

# Wykrywacz metali o dużym zasięgu

## Czyli coś dla poszukiwaczy zaginionych pamiątek przeszłości

Wykrywacze impulsowe posiadają cały szereg zalet w porównaniu z wykrywaczami pracującymi na innej zasadzie. Można do nich przede wszystkim zaliczyć duży zasięg praktycznie taki sam w powietrzu, jak i w ziemi, bardzo dobrą czułość oraz zupełną niewrażliwość na zmiany mineralizacji gleby. Wadą jest brak możliwości rozróżniania metali ferro i diamagnetycznych.

**Rekomendacje:** znakomity projekt do wykonania na wakacje. Jest w stanie zintegrować całą rodzinę wokół poszukiwania skarbów.

Schemat ideowy wykrywacza przedstawiono na **rys. 1**. Wykrywacz działa na zasadzie emisji impulsu elektromagnetycznego w głąb gruntu. Obecność przedmiotu metalowego w pobliżu sondy, na skutek zmiany indukcyjności cewki wykrywacza, powoduje odkształcenie napięcia na cewce. Sygnał z cewki poddawany jest wzmocnieniu i po wycięciu z niego interesującego nas fragmentu zostaje on ponownie wzmocniony oraz scałkowany. Tak obrobiony steruje generatorem VCO, którego sygnał słyszymy w głośniku lub w słuchawkach.

Wykrywacz zbudowany jest z kilka podstawowych bloków. Opis zasady działania zaczniemy od układu wytwarzania i stabilizacji napięć zasilających. Zastosowano w nim nietypowy sposób zasilania części analogowej; masę połączono z dodatnim biegunem napięcia zasilania wykrywacza. Dlatego też uzyskanie dodatniego napięcia dla części analogowej wiąże się z koniecznością zastosowania przetwornicy podwyższającej napięcie, którą w opisywanym układzie zrealizowano z zastosowaniem IC5 (NE555).

Z przetwornicy nie jest pobierany zbyt duży prąd, więc pracuje ona w konfiguracji z pompą ładunku. W pierwszym cyklu po-

## AVT-5196

W ofercie AVT:  
AVT-5196A – płytką drukowaną  
AVT-5196B – płytką drukowaną + elementy

### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytką jednostronna o wymiarach 122×66 mm
- Zasilanie: akumulator żelowy 12 VDC/1,3 Ah, pobór prądu 100 mA, gniazdo zewnętrznego zasilacza 12 VDC
- Konstrukcja analogowo-cyfrowa, bez układów wymagających zaprogramowania
- Duży zasięg: praktycznie taki sam w powietrzu, jak w ziemi
- Duża czułość

### PROJEKTY POKREWNE

wymienione artykuły są w całości dostępne na CD

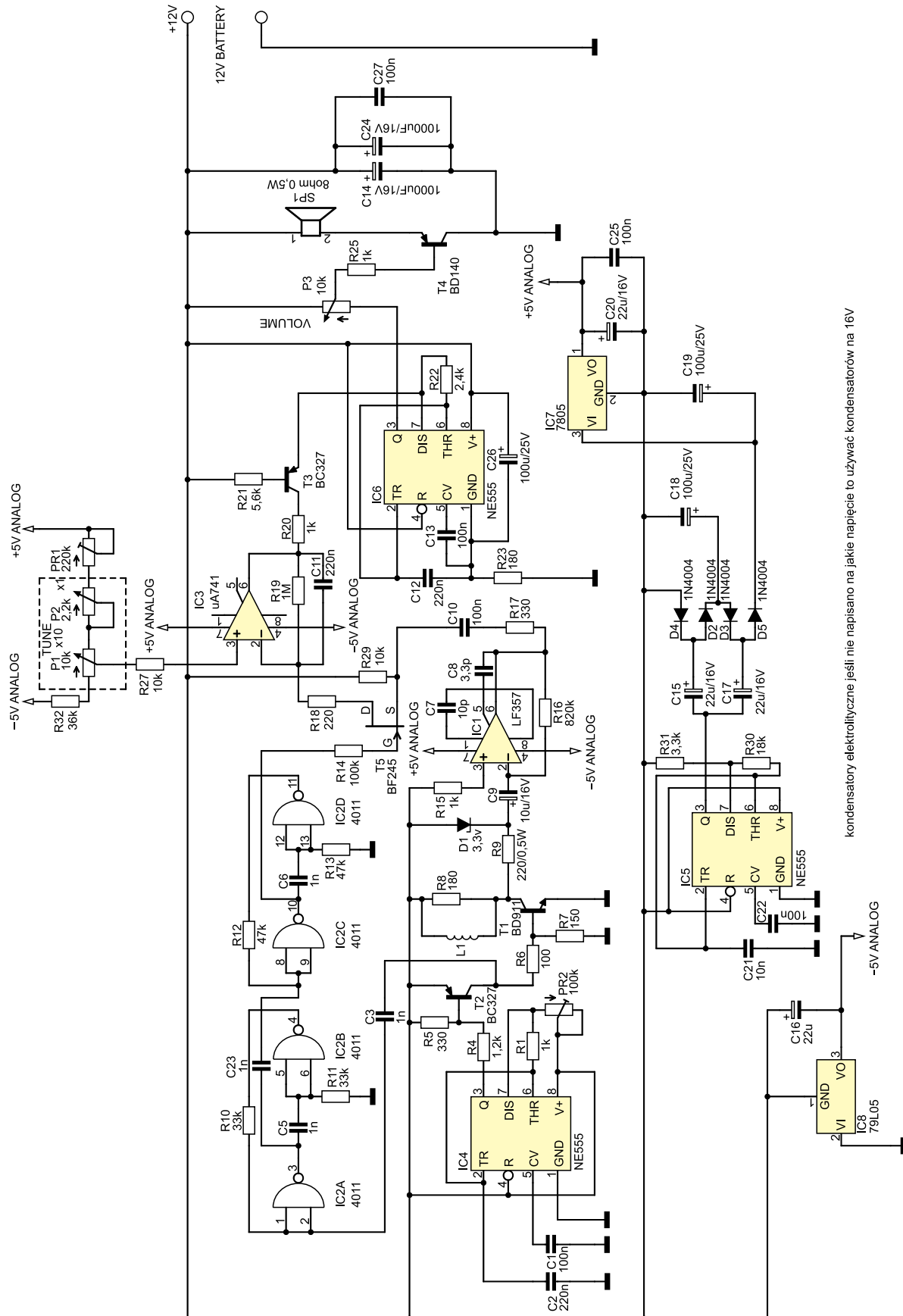
Tytuł artykułu	Nr EP/EdW	Kit
Mikroprocesorowy wykrywacz metali	EP 7/2001	AVT-5025
Impulsowy wykrywacz metali	EdW 8/2008	AVT-2874
Prosty wykrywacz metali	EP 10/1996	AVT-1104



przez diodę D4 ładowany jest kondensator C15 do wartości napięcia zasilania, a następnie (w drugim cyklu) energia w nim zgromadzona, poprzez diodę D2, przekazywana jest do kondensatora C18. Powoduje to ładowanie

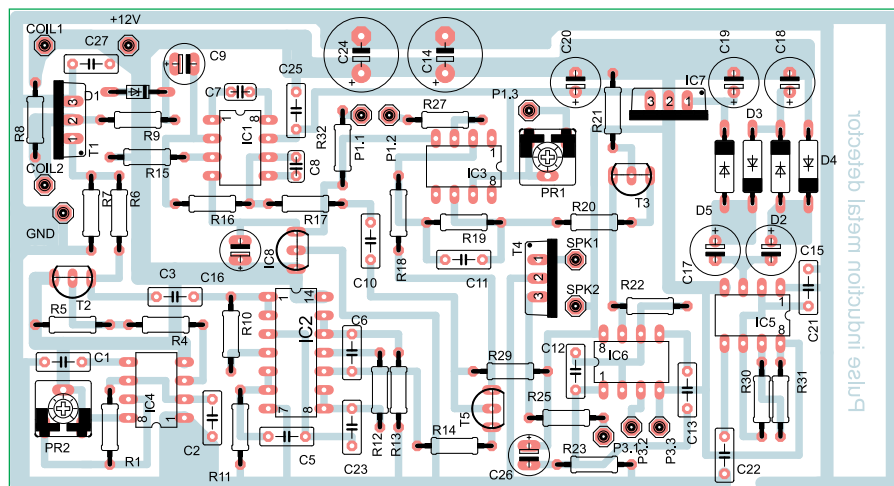
kondensatora C18 do wartości napięcia prawie równej podwojonemu napięciu zasilania wykrywacza. „Prawie”, ponieważ jest ono pomniejszone o spadki napięć na diodach D2, D4. Układ z diodami D3, D5 i kondensatorem C19

działa analogicznie do opisywanego wcześniej z tą tylko różnicą, że jego napięcie wejściowe jest równe wartości napięcia na kondensatorze C18. Cała przetwornica powieliła wartość napięcia zasilania wykrywacza blisko trzykrotnie.



kondensatory elektrolityczne jeśli nie napisano na jakie napięcie to używać kondensatorów na 16V

Rys. 1. Schemat ideowy wykrywacza



Rys. 2. Schemat montażowy płytki wykrywacza

Wzmacniacze operacyjne zasilane są napięciem symetrycznym o wartości  $\pm 5$  V. Za jego stabilizację względem masy analogowej odpowiadają stabilizatory IC7 i IC8.

Kondensatory C4, C14, C24, C16, C19, C20, C25 filtrują napięcia zasilające. Przebieg prostokątny zasilający cewkę generowaną jest przez drugi układ NE555 (IC4). Częstotliwość sygnału ustalają elementy C2, R1, PR2. Powinna ona być równa około 100 Hz, a ujemny impuls na wyjściu IC4 powinien mieć długość około 150  $\mu$ s.

Sygnal z wyjścia IC4 przez rezystor R4 steruje tranzystorem T2, który to odwraca go w fazie. Następnie, przez rezystor R6 steruje tranzystorem T1 zasilającym cewkę L1 sondy. Rezystor R8 ma za zadanie ograniczenie napięcia samoindukcji cewki L1. Sygnal z sondy, przez rezystor R9 i kondensator C9, trafia na wejście odwracające wzmacniacza operacyjnego IC1. Dioda Zenera D1 zabezpiecza to wejście przed przepięciami.

Aby umożliwić próbkowanie wzmocnionego sygnału z cewki w momencie, gdy przechodzi on przez zero, zastosowano dwa generatory monostabilne zbudowane na bramkach NAND zawartych w układzie IC2 (CD4011). Oba generatory połączone są kaskadowo. Pierwszy z nich, zbudowany

na bramkach IC2A i IC2B, generuje impuls o długości 60  $\mu$ s i wyzwala drugi, zbudowany na bramkach IC2D i IC2E, a generujący impuls o długości 85  $\mu$ s. Budowa obu generatorów monostabilnych, pomijając wartości elementów R i C, jest identyczna, więc niżej opisano zasadę działania tylko pierwszego.

W chwili początkowej kondensator C5 jest rozładowany. Opadające zbocze napięcia na kolektorze tranzystora T2 powoduje natychmiastową zmianę stanu wyjścia bramki IC2A z logicznego „0” na „1”. Dotychczas rozładowany kondensator C5 zaczyna ładować się poprzez rezystor R11. Prąd ładowania kondensatora C5 wymusza na wejściach bramki IC2B stan wysoki, co powoduje zmianę stanu jej wyjścia na niski, a co za tym idzie podtrzymanie stanu niskiego na wejściach bramki IC2A do momentu naładowania kondensatora C5. Opadające zbocze na wyjściu pierwszego przerzutnika powoduje wyzwolenie drugiego przerzutnika. Dodatni impuls z wyjścia drugiego przerzutnika ma za zadanie otwarcie tranzystora T5 i przekazanie za pośrednictwem R17 i C10 użytecznej części sygnału na wejście odwracające wzmacniacza całkującego IC3.

Na wejście nieodwracające tego wzmacniacza podawane jest napięcie stałe regulowane

z pomocą potencjometrów zgrubnego i dokładnego strojenia wykrywacza. W wyniku sumowania tych dwóch napięć, na wyjściu wzmacniacza IC3 otrzymujemy sygnał piłokształtny o regulowanej składowej stałej, której wartość dodatkowo informuje o obecności przedmiotów metalowych w zasięgu cewki L1. Sygnal z wyjścia wzmacniacza całkującego IC3 podawany jest dalej za pośrednictwem tranzystora T3 na generator sterowany napięciem (VCO), zrealizowany na bazie IC6. Ujemne impulsy z wyjścia 3 układu IC6 przez wtórnik napięciowy z tranzystorem T4 zasilają głośnik SP1. Dodatkowo jest możliwość regulacji głośności za pomocą potencjometru P3 umożliwiający regulację wartości napięcia wejściowego wtórnika.

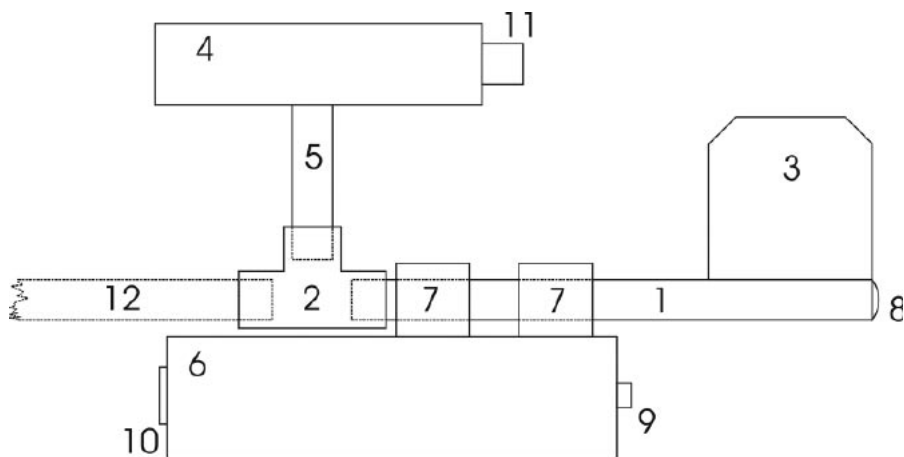
### Montaż i uruchomienie wykrywacza

Schemat montażowy przedstawiono na rys. 2. Uruchomienie wykrywacza zaczyna się od sprawdzenia poprawności działania części zasilającej. W tym celu w płytkę wlotujemy tylko układy IC5, IC7, IC8, kondensatory C4, C14, C24, C18, C19, C20, C25, C16, C21, C22 oraz rezystory R31 i R30. Następnie włączamy zasilanie wykrywacza i sprawdzamy obecność napięć  $\pm 5$  V na nóżkach 7 i 4 układów IC1 i IC3. Pomiar wykonujemy względem plusa zasilania wykrywacza.

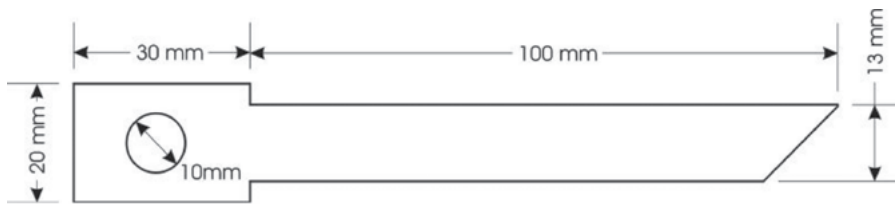
Po stwierdzeniu poprawnych wartości napięć montujemy elementy generatora sygnału cewki (IC4, T1, T2, C1, C2, R1, R4, R5, R6, R7, R8 oraz potencjometr montażowy PR2). Podłączamy sondę do punktów oznaczonych na płytce drukowanej jako „COIL1, COIL2” i włączamy zasilanie – powinniśmy słyszeć ciche brzęczenie sondy. Jeżeli dysponujemy miernikiem częstotliwości lub oscyloskopem, to ustawiamy na nóżce 3 układu IC4 częstotliwość 100...110 Hz. Po tych czynnościach montujemy na płytce drukowanej pozostałe elementy.

Do punktów oznaczonych na płytce jako P3.1, P3.2, P3.3 za pomocą kawałka trójżyłowej tasiemki podłączamy potencjometr regulacji głośności, natomiast do punktów P1.1, P1.2, P1.3 potencjometry strojenia. Następną czynnością będzie maksymalne skręcenie suwaka potencjometru głośności w stronę wyjścia układu IC6. Sondę wykrywacza umieszczamy tak, aby była odsunięta od wszelkich przedmiotów metalowych na odległość co najmniej 1 m. Ustawiamy potencjometry strojenia zgrubnego i dokładnego na panelu wykrywacza w pozycję środkową i pokręcając delikatnie potencjometrem montażowym PR1. Ustawiamy częstotliwość stuków głośnika na około 0,5...2 Hz.

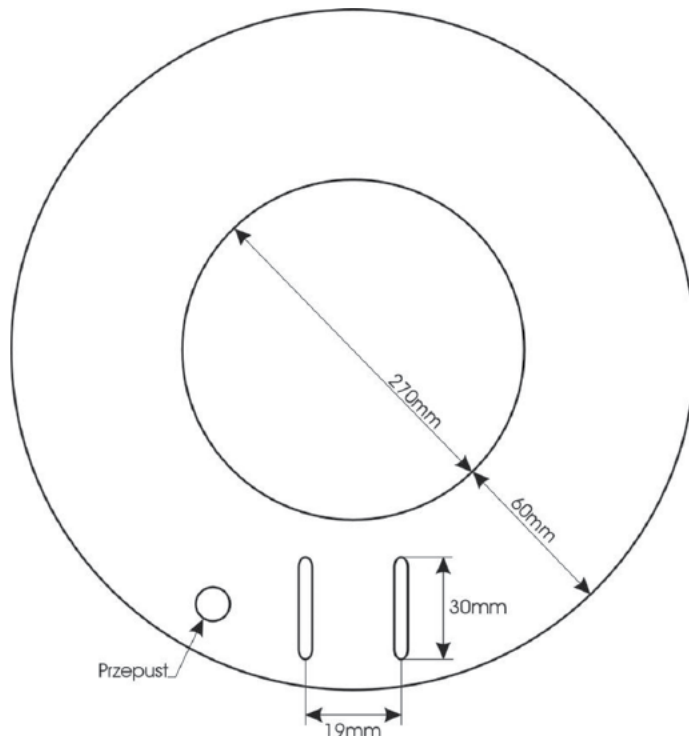
Po tych czynnościach sprawdzamy reakcję wykrywacza na zbliżanie przedmiotów metalowych do cewki. Prawidłowo wykonany wykrywacz wyraźnie sygnalizuje obec-



Rys. 3. Szkic obudowy wykrywacza



Rys. 4. Wkładka uchwyty drążka



Rys. 5. Górna pokrywa sondy

ność puszek po paście do butów z odległości około 0,4...0,5 m.

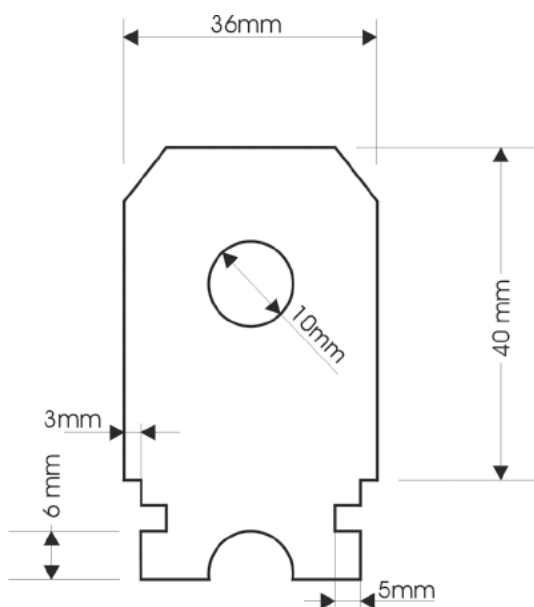
Do zasilania wykrywacza najlepiej użyć akumulatora żelowego o napięciu 12 V. Z uwagi na spory pobór prądu wykrywacza (około 100 mA) należy zastosować akumulator o pojemności co najmniej 1 VAh.

Ostateczne testy wykrywacza powinno się przeprowadzać w terenie niezabudowanym. Z uwagi na dużą czułość jest on podatny na zakłócenia i na obszarze gdzie występują silne pola elektromagnetyczne traci na stabilności. W celu poprawy stabilności wykrywacza można próbować użyć elemen-

ty o lepszej niż standardowa tolerancji. Uwaga ta dotyczy przede wszystkim rezystorów w torze analogowym. Wzmacniacz LF357, oraz  $\mu$ A741 mogą zostać zastąpione innymi, pojedynczymi wzmacniaczami operacyjnymi o lepszych parametrach. Eksperymenty w tym zakresie pozostawiam inwencji Czytelników.

### Konstrukcja mechaniczna wykrywacza

Cały stelaż wykrywacza zbudowano przy użyciu podstawowych narzędzi, takich jak: wiertarka, pilnik, piłka do metalu. Dlatego też nie powinno być problemu z wykonaniem wykrywacza w warunkach domowych. Jako podstawowego budulca zastosowano plastikowe rurki wodociągowe o średnicy 1/2". Konstrukcja stelaża umożliwia roz-



Rys. 6. Kształtka uchwyty sondy

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

P1, P3: 10 k $\Omega$   
 P2: 2,2 k $\Omega$   
 PR1: 220 k $\Omega$   
 PR2: 100 k $\Omega$   
 R1, R15, R20, R25: 1 k $\Omega$   
 R4: 1,2 k $\Omega$   
 R5, R17: 330  $\Omega$   
 R6, R14: 100  $\Omega$   
 R7: 150  $\Omega$   
 R8, R23: 180  $\Omega$   
 R9, R18: 220  $\Omega$ /0,5 W  
 R10, R11: 33 k $\Omega$   
 R12, R13: 47 k $\Omega$   
 R16: 820 k $\Omega$   
 R19: 1 M $\Omega$   
 R21: 5,6 k $\Omega$   
 R22: 2,4 k $\Omega$   
 R27, R29: 10 k $\Omega$   
 R3: 18 k $\Omega$   
 R26: 3,3 k $\Omega$   
 R32: 36 k $\Omega$

#### Kondensatory

C1, C4, C10, C13, C22, C25: 100 nF  
 C2, C11, C12: 220 nF  
 C3...C6, C23: 1 nF  
 C7: 10 pF  
 C8: 3,3 pF  
 C9: 10  $\mu$ F/16 V  
 C14: 1000  $\mu$ F/16 V  
 C15...C17, C20: 22  $\mu$ F/16 V  
 C18, C19, C26: 100  $\mu$ F/25 V  
 C21: 10 nF  
 C24: 1000  $\mu$ F/16 V

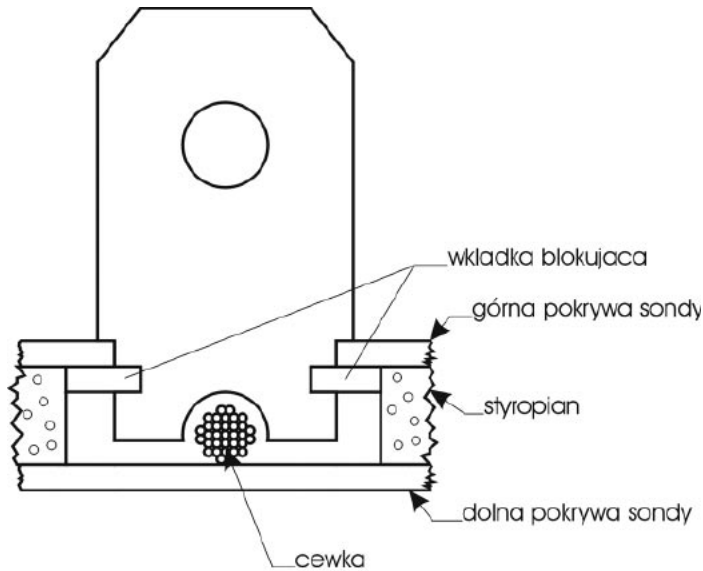
#### Półprzewodniki

D1: dioda Zenera 3,3 V  
 D2...D5: 1N4004  
 IC1: LF355  
 IC2: 4011  
 IC3: LF351  
 IC4...IC6: NE555  
 IC7: 7805  
 IC8: 79L05  
 T1: BD911  
 T2, T3: BC327  
 T4: BD140  
 T5: BF245

#### Inne

L1: cewka wg. opisu  
 SP1: głośnik 8  $\Omega$ /0,5 W

łożenie go na dwie części, a także – w razie potrzeby – szybkie zdemontowanie sondy. Rozłożony wykrywacz bez problemu zmieści się do bagażnika samochodu, plecaka lub torby.



**Rys. 7. Montaż wkładki uchwytu w pokrywie sondy (przekrój poprzeczny sondy)**

Szczegółowy opis wykonania mechaniki wykrywacza zaczniemy od części rękojeści i podłokietnika. Sam podłokietnik (rys. 3-3) można wykonać z odcinka o długości 7...10 cm rury kanalizacyjnej PCV o średnicy 10 cm lub większej, w zależności od potrzeb. Rurę należy rozciąć wzdłuż osi tworzącej. Jedną z powstałych po przecięciu części przykręcamy kilkoma blachowkrętami do stelaża. Dodatkowo można podłokietnik wykleić od wewnętrznej strony cienką, twardą gąbką, która zamaskuje wkręty oraz poprawi komfort pracy z wykrywaczem.

Długość odcinka rurki, do której przykręcany jest podłokietnik, powinna być równa około 30 cm (rys. 3-1). Od strony podłokietnika rurkę zaślepimy zatyczką gumową, którą można kupić – podobnie jak gąbkę na rękojeść – w sklepie z akcesoriami rowerowymi (rys. 1-8). Z drugiej strony rurkę z zamontowanym podłokietnikiem wklejamy w jeden ze wspólniowych końców trójnika (rys. 3-2) dedykowanego do użytej rurki. Drugi otwór trójnika pozostawiamy wolny – będzie on

służył do mocowania rurki, na której umieszczona będzie sonda (rys. 3-12). Na rurce podłokietnika mocujemy obudowę, w której zamknięty będzie akumulator. W prototypie zastosowano typową, plastikową obudowę uniwersalną o oznaczeniu Z-VB (rys. 3-6).

Do zasilania wykrywacza najlepiej zastosować mały akumulator żelowy 12 V/1,3 Ah. Akumulator należy trwale zamontować w obudowie. Można go na przykład przykleić do obudowy za pomocą kleju na grąco. W jednej z bocznych ścianek obudowy mocujemy gniazdo sondy. Proponuję zastosować 3-pinowe gniazdo mikrofonowe CANON. W drugiej ścianie montujemy gniazda ładowania, słuchawkowe i włącznik zasilania wykrywacza (rys. 3-9). Całą obudowę mocujemy do stelaża za pomocą dwóch uchwytów. W przypadku prototypu są to drewniane sześciiany (rys. 3-7) o krawędzi 40 mm, z wywierconym przez środek otworem o średnicy 21 mm. Przez ten otwór przechodzi rurka stelaża. Zamiast drewnianych uchwytów można zastosować uchwyty służące do mocowania rurek wodociągowych lub kabli do ściany.

Miejsce usytuowania akumulatora w dolnej obudowie, jak również miejsce jej umieszczenia na rurce podłokietnika trzeba ustalić doświadczalnie, tak aby wykrywacz w normalnej pozycji pracy miał swój środek

ciężkości pomiędzy rękojeścią a sondą. Spowoduje to przyciskanie podłokietnika do ręki i poprawi komfort obsługi.

Trzeci otwór trójnika służy do zamocowania rękojeści (rys. 3-5), którą wykonujemy z odcinka rurki o długości około 15 cm. Rurkę wklejamy w trójnik, a następnie nasuwamy na nią wspomnianą wcześniej osłonę z gąbki.

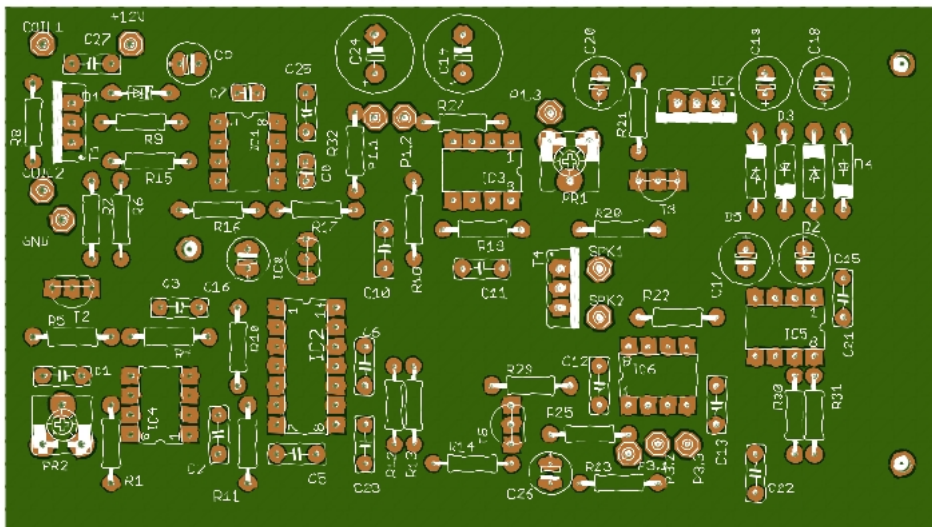
W celu ułatwienia sobie założenia rękojeści z gąbki na rurkę, można ją delikatnie zwilżyć wodą. Kolejnym etapem budowy wykrywacza jest osadzenie na końcu rękojeści obudowy (rys. 3-4), zawierającej płytkę drukowaną wykrywacza oraz potencjometry strojenia i głośności (rys. 3-11). Takie usytuowanie obudowy umożliwi łatwy dostęp do potencjometrów, a także tworzy podparcie dla dłoni, dzięki czemu nie musimy mocno zaciskać dłoni na rękojeści. Obudowa elektroniki wykrywacza to również obudowa uniwersalna o oznaczeniu Z50 dostępna w wielu sklepach elektronicznych. W celu jej umocowania, w dolnej połowce obudowy na samym środku wykonujemy otwór o średnicy pasującej do średnicy zewnętrznej rurki rękojeści.

Potrzebować będziemy również elementu, do którego przykleimy rurkę wewnątrz obudowy. Elementem takim może być kwadrat wycięty z tekstolitu o grubości 7...10 mm o boku 40 mm, w środku którego wiercimy otwór odpowiadający średnicy zewnętrznej rurki. W czterech narożnikach wykonujemy otwory średnicy 3 mm umożliwiające pewne przykręcenie tekstolitowego elementu do wewnętrznej płaszczyzny obudowy.

Kolejnym krokiem jest sklejenie tekstolitowej podkładki i rurki przez nią przechodzącej. Żeby całość była wykonana solidnie i nie rozpadła się w podczas pracy, do klejenia proponuję użyć kleju dwuskładnikowego o nazwie DISTAL. Przed sklejaniem powierzchnie klejone należy dokładnie odtłuścić i zmatowić gruboziarnistym papierem ściernym. Dodatkowo można ponawierać w rurce w miejscu klejenia kilkanaście otworów o małej średnicy. Klej po wplynięciu w nie jeszcze bardziej usztywni całe połączenie.

Płytkę drukowaną wykrywacza montujemy do górnej części obudowy za pomocą trzech śrubek średnicy 3 mm, których lby przyklejamy. Tak przyklejone śrubki są niewidoczne z zewnątrz i zapewniają pewny uchwyt płytki drukowanej.

W przednim panelu obudowy wykonujemy trzy symetrycznie rozmieszczone otwory na potencjometry strojenia zgrubnego, dokładnego i regulacji głośności. Płytkę czołową z opisami regulatorów robimy w programie graficznym takim (na przykład CorelDRAW). Po wydrukowaniu, zalaminowaniu i wycięciu otworów na potencjometry przyklejamy ją na panel przedni obudowy.



## Wykonanie sondy i uchwytu sondy

Budowę sondy rozpoczniemy od wykonania regulowanego połączenia sondy z drążkiem. Do odpowiedniego zakończenia drążka sondy będziemy potrzebować specjalnie przygotowanego elementu wyciętego ze sklejki, który następnie na gorąco wciśniemy w koniec drążka, uzyskując tym samym jedną z części przegubu. Wkładkę wykonamy ze sklejki o grubości 12 mm według rys. 4.

Gotową wkładkę należy wcisnąć w rurkę drążka wykrywacza. W tym celu musimy nieco zmięczyć koniec rurki drążka na długości około 6...7 cm wkładając go na chwilę do wrzącej wody. Jeśli jej temperatura okaże się za mała, to rurkę trzeba zanurzyć w gorącym oleju. Gdy plastik stanie się miękki – wciskamy w rurkę wcześniej wykonaną wkładkę. Po wystudzeniu całości, pilnikiem obrabiamy zakończenie drążka na półokrągło i wiercimy otwór o średnicy 10 mm, przez który przechodzić będzie plastikowa śruba skręcająca połączenie drążek-sonda. Śrubę do skręcenia połączenia można kupić w sklepach z armaturą łazienkową. Jest stosowana do przykręcania deski do muszli klozetowej.

Budowę sondy rozpoczynamy od nawinięcia cewki wykrywacza. Potrzebować będziemy około 16 m emaliowanego drutu miedzianego o średnicy 0,5...0,6 mm. Drut nawijamy na okręgu o średnicy 30...40 cm.

Po nawinięciu całych 16 m drutu cewkę owijamy mocnym sznurkiem, tak aby jej przekrój był kołowy. Następnym krokiem jest nasączenie cewki lakierem. Na czas schnięcia lakieru cewkę umieszczamy pomiędzy dwoma płaszczyznami (górną z nich obciążamy).

Do wykonania obudowy sondy najlepiej użyć cienkiego laminatu szklano-epoksydowego (oczywiście pozbawionego miedzi), z którego wycinamy dwa pierścienie o średnicy zewnętrznej większej od średnicy nawiniętej cewki o około 3 cm. Średnica wewnętrzna powinna być o około 3 cm mniejsza od średnicy cewki. Górną pokrywę obudowy przedstawiono na rys. 5. Dolna jest identyczna z tym, że nie ma podłużnych, prostokątnych otworów przeznaczonych do zamocowania uchwytów sondy (rys. 6).

Do jednego z pierścieni (dolnego) przyklejamy cewkę, a przestrzenie pomiędzy cewką i krawędzią pierścienia wypełniamy cienkim twardym styropianem. W górnej pokrywie sondy wycinamy dwa podłużne otwory, w których umieszczone zostaną uchwyty sondy. Otwory powinny mieć rozstaw taki, jak szerokość wykonanej wcześniej końcówki drążka. Ich szerokość uzależniona jest oczywiście od grubości użytego na uchwyt sondy materiału (polecam laminat grubości 3...4 mm), natomiast długość powinna być równa 30...40 mm.

Zanim skleimy sondę na stałe i zaszpacujemy powstałe po bokach nierówności, musimy przymocować uchwyt do górnej pokrywy oraz wyprowadzić przewód połączeniowy. Montaż uchwytu sondy sprowadza się do osadzenia kształtek uchwytu sondy w uprzednio wyciętych w górnej pokrywie podłużnych otworach (rys. 7). Następnie blokujemy obydwie kształtki przed wysunięciem za pomocą dwóch pasek laminatu (wkładki blokujące) i całe połączenie zalewamy klejem. Na czas wiązania kleju proponuje do uchwytu sondy zamontować drążek i ustawić go tak, aby był prostopadły do płaszczyzny sondy. Przewód doprowadzający sygnał do cewki powinien być odporny na uszkodzenia mechaniczne. Przekrój pojedynczej żyły powinien być równy około 0,8 mm<sup>2</sup>. Bardzo dobrze w tej roli sprawdza się kabel mikrofonowy w izolacji silikonowej. Przewód taki posiada przeważnie wzmocnienie mechaniczne w postaci dodatkowej linki. W miejscu przejścia przewodu przez górną płaszczyznę sondy należy zastosować gumową odgiętkę.

Na koniec wypadła nasz wykrywacz pomalować. Do tego celu polecam zwykłą farbę olejną. Oczywiście przed malowaniem wszystkie powierzchnie należy odłuszczyć rozpuszczalnikiem i zmatowić drobnym papierem ściernym.

**Łukasz Bajda**

