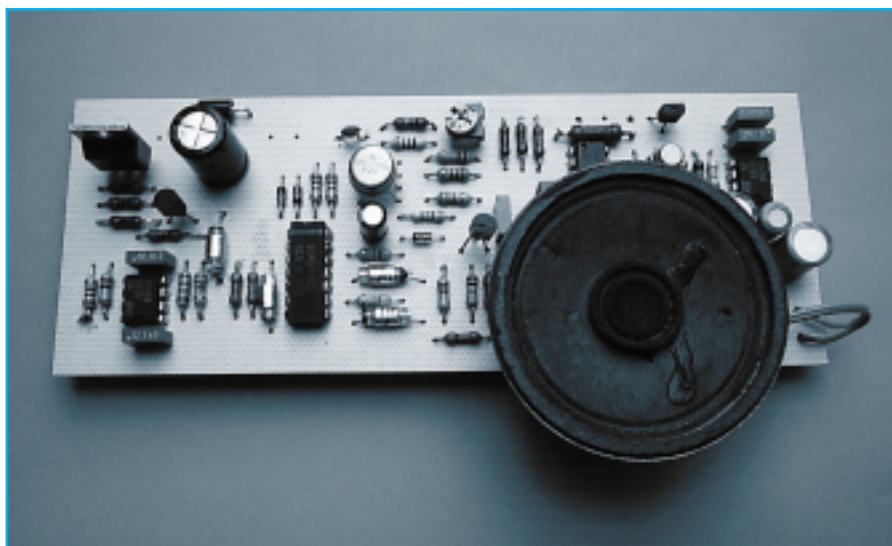


Impulsowy wykrywacz metali

Poszukiwanie skarbów staje się coraz popularniejszym zajęciem. Tworzą się fankluby i nawet pojawiają się specjalistyczne czasopisma poruszające tą tematykę. Co prawda twierdzą nieodmiennie, że najłatwiej jest znaleźć na plaży zgubione monety, ale nie wszyscy zgadzają się z tą opinią. W Praktycznym Elektroniku prezentowano już dwa układy wykrywaczy metali, lecz ten opisany w poniższym artykule bazuje na zupełnie innej metodzie wykrywania metalu. Trzeba przyznać, że jak na konstrukcję amatorską posiada on naprawdę dużą czułość. Musimy też ostrzec Czytelników, że pod ziemią kryje się jeszcze wiele niewypałów i niewybuchów. Prowadząc prace poszukiwawcze koniecznie trzeba zachować odpowiednią ostrożność. Pamiętajmy także o tym aby kopiąc doły nie niszczyć przyrody, a miejsca prac doprowadzić do stanu pierwotnego.



Opisane dotychczas w Praktycznym Elektroniku wykrywacze charakteryzowały się pracą ciągłą. Cewka pomiarowa w kształcie koła zasilana była z generatora o częstotliwości kilkunastu kiloherców. Dokładniej mówiąc cewka ta była elementem generatora. Indukcyjność cewki wraz z dołączoną pojemnością tworzyła obwód rezonansowy. Gdy w polu działania cewki znalazł się przedmiot metalowy działał on jak rdzeń wpływając na zmianę indukcyjności. Pociągało to za sobą zmianę częstotliwości generacji. Niewielkie odchyłki częstotliwości generatora można zmierzyć na dwa sposoby. Pierwszym jest metoda zdudnieniowa, polegająca na zmieszaniu ze sobą sygnałów generatora wzorcowego i generatora LC w którym indukcyjność tworzy cewka pomiarowa. Efektem zdudnienia jest ton o częstotliwości zależnej od różnicy częstotliwości generatora LC i generatora wzorcowego. Im ton

wyższy tym zmiana indukcyjności większa. Zmiana częstotliwości zależy od wielkości przedmiotu umieszczonego w polu cewki i od odległości cewki od wykrytego przedmiotu.

Klasyczny układ takiego wykrywacza nie jest w stanie rozróżnić czy częstotliwość wzrosła czy też zmalała. Zmiana tonu w obu przypadkach jest jednakowa. Możliwe jest jednak wyposażenie wykrywacza w dodatkowy układ porównujący obie częstotliwości i pokazujący kierunek zmian. Taki wykrywacz jest w stanie odróżnić żelazo od złota czy srebra. To pierwsze jest ferromagnetykiem, czyli powoduje wzrost indukcyjności i zmniejszenie częstotliwości generacji. Natomiast złoto lub srebro zalicza się do grupy diamagnetyków, czyli materiałów o przenikalności magnetycznej mniejszej niż próżnia. Powodują one zmniejszenie indukcyjności cewki pomiarowej i wzrost częstotliwości generacji.

Mikroprocesorowy wykrywacz jest po prostu precyzyjnym miernikiem częstotliwości który pokazuje odchyłkę wywołaną umieszczeniem w polu cewki przedmiotu metalowego. Generatory, których częstotliwość pracy zależy od indukcyjności cewki pomiarowej są niestabilne, stąd problemy z tego typu wykrywaczami. Prezentowany wykrywacz pracuje w oparciu o zasadę impulsową.

Impulsowy wykrywacz metali posiada podobnie jak układ klasyczny cewkę pomiarową (detekcyjną). Do cewki wysyłany jest silny a jednocześnie krótki impuls prądowy. W chwili gdy prąd płynący przez cewkę jest przerywany, na jej zaciskach wytwarza się przepięcie, a dalej następuje szybki zanik napięcia. Jeżeli w polu działania cewki znajdzie się przedmiot metalowy zanik przepięcia jest szybszy. Spowodowane to jest stratami energii jakie powstają podczas przekazywania jej do wykrywanego przedmiotu metalowego w przypadku ferromagnetyków. W przypadku diamagnetyków także występuje strata energii wywołana wzbudzeniem prądów wirowych. Strata energii i związane z nią odkształcenie części opadającej przebiegu są niezmiernie małe, ale wykrywalne. Wystarczy tylko wzmocnienie sygnału o 80 dB czyli 10000 razy. Tego typu stosunkowo prosty wykrywacz jest w stanie wykryć przedmiot metalowy o masie 1 kg z odległości ok. 1 ÷ 1,5 m. Obrączkę ważącą 3 g wykrywa z 10 cm. Dane te dotyczą powietrza. Zasięg pod ziemią jest z reguły nieco mniejszy i zależy w dużym stopniu od składu gleby i jej wilgotności.

Opis układu

Układem wytwarzającym impulsy jest generator US1 (rys. 1). Na jego wyjściu otrzymuje się ujemną szpilkę napięcia o czasie trwania 150 μ s, powtarzającą się co 16 ms. Jak widać szerokość szpilki jest bardzo mała. Stopień wzmacniacza prądowego T2 steruje tranzystorem Darlingтона T1, do którego połączona jest cewka pomiarowa. Małe wartości rezystorów w obwodzie bazy T2 i T2 pozwalają uzyskać niezbędne krótkie czasy narostu sygnału, tak aby impuls prądowy bardzo szybko zanikał. Cewka pomiarowa włączona jest pomiędzy napięcie zasilania i kolektor tranzystora T1. Równolegle do cewki dołączony jest rezystor R7 o małej wartości, który silnie tłumi oscylacje poja-

wiające na cewce po wyłączeniu prądu. Wartość przepięcia na cewce dochodzi nawet do 60 V (rys. 2).

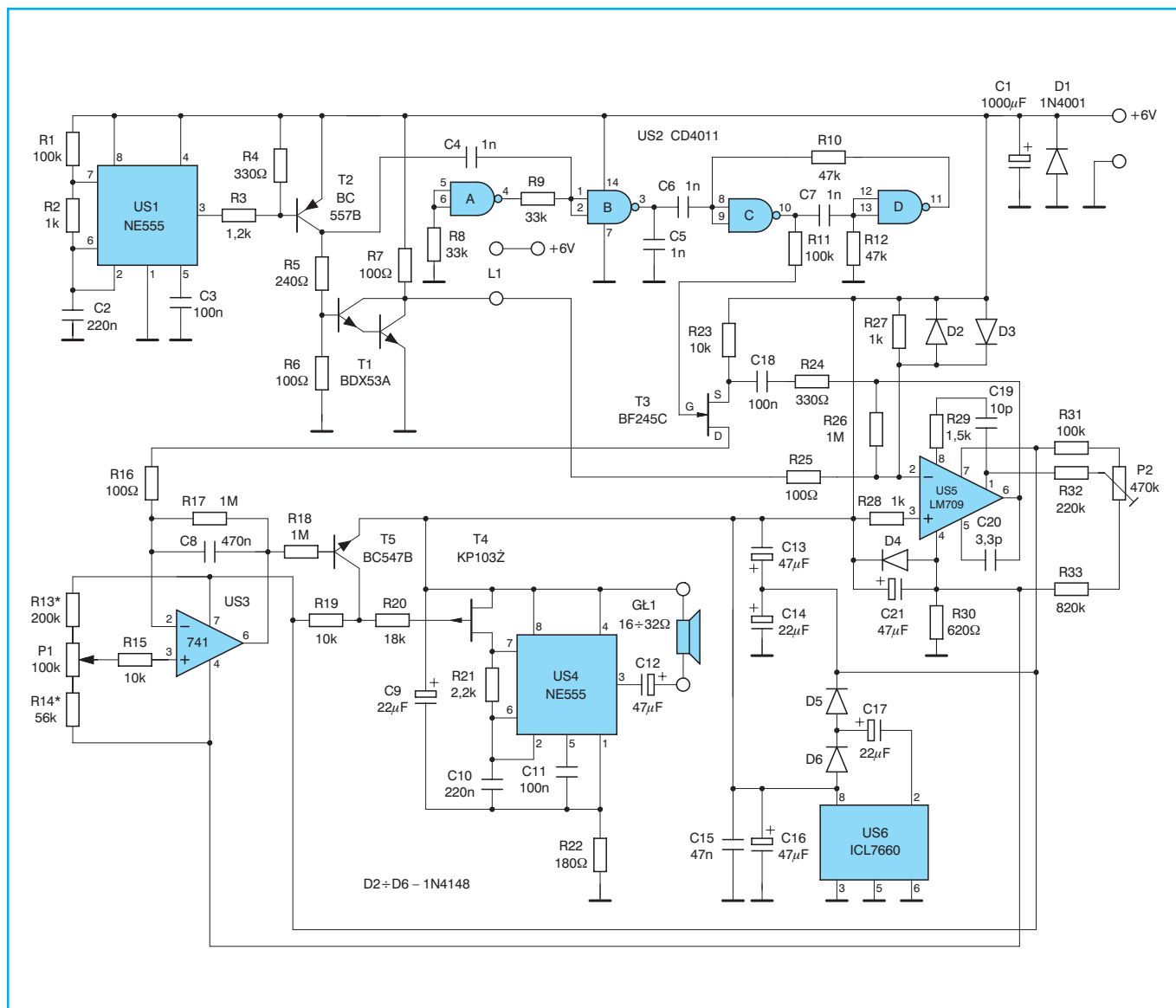
Sygnał z cewki pomiarowej podlega ograniczeniu amplitudy w układzie diodowym D2, D3, skąd doprowadzony jest do wzmacniacza operacyjnego US5. Wzmocnienie tego wzmacniacza określone jest stosunkiem rezystorów R26 do R25 i wynosi blisko 80 dB. W układzie zastosowano stary wzmacniacz LM 709 z zewnętrzną kompensacją charakterystyki częstotliwościowej. W układzie kompensacji pracują elementy R29, C19, C20. Układ ten posiada szerokie bardzo szerokie pasmo częstotliwości. Można go zastąpić nowszą konstrukcją odpowiedniego wzmacniacza, ale takie typy są dość trudno dostępne.

Przy tak dużym wzmocnieniu wzmacniacz musi być wyposażony w ze-

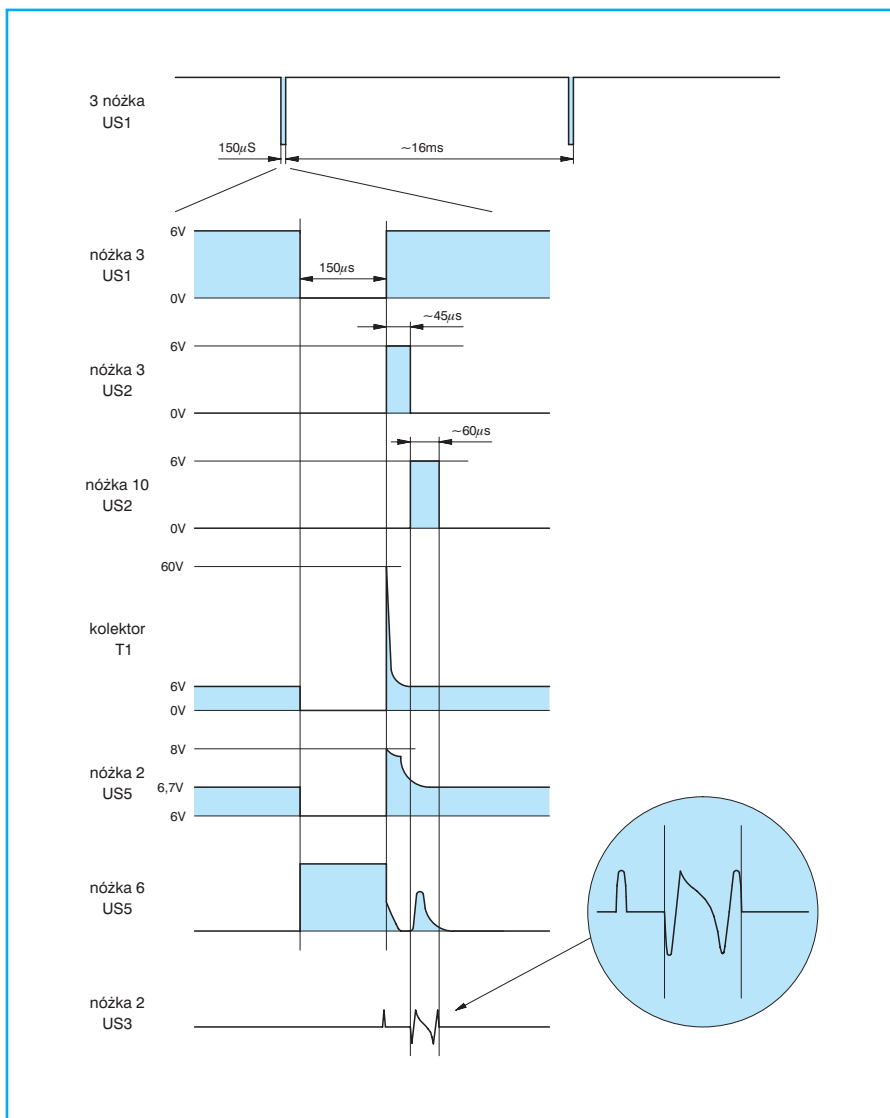
rowanie, które można przeprowadzić przy pomocy potencjometru P2. Ponadto wzmacniacz zasilany jest wyższym napięciem +12 V pochodzącym z lokalnej przetwornicy +6 V na +12 V. Obydwa wejścia wzmacniacza polaryzowane są napięciem +6 V doprowadzanym przez rezystory R27 i R28. Kształty przebiegów występujących na nóżkach wzmacniacza pokazano na rysunku 2. Sygnał występujący na wyjściu wzmacniacza jest w specyficzny sposób zniekształcony. W czasie trwania impulsu prądowego płynącego przez cewkę wzmacniacz jest nasycony, a właściwy sygnał użyteczny pojawia się kawałek dalej w postaci charakterystycznej „górkę”. Wysokość „górkę” można regulować przy pomocy potencjometru zerowania. „Górkę” tworzy wzmocniony o 80 dB sygnał fragmentu opadającego zbocza

impulsu przepięciowego, którego nie można zaobserwować na wyjściu cewki ze względu na bardzo małą amplitudę.

Ponieważ interesujący nas obszar opadania przepięcia znajduje się w obszarze czasu od 45 μ s do 105 μ s po zakończeniu przepływu prądu przez cewkę konieczny jest układ generowania sterującego impulsu „selekcyjnego” położonego w tym czasie. Zadanie to spełnia układ monowibratorów zbudowanych z bramek NAND. Bramka A jest niewykorzystywana. Układ różniczkujący C4, R9 i bramka B wytwarzają dodatni impuls o czasie trwania ok. 45 μ s (rys. 2). Opadające zbocze tego impulsu wyzwala monowibrator pracujący z bramkami C i D, wytwarzający interesujący nas impuls „selekcyjny”, pojawiający się na wyjściu bramki C. Zostaje on doprowadzony do klucza analogowego zbudowanego na



Rys. 1 Schemat ideowy impulsowego wykrywacza metali



Rys. 2 przebiegi w punktach układu

tranzystorze polowym z kanałem n T3. W czasie trwania impulsu, gdy do bramki jest doprowadzony poziom wysoki napięcia tranzystor jest włączony, przepuszczając tym samym sygnał do dalszej części układu.

Detekcja sygnału przeprowadzana jest w układzie komparatora będącego równocześnie układem całkującym US3. Poziom detekcji ustawia się wyprowadzonym na zewnątrz potencjometrem P1. Sygnał wyjściowy układu całkującego steruje pracą tranzystora T5. Tranzystor ten z kolei połączony jest z tranzystorem polowym T4 posiadającym kanał typu P. T4 spełnia funkcję regulowanego rezystora w stałej czasowej generatora akustycznego US4, do którego wyjścia dołączony jest miniaturowy głośniczek lub słuchawki. W stanie spoczynku generator jest zablokowany. Po pojawieniu się sygnału na wyjściu układu całkującego

tranzystor T4 powoli otwiera się i w głośniczku słychać stuki, które w miarę zbliżania do cewki przedmiotu metalowego przechodzą w coraz szybszy stukot, a później w ton ciągły.

Do zasilania układów US5 i US3 niezbędne jest napięcie wyższe niż napięcie zasilania wynoszące +6 V. Do podwyższania napięcia wykorzystano scaloną przetwornicę podwajającą napięcie US6. Układ pobiera z baterii prąd rzędu 20 mA.

■ Montaż i uruchomienie

Przy zakupie elementów jedyny problem może sprawić tranzystor polowy z kanałem typu p. Na schemacie podano tranzystor produkcji dawnego ZSRR w zapisie łańciskim. Na oryginalnym tranzystorze litery zapisane są cyrylicą. Tranzystory te były kiedyś u nas popular-

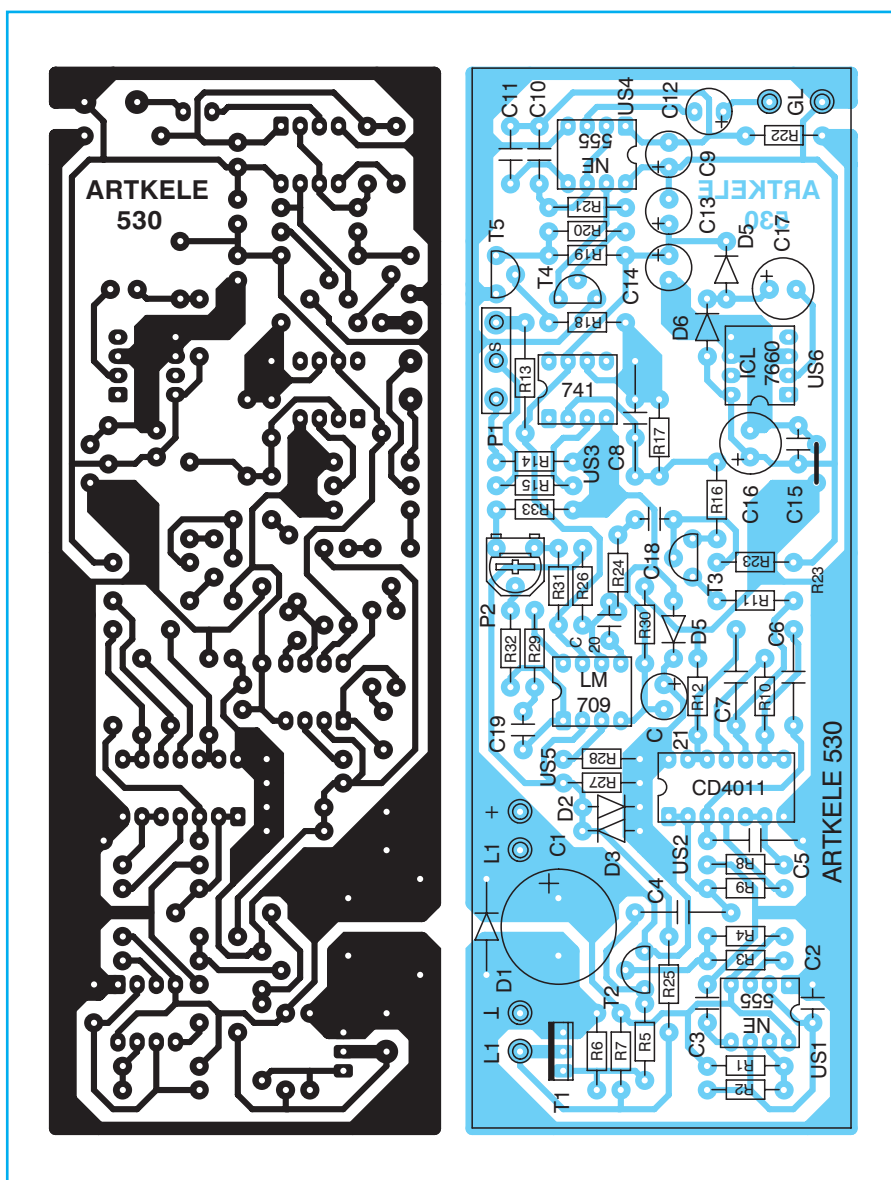
ne jako jedyne JFET-y z kanałem. W miejsce tego tranzystora można zastosować prawie każdy tranzystor polowy małej mocy z kanałem p np.: 2N5460, 2N5161, 2N5462.

Cewkę nawija się po okręgu o średnicy 19 cm, nawijając 21 zwojów. Do nawinięcia zastosować można drut nawojowy DNE 0,3 ÷ 0,4 mm. Po nawinięciu cewki należy zalać żywicą, tak aby uzyskała sztywność, a druty nie mogły się przemieszczać. Niestety czynność ta wymaga trochę pracy i dokładności. Połączenie cewki z wykrywaczem należy poprowadzić przewodem ekranowanym o długości nie przekraczającej 1 m. Ekran przewodu łączy się z napięciem +6 V, a żyłę z kolektorem T1. Odpowiednie punkty na płytce oznaczone są literą L1. Drugie końce przewodu łączy się z cewką, przy czym kolejność połączenia wyprowadzeń cewki nie ma znaczenia.

Do uruchamiania wykrywacza wskazane jest posiadanie oscyloskopu. Należy wtedy sprawdzić wszystkie przebiegi podane na rysunku 2. Potencjometrem P2 należy uzyskać „górkę” jak najbardziej zbliżoną do tej narysowanej na rysunku drugim (przedostatni przebieg). Jej amplituda powinna być równa ok. 1/3 amplitudy, znajdującego się na lewo od góry, przebiegu prostokątnego. Zbliżając do cewki niewielki przedmiot metalowy można zaobserwować zmniejszanie się amplitudy „górki”, co wykrywa komparator. Sygnał na wejściu komparatora (nóżka 2) powinien być zbliżony do tego z rys. 2 (przebieg na samym dole).

Kręcąc potencjometrem P1 należy ustawić go w takim położeniu aby z głośniczka dobiegały pojedyncze „stuknięcia”. Zbliżenie metalowego przedmiotu do cewki powinno spowodować wzrost częstotliwości stuków, aż do tonu ciągłego. Jeżeli na wyjściu US6 „górką” jest prawidłowa, a głośnik nie „stuka” należy dobrać zakres regulacji P1 zmieniając wartości R13* i R14*. Wskazane jest aby zakres regulacji P1 nie był zbyt duży, gdyż wtedy ciężko jest ustawić pojedyncze stuki generatora akustycznego. W trakcie pracy regulowanie potencjometrem P1 jest niezbędne. W ten sposób uzyskuje się maksymalną czułość.

Podczas obserwacji oscyloskop dobrze jest synchronizować sygnałem opadającego zbocza przebiegu na wyjściu US1 (nóżka 3), otrzyma się wtedy stabilny obraz.



Rys. 3 Płytki drukowane i rozmieszczenie elementów

Jeżeli nie posiadamy oscyloskopu pozostaje eksperymentalne kręcenie potencjometrami P1 i P2, tak aby w głośniczku dało się słyszeć pojedyncze „stuki”. Teraz należy zbliżyć do cewki niewielki przedmiot metalowy i zaobserwować w jakiej odległości od cewki częstotliwość stuków zacznie wzrastać. Po tym należy nieco zmienić ustawienie P2, a przy pomocy P1 ponownie doprowadzić do pojedynczych „stuków”. Ponownie zbliżając ten sam co poprzednio przedmiot metalowy sprawdzić czy jest on wykrywany z większej czy z mniejszej odległości. Powtarzając te czynności kilka razy można ustawić największą czułość, czyli maksymalną odległość wykrywania przedmiotu. Należy pamiętać, że każdorazowe ruszenie potencjometru P2 wymaga ponownego

skorygowania P1 aby otrzymać pojedyncze „stuki”.

W trakcie regulacji cewka wykrywacza powinna znajdować się z dala od przedmiotów metalowych. Uruchamianie należy prowadzić z dala od włączonych urządzeń sieciowych posiadających przetwornicę (telewizor, komputer, monitor, żarówki energooszczędne). Niewielkie pole magnetyczne emitowane przez te urządzenia wychwytywane jest przez cewkę pomiarową i zakłóca pracę bardzo czułego wykrywacza.

Teraz pozostaje już tylko wyprawa po skarby. Życzę przyjemnych poszukiwań. Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.

Cena: płytki numer 530 – 9,80 zł + koszty wysyłki.

Wykaz elementów

Półprzewodniki

US1, US4	– NE 555
US2	– CD 4011
US3	– μ A 741
US5	– LM 709
US6	– ICL 7660
T1B	– DX 53A
T2	– BC 557B
T3	– BF 245C
T4	– KP 103Ż, 2N5460, 2N5461, 2N5462
T5	– BC 547B
D1	– 1N4001
D2 ÷ D6	– 1N4148

Rezystory

R6, R7,	
R16, R25	– 100 Ω /0,125 W
R22	– 180 Ω /0,125 W
R5	– 240 Ω /0,125 W
R4, R24	– 330 Ω /0,125 W
R30	– 620 Ω /0,125 W
R2, R27, R28	– 1 k Ω /0,125 W
R3	– 1,2 k Ω /0,125 W
R29	– 1,5 k Ω /0,125 W
R21	– 2,2 k Ω /0,125 W
R15, R19, R23	– 10 k Ω /0,125 W
R20	– 18 k Ω /0,125 W
R8, R9	– 33 k Ω /0,125 W
R10, R12	– 47 k Ω /0,125 W
R14*	– 56 k Ω /0,125 W
	patrz opis w tekście
R1, R11, R31	– 100 k Ω /0,125 W
R13*	– 200 k Ω /0,125 W
	patrz opis w tekście
R32	– 220 k Ω /0,125 W
R33	– 820 k Ω /0,125 W
R17, R18, R26	– 1 M Ω /0,125 W
P1	– 100 k Ω -A PR 185
P2	– 470 k Ω miniaturowy

Kondensatory

C20	– 3,3 pF/50 V ceramiczny
C19	– 10 pF/50 V ceramiczny
C4 ÷ C7	– 1 nF/25 V KSF-ZM-020
C15	– 47 nF/50 V ceramiczny
C3, C11, C18	– 100 nF/50 V MKSE-20
C2, C10	– 220 nF/50 V MKSE-20
C8	– 470 nF/50 V MKSE-20
C9, C14, C17	– 22 μ F/25 V
C12, C13,	
C16, C21	– 47 μ F/25 V
C1	– 1000 μ F/16 V

Inne

L1	– patrz opis w tekście
płytki drukowane numer 530	

♦ Jan Domagalik