik i odbiornik lutujemy do płytki za pośrednictwem krótkich odcinków srebrzanki, wyginając je tak, aby płytkę wraz z zamontowanymi na niej elementami mieściła się swobodnie w obudowie.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga żadnego uruchamiania, a jedynie nieskomplikowanej regulacji, którą jednak zalecałbym wykonać w miejscu stałego zamontowania urządzenia. Jeżeli jednak chcecie już teraz sprawdzić, czy zbudowany układ działa poprawnie, to ustawiamy potencjometr montażowy PR1 w środkowym położeniu i po dołączeniu napięcia zasilającego (ok. 12VDC, niekoniecznie stabilizowane) obserwujemy, pozostając w bezruchu diodę LED. Po kilku błyskach i ustaleniu się warunków pracy układu dioda ta powinna zgasnąć. Następnie poruszamy się w pomieszczeniu lub po prostu ruszamy ręką. Dioda LED powinna natychmiast włączyć się i po

ustaniu bodźców, wyzwalających układ, powtórnie zgasnąć. Układ jest bardzo czuły i podczas jego pierwszego uruchamiania nie obyło się bez małej wpadki. Włączyłem zasilanie i po ustawieniu PR1 przestałem się poruszać. Jednak dioda LED nie przestawała migotać. Już chciałem brać się za szukanie błędu, kiedy przyszło mi do głowy, aby... przestać także oddychać! Pomogło, układ okazał się sprawny i tak czuły, że reagował nawet na minimalne poruszenia ciała podczas oddychania!

Jeżeli wszystko jest w porządku, to przystępujemy do jedynej nieprzyjemnej czynności związanej z wykonaniem naszego detektora ruchu - umieszczenia go w obudowie. Wprawdzie obudowa typu KM-23 pozornie idealnie nadaje się do naszych celów, posiada otwory na nadajnik i odbiornik ultradźwięków i odpo-

wiedni uchwyt do zamocowania jej, ale producent nie umieścił w jej wnętrzu żadnych elementów, do których można by było zamocować płytkę. Podczas montażu prototypu poradziłem sobie w najprostszy sposób: po prostu przykleiłem płytkę do wnętrza obudowy za pomocą bezcennego dla amatorów kleju POXIPOL. Sądzę, że i Wam mogę polecić tę metodę.

Ostateczną regulację urządzenia wykonujemy także za pomocą potencjometru montażowego PR1, już po zamocowaniu układu w miejscu dla niego przeznaczonym.

**Zbigniew Raabe, AVT**  
**zbigniew.raabe@ep.com.pl**

*Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/pcb.html> oraz na płycie CD-EP01/2000 w katalogu PCB.*