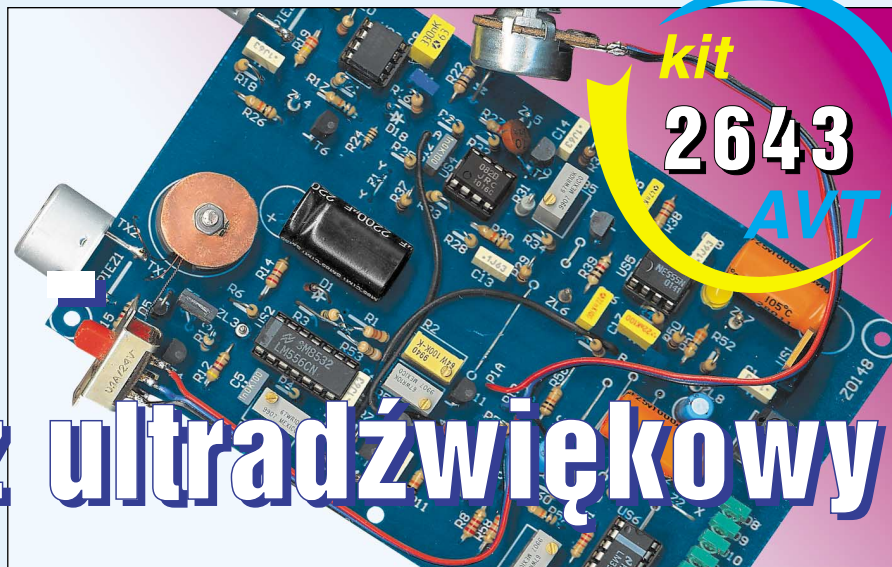




Sonar - dalmierz ultradźwiękowy



Opisane urządzenie umożliwia wskazanie odległości od 10cm do 10m oraz przybliża zjawisko związane z rozchodzeniem się fal ultradźwiękowych.

Ultradźwięki są to fale sprężyste, niewywołujące wrażenia słuchowego, o częstotliwości od 16kHz do 1GHz (hiperdźwięki). Ultradźwięki rozchodzą się w takich ośrodkach sprężystych jak: powietrze, woda, metal, beton itp. W każdym z tych ośrodków ultradźwięki rozchodzą się z inną prędkością, co ukazuje tabela 1. Prędkość ultradźwięków zależy również od temperatury danego ośrodka. Ultradźwięki wykorzystuje się w wielu dziedzinach życia np.: przemysłe, hydroakustyce, defektoskopii, medycynie.

Stan skupienia	Ośrodek	Prędkość dźwięku (m/s)	Temperatura ośrodka (°C)
Gaz	Powietrze	332	0
		343	20
		349	30
	Dwutlenek węgla	260	0
Ciecz	Woda	1400	4
		1460	15
Ciało stałe	Lód	3230	-
	Miedź	5100	-
	Szkló	5100-5640	-
	Stal	5790	-

Tabela 1

Do wytworzenia ultradźwięków człowiek wykorzystuje zjawiska magnetostrykcji i elektrostrykcji. W uproszczeniu zjawiska te polegają na tym, że jeżeli w szybkozmiennym polu magnetycznym lub elektrycznym umieścimy pewne materiały, to wystąpią ich odkształcenia o częstotliwości równej zmianom pola.

Przetworniki magnetostrykcyjne (piezomagnetyczne) wykonuje się z materiałów ferromagnetycznych - takich jak: nikiel, żelazo

lub ich stopów - wykonanych w postaci rdzeni. Materiały te pobudzane są do kurczenia się pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego wytwarzanego przez cewkę nawiniętą wokół rdzenia. Maksymalną sprawność przetwornika uzyskuje się przy pracy na częstotliwości rezonansowej, która zależy od wymiarów rdzenia.

Przetworniki elektrostrykcyjne (piezoelektryczne), którymi są najczęściej kryształy kwarcu, mocuje się między elektrodami kondensatora płaskiego. Przyłożenie do elektrod tak zbudowanego przetwornika, zmiennego pola elektrycznego powoduje fizyczne zmiany wymiarów kwarcu w takt zmian tego pola oraz drgania membrany przymocowanej mechanicznie do kryształu. Amplituda drgań kwarcu jest tym większa im większa jest amplituda napięcia doprowadzonego do przetwornika.

Sprawność przetworników ultradźwiękowych jest niewielka i wynosi od 10 do 15%.

Zasada działania

Aby zmierzyć odległość od przeszkody należy zmierzyć czas jaki upływa od wysłania sygnału ultradźwiękowego przez nadajnik, aż do odebrania powracającego echa przez odbiornik (rys. 1). Echo powstaje w wyniku odbicia dźwięku od przeszkody. Ponieważ prędkość dźwięku w powietrzu jest stała (zależy w niewielkim stopniu od temperatury oraz ciśnienia atmosferycznego), a czas potrafimy zmierzyć, to obliczenie odległości nie stanowi problemu. Do tego celu można użyć następującego wzoru:

$$S = \frac{Vt}{2}$$

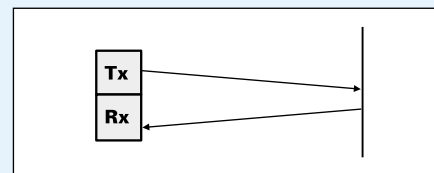
S - odległość mierzona w [m]

V - prędkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu (343m/s)

t - czas od wysłania do odebrania ultradźwięków w [s]

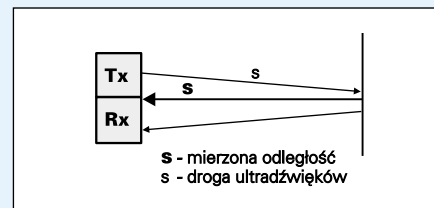
Iloczyn prędkości i czasu należy podzielić przez dwa, ponieważ odległość mierzona jest dwa razy krótsza niż droga jaką pokonują

ultradźwięki od nadajnika do przeszkody i od przeszkody do odbiornika (rys. 2).



Rys. 1 Zasada działania

Rys. 2 Zasada pomiaru



Opis układu

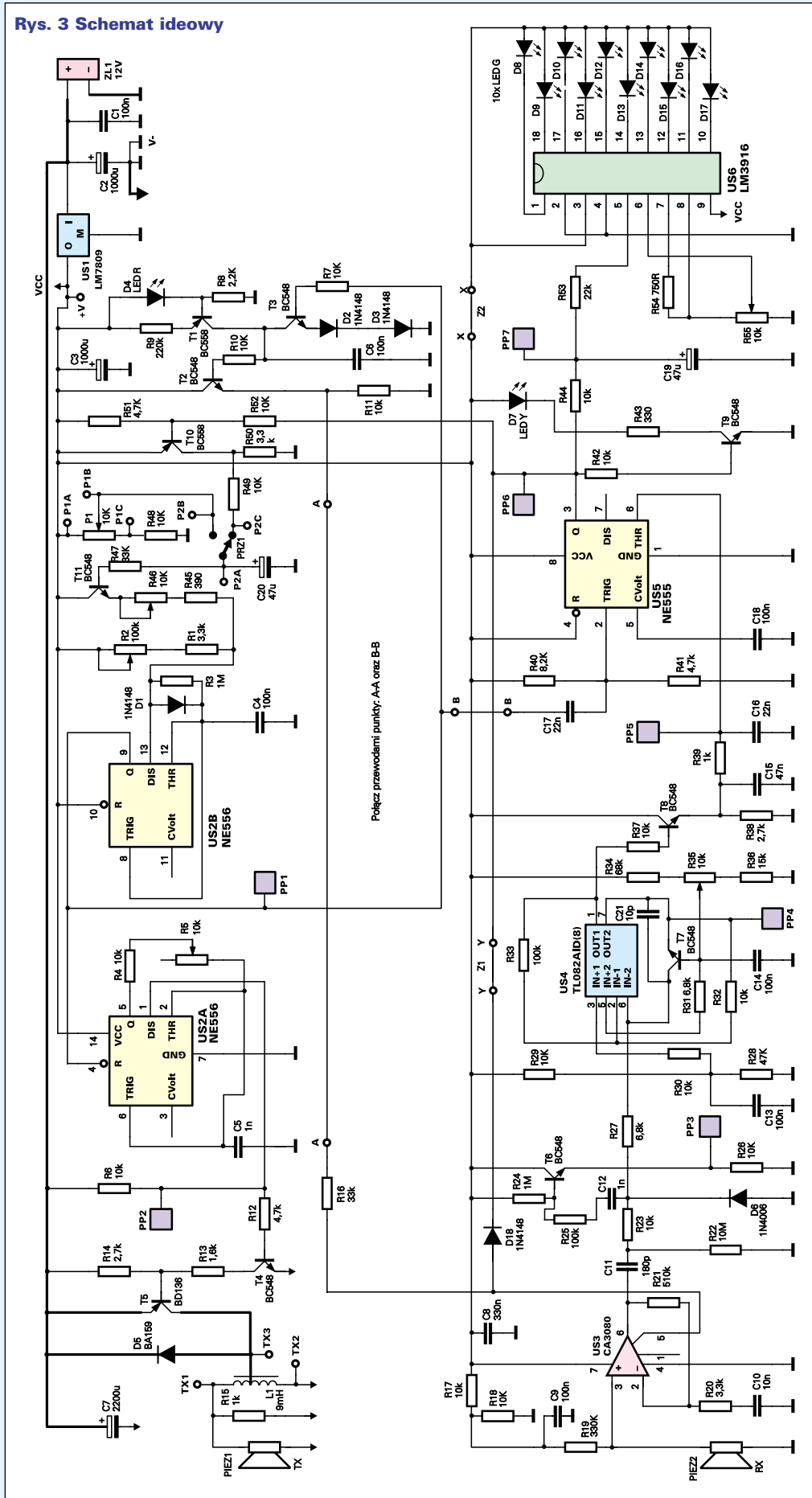
Schemat ideowy przedstawiony został na rysunku 3.

Większość przetworników ultradźwiękowych przeznaczonych do pracy w powietrzu, działa na częstotliwości 40kHz. Ma to związek z oporem powietrza, który rośnie wraz ze wzrostem częstotliwości. Dlatego też praktyczne wykorzystanie ultradźwięków w powietrzu ograniczone jest do ok. 60kHz. Ja użyłem przetworników typu MA40A5 firmy MURATA pracujących również na częstotliwości 40kHz.

Nadajnik

Nadajnik zbudowany został w oparciu o układ scalony 556, który zawiera w swoim wnętrzu dwa popularne przerzutniki typu 555. Pierwszy z przerzutników pełni rolę generatora impulsów sterujących. Impulsy generowane są co ok. 70ms. Wartość tę można zmieniać dobierając rezystor R3. Długość trwania impulsów sterujących zależy od rezystancji włączonej między nóżkę 8 US2, a +9V.

Rys. 3 Schemat ideowy



Drugi przerzutnik jest generatorem fali nośnej. Generuje przebieg prostokątny o częstotliwości 40kHz i wypełnieniu 50%. Dokładne dostrojenie częstotliwości umożliwiwa rezystor R5. Częstotliwość nośna kluczowana jest impulsami sterującymi wytwarzanymi przez pierwszy przerzutnik. W ten sposób zmodulowany przebieg skierowany jest do sterownika nadajnika zbudowanego z tranzystorów T4 i T5. Przetwornik piezoelektryczny zasilany jest z autotransformatora. Autotransformator umożliwia: po pierwsze - optymalne dopasowanie przetwornika do sterownika nadajnika, a po drugie - zwiększenie napięcia zasilającego przetwornik do ok. 100V, co oczywiście zwiększa zasięg działania urządzenia.

Odbiornik

Napięcie wytworzone na zaciskach przetwornika odbiorczego, jakie pojawia się po odbiorze echa, zostaje wzmacnione we wzmacniaczu operacyjnym CA3080. Maksymalne wzmocnienie tego układu dla częstotliwości 40kHz wynosi ok. 150 razy. Kondensator C10 wraz z rezystorem R20 tworzą filtr górno-przepustowy, który tłumí przebiegi o częstotliwościach niższych niż 40kHz. Przebiegi powyżej 40kHz są tłumione przez ograniczone pasmo przenoszenia samego wzmacniacza. Wejście nieodwracające wzmacniacza polaryzowane jest połową napięcia zasilania poprzez rezystor R19. Wzmocniony sygnał podawany jest następnie na wzmacniacz logarytmujący zbudowany w oparciu o jeden z dwóch wzmacniaczy operacyjnych układu scalonego TL082. Dzięki zastosowaniu tego rozwiązania o wiele łatwiej jest „wyłuskać” interesujące nas echo spośród odbitych sygnałów umebłowanego pokoju. Tak wyselekcjonowany sygnał podawany jest na drugi wzmacniacz układu US4. Wzmacniacz ten ma za zadanie wzmocnić nawet mały sygnał dostarczony na wejście, najlepiej aż do przesterowania. Dzięki temu na wyjściu otrzymujemy sygnał o stałej amplitudzie. Ponieważ wzmacniacz pracuje w układzie odwracającym, amplituda przebiegu

wyjściowego jest dodatnia. Tranzystor T8 jest wtórnikiem emiterowym separującym obciążenie, a obciążenie to prosty filtr RC oraz przerzutnik RS zbudowany na układzie scalonym 555 (US5). Przerzutnik ustawiany jest zboczem opadającym impulsu sterującego, pochodzącym z pierwszego generatora US2. Ustawienie przerzutnika powoduje pojawienie się stanu wysokiego na wyjściu (nóżka 3 US5). Zerowanie następuje po pojawieniu się zbocza narastającego na nóżce 6 US5. W wyniku takiej konfiguracji na wyjściu przerzutnika otrzymujemy impulsy prostokątne o zmiennym wypełnieniu, zależnym tylko od mierzonej aktualnie odległości. Sygnalizuje to dioda D7 oraz prosty wskaźnik zbudowany na układzie liniiki diodowej LM3916. Napięcie sterujące liniijką diodową uzyskiwane jest poprzez uśrednienie wyżej wspomnianego przebiegu prostokątnego o zmiennym wypełnieniu w prostym filtrze R44, C19. Przebieg prostokątny skierowany jest również do generatora sterującego (US2). Tam po odwróceniu fazy i wyfiltrowaniu steruje bazą tranzystora T11, a tranzystor steruje szerokością generowanych impulsów. Takie rozwiązanie sprowadza pobór energii do minimum oraz, a może przede wszystkim, poprawia dokładność pomiaru. Im krótszy jest impuls sterujący, tym mniejszy jest błąd pomiarowy.

Urządzenie posiada jeszcze jedno ciekawe rozwiązanie. Aby móc mierzyć odległość rzędu kilkunastu metrów, potrzebne jest duże wzmocnienie toru odbiorczego. Jednak tak duże wzmocnienie uniemożliwia pomiary małych odległości (następuje przesterowanie). W celu rozwiązania tego problemu zastosowałem automatyczną, a raczej wymuszoną regulację wzmocnienia w zależności od mierzonego dystansu. Aby osiągnąć to założenie użyłem wzmacniacza CA3080. Jego wzmocnienie, a właściwie tłumienie zależy od prądu płynącego przez wyprowadzenie 5. Na nóżkę tę podawany jest przebieg piłokształtny synchronizowany impulsami sterującymi nadajnika. Napięcie piłokształtne wytwarzane jest w układzie źródła prądowego (T1), które stałym prądem ładuje kondensator C6. Tranzystor T3 rozładowuje pojemność (C6) pod wpływem impulsu sterującego. Po jego zaniku napięcie w sposób liniowy zaczyna rosnąć i zmniejsza tłumienie wzmacniacza.

Przerzutnik US5 połączony jest ze wzmacniaczem CA3080 poprzez diodę D8 i zwoję Z1. Takie połączenia umożliwia blokowanie odbiornika poza momentem pomiaru. Połączenie to nie jest konieczne przy obserwo-

waniu echa, jednak w czasie pomiarów odległości znacznie poprawia stabilną pracę urządzenia.

Układ, oprócz wzmacniacza nadajnika, zasilany jest napięciem 9V stabilizowanym przez układ US1.

Montaż i uruchomienie

Sonar można zmontować na płytce drukowanej pokazanej na rysunku 4.

Montaż należy rozpocząć od zamontowania stabilizatora oraz kondensatorów filtrujących (elementy US1, C1, C2, C3, C7, C8).

Następnie:

- do złącza ZL1 podłączyć 12V i sprawdzić stabilizowane napięcie 9V.
- zamontować elementy generatora fali nośnej (elementy US2, C5, R6, R5, R4), zewrzeć do +9V nóżkę 4 US2, podłączyć zasilanie i wyregulować rezystorem R5 częstotliwość 40kHz, mierząc ją w punkcie pomiarowym PP2.
- usunąć zwarcie, zamontować elementy (R1, R2, R3, C4, D1) generatora impulsów sterujących. Włączyć zasilanie, podłączyć oscyloskop do punktu pomiarowego PP1, ustawić rezystorem nastawnym R2 szerokość impulsu sterującego na 0,5ms. Zmierzyć czas między impulsami. Powinien wynosić mniej więcej 70ms. W moim przypadku było to 65ms.
- zamontować elementy generatora piły (T1, T2, T3, R7, R8, R9, R10, R11, R16, C6, D2, D3, D4), podłączyć zasilanie i obejrzeć przebieg na oscyloskopie. Sondę podłączyć do emitera T2. Oscyloskop należy synchronizować impulsami z punktu pomiarowego PP1.
- zamontować elementy nadajnika (T4, T5, L1, D5, R12, R13, R14, R15, PIEZ1). Cewka L1 o indukcyjności 9mH została nawinię-

ta na rdzeniu kubkowym ze szczeliną o średnicy 18mm. Rdzeń jest wykonany z materiału F2001. Liczbę zwojów należy dobrać do AL posiadanego rdzenia według wzoru:

$$z = L/AL$$

L - indukcyjność cewki w [nH]

AL- stała rdzenia

z - ilość zwojów

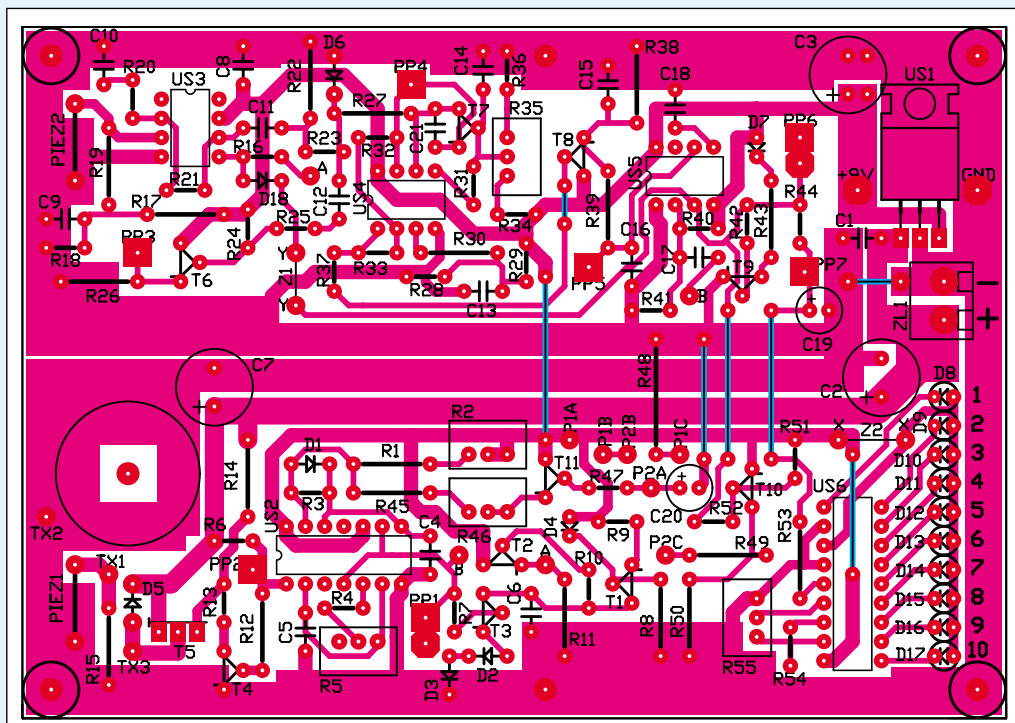
W moim przypadku było to:

$$z = 9000000/630 = 120 \text{ zw.}$$

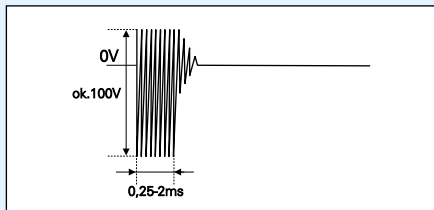
Średnicę drutu nawojowego należy wybrać jak największą, jednak taką, aby uzwojenie zmieściło się na karkasie, a połówki rdzenia dały się bez trudu złożyć. Przekładkę między uzwojeniami stosować nie trzeba. **W połowie uzwojenia należy wykonać odstęp.** Gotowe uzwojenie można zabezpieczyć przed rozwinięciem taśmą izolacyjną. Końce uzwojeń można dowolnie podłączyć do płytki, należy pamiętać tylko, aby odczep był połączony z kolektorem tranzystora T5 (punkt TX3). Gotowy transformator należy przykręcić do płytki śrubą M3 wykorzystując przeznaczony do tego otwór. Do przykręcenia radzę użyć minimalnej siły. Ponieważ rdzeń posiada szczelinę i wykonany jest z kruchego materiału, łatwo pęka. Pod nakrętkę najlepiej jest podłożyć podkładki: najpierw gumową, a następnie metalową. Średnica podkładek powinna być jak największa, najlepiej równa średnicy rdzenia. Nakrętkę można zabezpieczyć przed odkręcaniem kroplą lakieru do paznokci.

Po włączeniu zasilania z przetwornika powinno wydobywać się charakterystyczne „cykanie”. Następnie można zmierzyć oscyloskopem napięcie szczytowe na kolektorze

Rys. 4 Schemat montażowy



tranzystora T5 oraz na przetworniku. Amplituda powinna być zbliżona do 50Vpp na kolektorze T5 oraz dwa razy więcej czyli ok. 100Vpp na przetworniku (rys. 5).



Rys. 5 Napięcie mierzone na przetworniku

- zamontować elementy odbiornika (US3, C9, C10, C11, C12, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, D6, D8, T6, PIEZ2). Płytkę skierować przetwornikami w stronę przeszkody oddalanej o ok. 3 m. Podłączyć jeden z kanałów oscyloskopu do punktu PP3, a wejście wyzwalania do PP1. Po załączeniu zasilania na ekranie oscyloskopu będzie można obserwować echo odbite od przeszkody. Napięcie stałe zmierzone na nóżce 3 US3 powinno być zbliżone do połowy napięcia zasilania. Przy okazji, obserwując amplitudę echa, można ustawić rezystorem R5 dokładnie częstotliwość generatora fali nośnej tak, aby uzyskać jak największy zasięg.

- zamontować elementy (US4, T7, T8, C13, C14, C15, C16, C21, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39). Załączyć zasilanie i sprawdzić napięcie stałe na kondensatorze C13. Powinno wynosić ok. 7,3V, a na C14 powinno się zmieniać od 1,4 do ok. 2,4V w wyniku regulacji rezystorem nastawnym R35. Podłączyć oscyloskop do punktu pomiarowego PP5. Rezystorem R35 wyregulować tak, aby impulsy echa były wyraźnie widoczne i stabilne.

- zamontować elementy przerzutnika (US5, C17, C19, T9, D7, C18, R40, R41, R42, R43, R44). Oscyloskop podłączyć do PP6, włączyć zasilanie. Na ekranie oscyloskopu powinien pojawić się przebieg prostokątny, którego wypełnienie zależeć będzie od mierzonej odległości. Dioda D7 powinna błyskać, a intensywność błysków będzie zależeć od mierzonego dystansu (im dalej tym jaśniej).

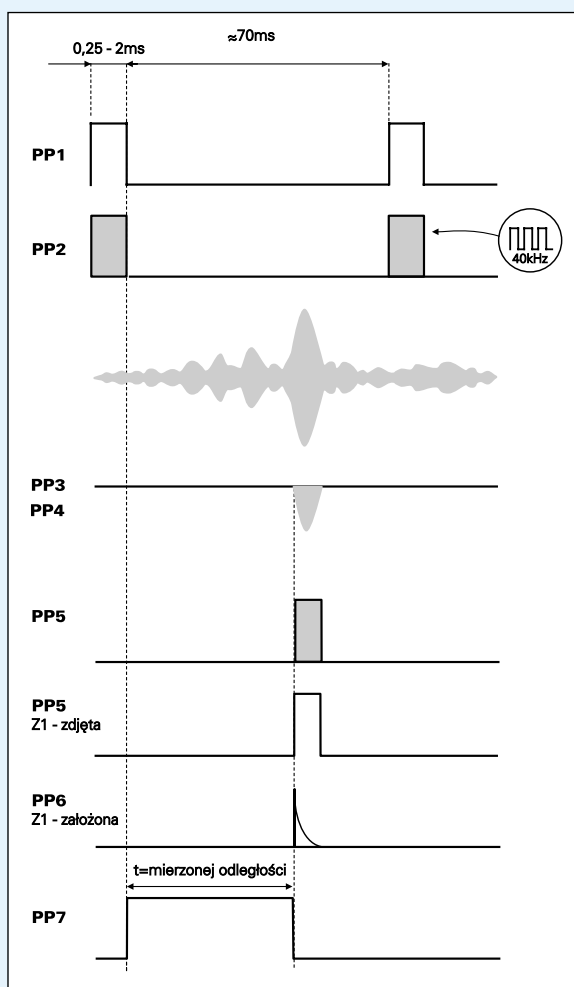
Punkt pomiarowy PP6 służy do podłączenia dowolnego miernika napięcia stałego, z którego w sposób analogowy (po wyskalowaniu) można odczytać odległość od przeszkody. Elementy R44, C19 tworzą filtr, który uśrednia napięcie przebiegu prostokątnego o zmiennym wypełnieniu na napięcie stałe o wartości zależnej od wypełnienia tego przebiegu.

- zamontować zwór Z1. Przebieg w punkcie pomiarowym PP5 powinien wyglądać tak, jak na rysunku 6.

- zamontować elementy automatycznej regulacji wypełnienia impulsu sterującego (T10, T11, C20, R52, R51, R50, R49, R48, R47, R46, R45, P1). Oscyloskop podłączyć do

PP1, włączyć zasilanie, podstawę czasu oscyloskopu ustawić na 0,1ms, przełącznik PRZ1 ustawić w pozycji „AUTO”. Do urządzenia zbliżyć przedmiot, najlepiej płaski, na odległość ok. 20cm od przetworników. Rezystorem nastawnym R46 wyregulować czas trwania impulsu na 0,25ms. Następnie zewrzeć wyprowadzenia przetwornika odbiorczego, rezystorem R2 ustawić czas trwania impulsu na 2,4ms. Dla pewności całą operację można powtórzyć. Usunąć zwarcie przetwornika. Teraz zmiana mierzonej odległości powinna pociągać za sobą zmianę czasu trwania impulsów sterujących (PP1, PP2).

- zamontować elementy liniiki diodowej (US6, D8-D17, R53, R54, R55). Rezystor nastawny R55 wyregulować tak, aby na każdym metr zapalała się jedna dioda.



Rys. 6 Przebiegi

Bez oscyloskopu

Regulacja bez użycia oscyloskopu jest możliwa, jednak precyzja i pewność ustawienia będzie oczywiście znacznie mniejsza.

- zamontować elementy stabilizatora napięcia oraz generatora fali nośnej. 4 nóżkę US2 zewrzeć do +9V. Mierzając częstotliciemierzem w punkcie PP2 ustawić rezystorem R5 częstotliwość 40kHz.

- zdjąć zwór, zamontować elementy generatora impulsów sterujących, lecz bez R46. Mierzając woltmierzem napięcia stałego (najlepiej wskazówkowym) ustawić rezystorem R2 napięcie 280mV w punkcie PP1.

- zamontować resztę elementów (bez R46), założyć zwór Z1. Układ ustawić w odległości 3 metrów od płaskiej przeszkody. Rezystor R35 najpierw ustawić maksymalnie w prawo (minimalne napięcie na bazie T7), a następnie przestraszać w lewo aż do momentu kiedy wynik przestanie się zmieniać (rośnąć). Sprawdzić czy sonar mierzy prawidłowo małe odległości - rzędu 10-15cm (najlepiej wskazówkowym) i ewentualnie wyregulować R35 obracając delikatnie z powrotem w prawo, aż układ będzie mierzył prawidłowo zarówno małe jak i duże odległości.

- jeżeli D7 miga i zmienia swoją intensywność świecenia w zależności od mierzonego dystansu, to można uznać, że urządzenie działa prawidłowo.

- zamontować R46, przełącznik PRZ1 ustawić w pozycji „AUTO”, od strony przetworników zbliżyć płaski przedmiot na odległość ok. 20cm, rezystorem nastawnym R46 ustawić napięcie 42mV w punkcie PP1.

- zewrzeć wyprowadzenia przetwornika PIEZ2, rezystorem R2 ustawić napięcie 280mV w punkcie PP1.

Wskazówki dodatkowe

Przetworniki ultradźwiękowe należy zamontować wykorzystując do tego celu krótkie odcinki srebrzanki o średnicy np. 0,8mm.

Wartość rezystora R3 wpływa na czas powtarzania impulsów sterujących zgodnie ze wzorem:

$$t = 0,7R3C4 \quad [s, F].$$

- wartość rezystora R9 wpływa na wartość prądu źródła prądowego, a co za tym idzie, na szybkość narastania napięcia przebiegu piłokształtnego.

- diody D2 i D3 wymuszają

minimalne napięcie piły, czyli minimalne wzmocnienie US3. Napięcie na emiterze tranzystora T3 w czasie jego nasycenia powinno wynosić 1,2...1,4V (mierzyć oscyloskopem).

- w czasie generowania impulsu sterującego na wyjściu US3 pojawia się skok napięcia stałego. Aby go wyeliminować, zastosować kondensator C11 o małej pojemności, który przepuszcza niemal bez strat częstotliwość 40kHz, natomiast silnie tłumi ów skok napięcia. Rezystor R22 obciąża wejście

wzmacniacza logarytmującego i umożliwiła jego stabilną pracę.

- ponieważ wzmacniacz logarytmujący może pracować tylko z sygnałami o polaryzacji do-

datniej zastosowałem diodę D6 oraz rezystor R23. Dioda zabezpiecza również tranzystor T7 przed ujemnymi przepięciami mogącymi go uszkodzić.

- napięcie polaryzujące wejście nieodwracające (nóżka 3) drugiego wzmacniacza US4 zostało tak dobrane (stosunek R28 do R29), aby uzyskać jak największą amplitudę na jego wyjściu (w moim przypadku było to 7,3V).

- przerzutnik US5 ustawiany jest opadającym zboczem impulsu sterującego dzięki elementom R40, R41, C17. Rezystory R40 i R41 zostały tak dobrane, aby na nóżce 2 US5 wymusić napięcie ok. 3,2V.

- po ustawieniu przełącznika PRZ1 w pozycji „MANUAL” potencjometrem P1 można ręcznie regulować szerokość impulsów sterujących. W czasie pomiaru odległości, pokrętko należy najpierw ustawić na minimum, a następnie powoli zwiększać szerokość impulsów, aż do momentu, kiedy pojawi się stabilny wynik (dioda D7 będzie równomiernie błyskać). UWAGA! Nie należy przeciążać przetworników długo utrzymując impulsy o maksymalnym czasie trwania. Swoje urządzenie testowałem z jednomilisekundowymi impulsami przez dłuższy czas (kilka godzin) z pozytywnym skutkiem. Przy dłuższych impulsach istnieje ryzyko uszkodzenia przetwornika.

- przy zasilaniu urządzenia z baterii, można ograniczyć pobór mocy wydłużając przerwy między impulsami sterującymi (należy zwiększyć rezystor R3). Należy też pamiętać o zwiększeniu stałej czasowej filtrów R44, C19 i R49, C20 oraz wyregulować linijkę diodową (R55).

- przy pomiarze odległości z wykorzystaniem oscyloskopu należy korzystać z punktu pomiarowego PP6. Stałą czasu oscyloskopu należy ustawić na 2ms. Dla ułatwienia wzór do obliczania odległości można uprościć do postaci:

$$S = 0,1715t$$

S - odległość mierzona w [m]

t - czas trwania impulsu w [ms]

- w celu obserwacji echa, oscyloskop należy podłączyć do punktu PP3, zdjęć zworek Z1, a przełącznik PRZ1 ustawić w pozycji regulacji ręcznej „MANUAL”.

Wykaz elementów

Rezystory

R1,R20,R50	.3,3kΩ
R2	.100kΩ PR miniaturowy „hellpod” pionowy
R3	.1MΩ
R4,R6,R7,R10,R11,R17,R18,R23,R26,R29,R30,R32,R37,R42,R44,R48,R49,R52	.10kΩ
R5,R35,R46,R55	.10kΩ PR miniaturowy „hellpod” pionowy
R8	.2,2kΩ
R9	.220kΩ
R12,R41,R51	.4,7kΩ
R13	.1,6kΩ
R14,R38	.2,7kΩ
R15	.1kΩ
R16,R47	.33kΩ
R19	.330kΩ
R21	.510kΩ
R22	.10MΩ
R24	.1MΩ
R25,R33	.100kΩ
R27,R31	.6,8kΩ
R28	.47kΩ
R34	.68kΩ
R36	.15kΩ
R39	.1kΩ
R40	.8,2kΩ
R43	.330Ω
R45	.390Ω
R53	.22kΩ
R54	.750Ω
P1	.10kΩ/A potencjometr

Kondensatory

C1	.100nF ceramiczny
C2,C3	.1000μF/16V
C4,C6,C9,C13,C14,C18	.100nF
C5,C12	.1nF

C7	.2200μF/16V
C8	.330nF
C10	.10nF
C11	.180pF
C15	.47nF
C16,C17	.22nF
C19,C20	.47μF/16V
C21	.10pF

Półprzewodniki

D1-D3,D18	.1N4148
D4	.LED R 3 mm okrągła
D5	.BA159
D6	.1N4006
D7	.LED Y 5 mm okrągła
D8-D17	.LED G 3mm prostokątne 2x5 mm
T1,T10	.BC558
T2-T4,T6-T8,T9,T11	.BC548
T5	.BD136
US1	.LM7809
US2	.NE556
US3	.CA3080
US4	.TL082
US5	.NE555
US6	.LM3916

Pozostałe

L1	.cewka 9mH (* patrz tekst)
PIEZ1 (TX)	.przetwornik (nadajnik) np. MA40A5S firmy MURATA
PIEZ2 (RX)	.przetwornik (odbiornik) np. MA40A5R firmy MURATA
PRZ1	.przełącznik 2-pozycyjny
ZL1	.ARK2
PODSTAWKI	.8 pin x 3 14 pin x 1 20 pin x 1
KOŁKI	.7 szt.

Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2643A

Przetworniki: 40ST (nadajnik) oraz 40SR (odbiornik) dostępne są w sieci handlowej AVT w cenie 6 zł za sztukę.

Olaf Janik