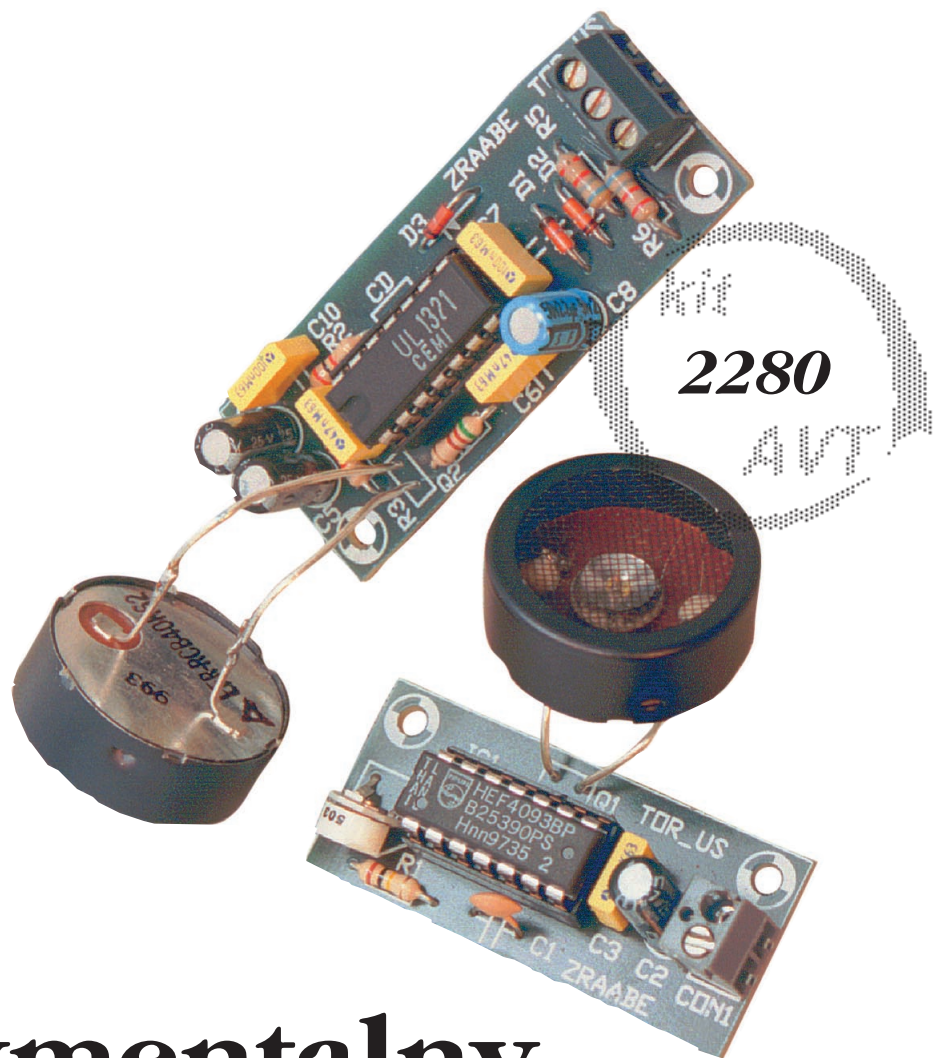


Chciałbym zaproponować Czytelnikom EdW budowę prostego układu, za pomocą którego wkroczymy na obszar mało jeszcze spenetrowany: dźwięków niesłyszalnych dla człowieka, a odgrywających wielką rolę w przyrodzie i technice. Mam tu na myśli, jak się pewnie domyślicie, ultradźwięki. Ultradźwięki o częstotliwości powyżej 20 000 Hz, niesłyszalne dla ucha ludzkiego, którego górna granica słyszalności nie przekracza najczęściej nawet 17kHz, są odbierane przez niektóre zwierzęta (psy, nietoperze). Ultradźwięki są stosowane w technice (m.in. w badaniach nieniszczących), echolokacji i hydrolokacji. Szczególnie ważne jest zastosowanie ultradźwięków w medycynie. Ultrasonografia, USG – metoda diagnostyczna wykorzystująca zjawisko echa ultradźwiękowego jest jedną z częściej stosowanych nieinwazyjnych metod badania narządów wewnętrznych. W odróżnieniu od metod diagnostycznych opartych na promieniowaniu



Eksperymentalny tor ultradźwiękowy

rentgenowskim, badania przeprowadzane za pomocą ultradźwięków nie wywierają negatywnego wpływu na organizm człowieka (przynajmniej takiego wpływu, jak dotąd, nie stwierdzono).

Proponowany układ ma przede wszystkim charakter eksperymentalny i może posłużyć zdobywaniu praktycznych danych na temat ultradźwięków i ich stosowania. Nie oznacza to jednak bynajmniej, że nie ma on żadnego konkretnego zastosowania praktycznego. Wprost przeciwnie, wykorzystując to proste, zbudowane na zaledwie dwóch układach scalonych urządzenie możemy zrealizować aż dwa układy mające praktyczne zastosowanie. Pierwszym jest tor ultradźwiękowy, który może być interesującą alternatywą dla powszechnie stosowanych w układach alarmowych aktywnych torów podczerwieni. Zasięg takiego toru może, w wykonaniu podstawowym, wynosić kilka

metrów, a przy zastosowaniu dodatkowych elementów skupiających wiązkę ultradźwięków nawet kilkanaście metrów. Taka bariera ultradźwiękowa może zostać zastosowana nie tylko w układach alarmowych, ale wszędzie tam, gdzie potrzebujemy uzyskać informację o przekroczeniu wyznaczonej linii przez osobę lub przedmiot.

Drugim, możliwym do wykonania bez jakichkolwiek przeróbek zastosowaniem proponowanego układu jest wykorzystanie go jako prostego, dość prymitywnego sonaru o niewielkim zasięgu. Nie umożliwi on dokładnej lokalizacji śledzonego obiektu w przestrzeni, ani też pomiaru odległości. Sonar dający takie możliwości jest obecnie w ostatnim stadium testowania i w najbliższej przyszłości jego opis zostanie przekazany do dyspozycji Czytelników. Nasz układ może służyć jedynie rejestracji faktu zbliżenia się do jakiegoś obiektu. Jedno

z możliwych zastosowań nasuwa się samo: urządzenie może być prostym „radarem” do parkowania, sygnalizującym zbliżanie się tyłu samochodu do przeszkody. Osobiście, opierając się na długoletniej praktyce kierowcy, jestem zdania, że lepiej nauczyć się sprawnie parkować samochód bez pomocy takich „wynalazków”, niemniej zastosowanie proponowanego urządzenia w samochodach o bardzo ograniczonej widoczności do tyłu (np. Polonez TRUCK), może mieć pewien sens.

Niemniej, jeszcze raz podkreślam, proponowany układ ma za zadanie przede wszystkim zachęcenie Was do eksperymentów z ultradźwiękami, których wyniki mogą być doprawdy bardzo nauczające. W dalszej części artykułu przekażę Wam kilka sugestii, które mogą zostać wykorzystane przy ciekawych doświadczeniach z wykonanym urządzeniem.

Projekty AVT

Proponowany układ został zaprojektowany z wykorzystaniem tanich i ogólnie dostępnych elementów, a jego wykonanie nie przekracza możliwości nawet zupełnie początkujących elektroników. Jedynymi elementami trochę trudniejszymi do zdobycia są dwa przetworniki ultradźwiękowe, które jednak znajdują się w ofercie handlowej AVT.

Podczas konstruowania tego układu naszyły mnie smutne refleksje. Zbudowałem urządzenie, z którym za chwilę pozwolę sobie Was zapoznać, obok na biurku leży prawie ukończony i testowany projekt dalmierza ultradźwiękowego. Mogłoby się wydawać, że zrobiłem coś ciekawego. Tymczasem, w porównaniu z tym, co „powstało samo” nie zrobiłem właściwie niczego. Czym bowiem są nawet najdoskonalsze urządzenia echolokacyjne w porównaniu z maleńkim „urządzeniem” umieszczonym w organizmie niewielkiego stworzenia jakim jest zwykły, znany każdemu nietoperz. Za pomocą naszego sonaru będziemy mogli zlokalizować ścianę z odległości kilkunastu metrów. Tymczasem echolokator tego maleńkiego stworzonka potrafi namierzyć, z niewiarygodną precyzją, muchę z podobnej odległości! No cóż, nie pierwszy raz osiągnięcia techniki okazują się niczym wobec twórców przyrody! Dajmy jednak spokój filozofowaniu i bierzmy się za nasz układ.

Jak to działa?

Na **rysunku 1** został pokazany schemat elektryczny toru ultradźwiękowego. Górna część schematu przedstawia część nadawczą układu, a dolna odbiornik ultradźwięków. Nadajnik skonstruowany został z wykorzystaniem jednego układu scalonego typu 4093, zawierającego w swojej strukturze cztery bramki NAND z wejściami Schmitt'a. Bramka IC1A posłużyła do zbudowania prostego generatora impulsów prostokątnych, którego częstotliwość pracy określa pojemność C1 i połączone ze sobą szeregowo rezystancje R1

i PR1. W układzie modelowym częstotliwość ta wynosiła 40kHz. Bramka IC1B pracuje jako inwerter, dostarczając sygnałów o przeciwnej fazie do wejść dwóch bramek: IC1C i IC1D. Nadajnik ultradźwięków Q1 zasilany jest sygnałem prostokątnym w układzie przeciwsobnym z wyjść tych bramek.

Do skonstruowania odbiornika ultradźwięków zastosowany został popularny układ scalony typu UL1321. Kostka ta zawiera w swojej strukturze dwa przedwzmacniacze akustyczne z oddzielnym zasilaniem i jeden tranzystor typu NPN. W naszym układzie wykorzystany został tylko jeden z przedwzmacniaczy i tranzystor, co radykalnie uprościło konstrukcję odbiornika i zmniejszyło koszt jego wykonania. Pasma przenoszenia zastosowanego wzmacniacza sięga 300kHz, tak więc nadaje się on idealnie do wzmacniania dźwięków z pasma ponadakustycznego. Sygnał pobierany z wyjścia odbiornika ultradźwięków Q2 dostarczany jest do wejścia 14 układu

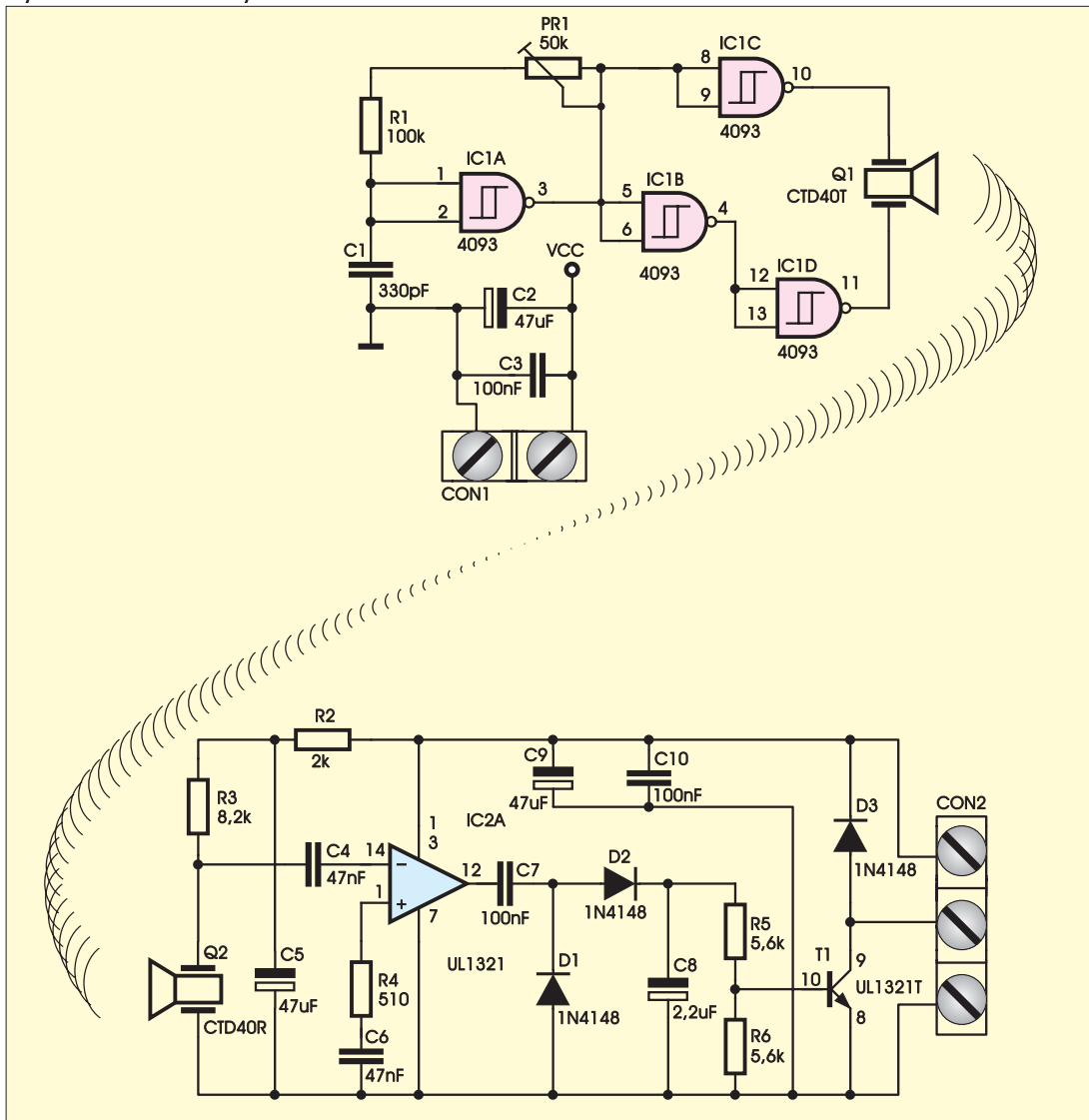
IC2A, wzmacniany i poddawany detekcji w układzie z diodami D1 i D2. Wzmocnienie układu może być w szerokich granicach zmieniane za pomocą doboru wartości rezystora R4. Jeżeli poziom odbieranych ultradźwięków jest wystarczająco silny, to kondensator C8 ładuje się do napięcia umożliwiającego spolaryzowanie bazy tranzystora T1 (zawartego w strukturze układu UL1321, stąd nazwa: UL1321T) i w konsekwencji przewodzenie tego tranzystora.

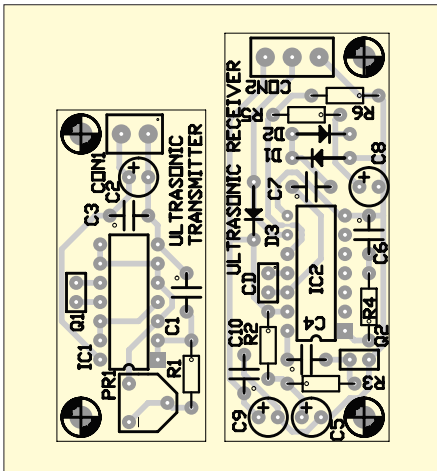
Tranzystor T1 może zostać wykorzystany do sterowania jakimkolwiek urządzeniem zewnętrznym, takim jak wejście centrali alarmowej, przekaźnik włączający sygnalizator czy też po prostu diodą LED.

Montaż i uruchomienie

Na **rysunku 2** została pokazana mozaika ścieżek płytek drukowanych, wykonanych na laminacie jednostronnym oraz rozmieszczenie na nich elementów. Montaż wykonujemy w typowy sposób, rozpoczą

Rys. 1. Schemat ideowy





Rys. 2. Schemat montażowy

nając od elementów o najmniejszych gabarytach, a kończąc na podstawkach pod układy scalone i kondensatorach elektrolitycznych. Przetworniki ultradźwiękowe dołączamy do płytek za pomocą odcinków cienkiego przewodu lub srebrzanki.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchamiania, a jedynie prostej regulacji. Za pomocą potencjometru montażowego PR1 ustawiamy częstotliwość pracy generatora zbudowanego na bramce IC1A. Częstotliwość ta powinna być równa częstotliwości rezonansowej zastosowanego przetwornika ultradźwiękowego i w układzie modelowym wynosiła 40kHz. Problem z regulacją układu mogą mieć jedynie ci konstruktorzy, którzy nie posiadają miernika częstotliwości. Tym kolegom polecam następujące metody regulacji:

Wykonać prosty miernik częstotliwości, np. AVT-2269 i za jego pomocą dokonać regulacji toru ultradźwiękowego.

W przypadku ostatecznym należy ustawić nadajnik i odbiornik naprzeciwko siebie, w odległości kilku metrów. Pomiędzy kolektor tranzystora T1 a plus zasilania można dołączyć diodę LED z rezystorem ograniczającym prąd o wartości

500Ω...1kΩ. Następnie pokręcając potencjometrem montażowym PR1 doprowadzamy do zapalenia się diody, co świadczyć będzie o zgrubnym dostrojeniu nadajnika do wymaganej częstotliwości. Następnie odsuwamy nieco odbiornik od nadajnika, aż do momentu zgaśnięcia diody LED i powtarzamy regulację. Kilukrotnie wykonanie opisanej czynności pozwoli na bardzo dokładne zestrojenie układu.

Metodę 2 stosujemy także w przypadku zamontowania w układzie przetworników ultradźwiękowych, których częstotliwości roboczych nie znamy.

Zbudowany układ może być zasilany napięciem stałym o wartości dopuszczalnej dla układów CMOS. Jeżeli będzie nam zależeć na uzyskaniu dużego zasięgu, to zalecam zastosowanie napięcia zbliżonego do maksymalnego, tj. do 15VDC.

Jak już wspomniałem we wstępie do niniejszego artykułu, układ ma dwa podstawowe zastosowania. W przypadku użycia go jako aktywnego toru ultradźwiękowego, np. przy współpracy z centralą alarmową, odbiornik należy ustawić dokładnie naprzeciwko nadajnika, w odległości z zasady nieco mniejszej od maksymalnego zasięgu urządzenia. Przerwanie wiązki ultradźwięków przez przesuwający się obiekt spowoduje rozwarcie tranzystora T1 i może być wykorzystane przez centralę jako kryterium alarmu. Jeżeli natomiast zechcemy wykorzystać zbudowany układ jako prosty sonar zdolny zlokalizować duże obiekty z odległości paru metrów, to ustawiamy nadajnik obok odbiornika, tak jak pokazano na **rysunku 3**.

Nadeszła wreszcie pora na powiedzenie paru słów o proponowanych eksperymentach, jakie możemy wykonać za pomocą zbudowanego układu. Celem ich ma być przede wszystkim przygotowanie się do budowy bardziej skomplikowanych urządzeń wykorzystujących ultradźwięki. Warto zbadać, jaki jest współczynnik odbijania fal ultra-

Wykaz elementów

Rezystory

PR1: potencjometr montażowy miniaturowy 50kΩ
R1: 100kΩ
R2: 2kΩ
R3: 8,2kΩ
R4: 510Ω
R5, R6: 5,6kΩ

Kondensatory

C1: 560pF
C2: C5, C9: 47µF/16
C3: C7, C10: 100nF
C6: C4: 47nF
C8: 2,2µF/16

Półprzewodniki

D1, D2, D3: 1N4148
IC1: 4093
IC2: UL1321

Pozostałe

CON1 : ARK2 (3,5mm)
CON2: ARK3 (3,5mm)
Q1: nadajnik ultradźwięków typu CTD40T lub o podobnej charakterystyce
Q2: odbiornik ultradźwięków typu CTD40R lub o podobnej charakterystyce

dźwiękowych przez przedmioty wykonane z różnych materiałów i na jaki użyteczny zasięg będzie można liczyć. Interesujące może być także zbadanie kąta rozchodzenia się wiązki ultradźwięków generowanych przez przetworniki różnego typu i charakterystykę kierunkową odbiorników.

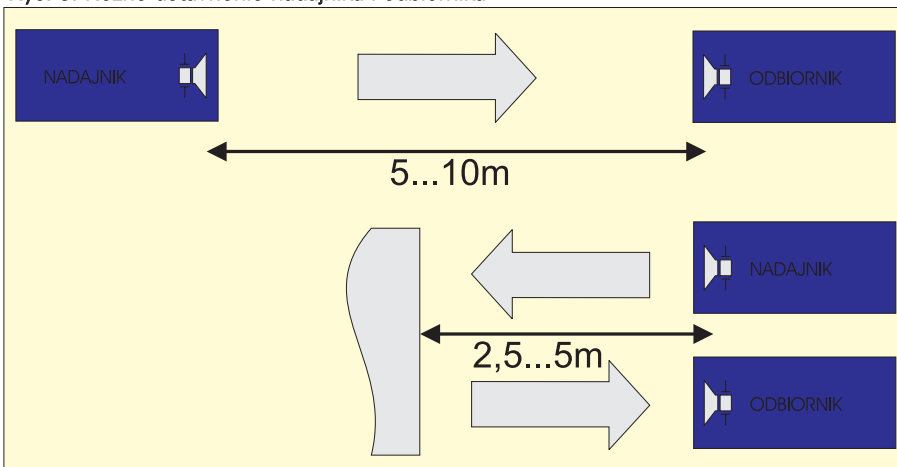
Na zakończenie chciałbym polecić moim kolegom przeprowadzenie prostego, ale bardzo pouczającego eksperymentu, do którego wykonania potrzebny będzie jednak oscyloskop, niekoniecznie wysokiej klasy. Sondę oscyloskopu dołączamy do wyjścia (pin 12) wzmacniacza odbiornika i obydwa elementy toru ultradźwiękowego ustawiamy obok siebie. Naprzeciwko umieszczamy coś, co będzie odbijać wiązkę ultradźwięków, np. trzymany w ręku kawałek tektury. W tym momencie na ekranie oscyloskopu powinniśmy zaobserwować ładną sinusoidę, w przypadku dużej siły odbieranego sygnału z „ładnie przyciętymi” wierzchołkami. Następnie dość szybkim ruchem kilkakrotnie odsuwamy i przysuwamy odbijający ultradźwięki obiekt od zespołu nadajnik – odbiornik, cały czas bacznie obserwując ekran oscyloskopu. A teraz odpowiedzcie sobie, drodzy Koledzy na następujące pytania:

- Jak nazywa się zjawisko, które zaobserwowaliśmy na ekranie oscyloskopu?
- Jak nazywa się element wyposażenia nowoczesnych samolotów bojowych USAAF, wykorzystujący to zjawisko?

I wreszcie najciekawsze:

- Jakie interesujące urządzenia możemy zaprojektować, bazując na tym, co zaobserwowaliśmy?

Rys. 3. Różne ustawienie nadajnika i odbiornika



Zbigniew Raabe