

Prosty detektor metali

Przedstawione w artykule urządzenie cechuje bardzo prosta konstrukcja i całkiem niezłe parametry. Przy jego pomocy szukanie skarbów jest raczej wykluczone, ale możliwość pierwszych eksperymentów i walory praktyczne w innych zastosowaniach nie są do pominięcia.

Detektory metali występują w dwóch podstawowych wersjach: „detektorów skarbów“ ukrytych w ziemi oraz niewielkich urządzeń służących do wykrywania rur, przewodów i innych przedmiotów metalowych znajdujących się w ścianach.

Przedstawiony w artykule bardzo prosty detektor metali należy do tej drugiej kategorii i pozwoli majsterkowiczom na zlokalizowanie przewodów ulokowanych w ścianach w sposób nie niszczący. Urządzenie jest niezwykle proste w obsłudze, a miernik wychyłowy zapewnia wyraźne potwierdzenie obecności przedmiotu metalowego.

Zastosowanie małej pętli jako cewki detekcyjnej zapewnia właściwą reakcję urządzenia w przypadku niewielkich przedmiotów metalowych i umożliwi znalezienie nawet małej śrubki lub gwoźdźcia w drewnianych drzewiach. Maksymalny zakres wykrywania wynosi w przypadku małych przedmiotów 40..50mm i nie jest dużo większy w przypadku obiektów większych.

Czułość wykrywania dużych przedmiotów można byłoby zwiększyć stosując pętlę detekcyjną (cewkę) o dużych rozmiarach, to jednak utrudniłoby wykrywanie i określanie położenia przedmiotów o małych rozmiarach. W przypadku takiego urządzenia, mała cewka detekcyjna stanowi chyba najbardziej sensowny wybór ze względów praktycznych, ponieważ rzadko kto zainteresowany jest wykrywaniem przedmiotów znajdujących się w ścianie na głębokości większej niż około 30mm.

Zasada działania

Zasada działania urządzenia jest naprawdę niezwykle prosta, a jej zrozumienie ułatwi schemat blokowy z **rys. 1**. Podobnie jak w przypadku najprostszyc

detektorów metali, układ

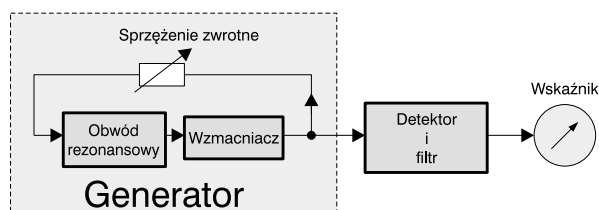
zawiera generator LC. Wiele detektorów wykorzystuje to, że umieszczenie metalu w pobliżu cewki generatora zmienia nieco jej indukcyjność, a więc i częstotliwość rezonansu.

Wykrycie niewielkiej zmiany częstotliwości wymaga bardzo wrażliwego ucha. Z tego powodu przedstawiane urządzenie wykrywa tę zmianę w zupełnie inny sposób, a do jej zasygnalizowania wykorzystany został miernik wychyłowy.

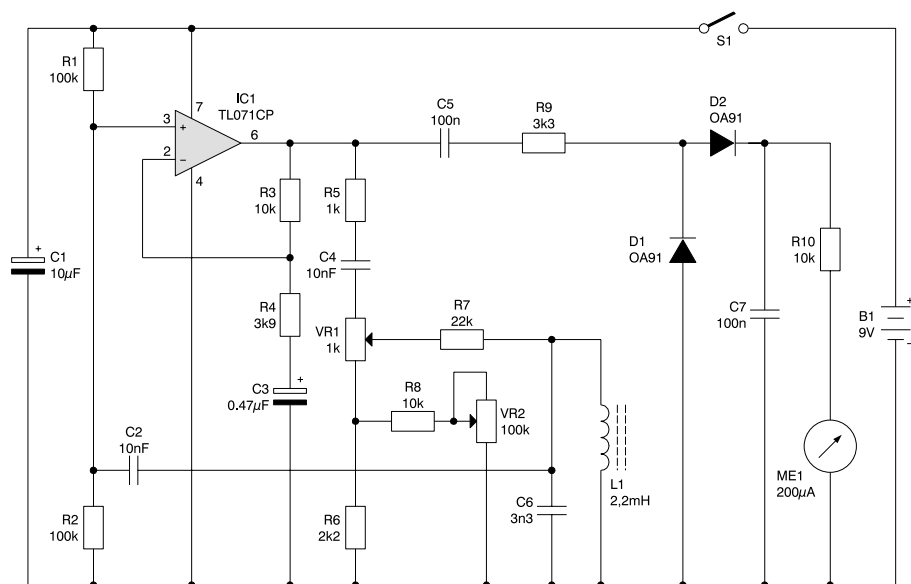
Zamiast detekowania zmiany częstotliwości obwodu rezonansowego, złożonego z równoległe połączonych indukcyjności i pojemności, są wykrywane zmiany jego dobroci.

Dobroć obwodu rezonansowego jest miarą jego selektywności i wzmocnienia dla rezonansu, a ulokowanie w pobliżu indukcyjności kawałka metalu powoduje stłumienie obwodu (ograniczenie wzmocnienia). W przeciętnych warunkach ta zmiana dobroci byłaby zbyt mała, by dać zauważalny efekt. Generator urządzenia jest jednak zaprojektowany w taki sposób, że sprzężenie zwrotne zapewnia spełnienie warunku generacji praktycznie bez zapasu amplitudy, tj. tylko podtrzymuje drgania. Znalezienie się w pobliżu cewki przedmiotu metalowego spowoduje spadek poziomu sygnału wyjściowego generatora lub nawet zerwanie oscylacji.

Sygnał wyjściowy generatora podawany jest na prostownik i układ wygładzający, a następnie na miernik wychyłowy. Stałe napięcie wyjściowe układu wygładzającego jest proporcjonalne do



Rys. 1. Schemat blokowy prostego detektora metali. Urządzenie zawiera strojony układ równoległy LC, którego indukcyjność wykorzystana jest jako pętla detekcyjna.



Rys. 2. Schemat ideowy prostego detektora metali.

amplitudy drgań generatora. Umieszczenie w pobliżu cewki metalowego przedmiotu powoduje więc spadek wychylenia miernika, a jeśli przedmiot ten znajdzie się bardzo blisko cewki, wskazanie może spaść do zera.

Działanie układu

Kompletny schemat elektryczny prostego detektora metali znajduje się na rys. 2.

By uzyskać drgania, trzeba w układzie wzmacniacza zastosować dodatkowo sprzężenie zwrotne. Układ będzie generował pod warunkiem, że straty w pętli sprzężenia będą niższe niż wzmocnienie układu. W przedstawianym przypadku mamy do czynienia z prostym wzmacniaczem nieodwracającym, zbudowanym na wzmacniaczu operacyjnym IC1. Rezystory R1 i R2 określają poziom napięcia stałego na wejściu wzmacniacza oraz jego oporność wejściową, równą 50kΩ. Wzmocnienie napięciowe układu, wynoszące około 3..5V/V, narzuca pętla ujemnego sprzężenia zwrotnego z rezystorami R3 i R4.

Pętla dodatniego sprzężenia zwrotnego obejmuje dość złożony dzielnik napięciowy, ale jej działanie jest całkiem proste. Znajdują się w niej regulowany tłumik z potencjometrami VR1 i VR2, rezystor szeregowy R7 oraz układ rezonansowy.

Aby zapewnić dostateczną czułość urządzenia, dodatnie sprzężenie zwrotne powinno być tylko

na tyle "silne", by podtrzymać drgania układu. W związku z tym współczynnik sprzężenia zwrotnego należy bardzo dokładnie ustawić.

Potencjometr VR1 służy do zgrubnej, a potencjometr VR2 (o bardzo ograniczonym zakresie regulacji) do precyzyjnej regulacji poziomu sprzężenia. Elementy VR2 i R8 połączone są równolegle z rezystorem R6, co umożliwi uzyskanie rezystancji w zakresie od 1,8kΩ do 2,2kΩ. Tak bardzo ograniczony zakres zmian pozwala na łatwe ustawienie właściwego poziomu dodatniego sprzężenia zwrotnego.

Wyjście dzielnika połączone jest przez rezystor R7 z równoległym układem rezonansowym z elementami L1 i C6. Taki układ w pobliżu częstotliwości rezonansowej wykazuje wysoką impedancję oraz niską przy innych częstotliwościach. Wobec tego, przy odstrojeniu rezystor R7 powoduje jego znaczne tłumienie i dlatego układ generuje wyłącznie sygnał o częstotliwości rezonansowej układu selektywnego (L1, C6), kiedy to występuje najsilniejsze dodatnie sprzężenie zwrotne.

Teoretycznie impedancja równoległego układu selektywnego dla częstotliwości rezonansowej jest nieskończenie duża, ale rzeczywiste indukcyjności i pojemności wykazują straty i impedancja ta jest tylko bardzo duża. Jakkolwiek element metalowy umieszczony w pobliżu indukcyjności L1

obniża dobroć układu rezonansowego, a więc i jego impedancję. To z kolei sprawia, że straty wprowadzane przez rezystor R7 stają się większe, a poziom amplitudy generowanego sygnału maleje.

Sygnał wyjściowy generatora trafia przez elementy C5 i R9 na prosty układ prostowania i wygładzania. Jako D1 i D2 użyto diod germanowych, ponieważ cechuje je niższe napięcie przewodzenia niż diody krzemowe, w związku z czym zapewniają nieco lepsze własności układu.

Dodatnie napięcie wyjściowe prostownika jest w przybliżeniu proporcjonalne do amplitudy generowanego sygnału. Napięcie to jest mierzone przez prosty woltomierz z elementami R10 i ME1.

Oczywiście, w przedstawianym zastosowaniu wartość generowanego napięcia nie jest istotna, a interesujące są wyłącznie jego względne zmiany. Potencjometry VR1 i VR2 służą więc do uzyskania wychylenia do około połowy skali przy częstotliwości rezonansowej, a spadek wychylenia oznacza obecność elementu metalowego w pobliżu indukcyjności.

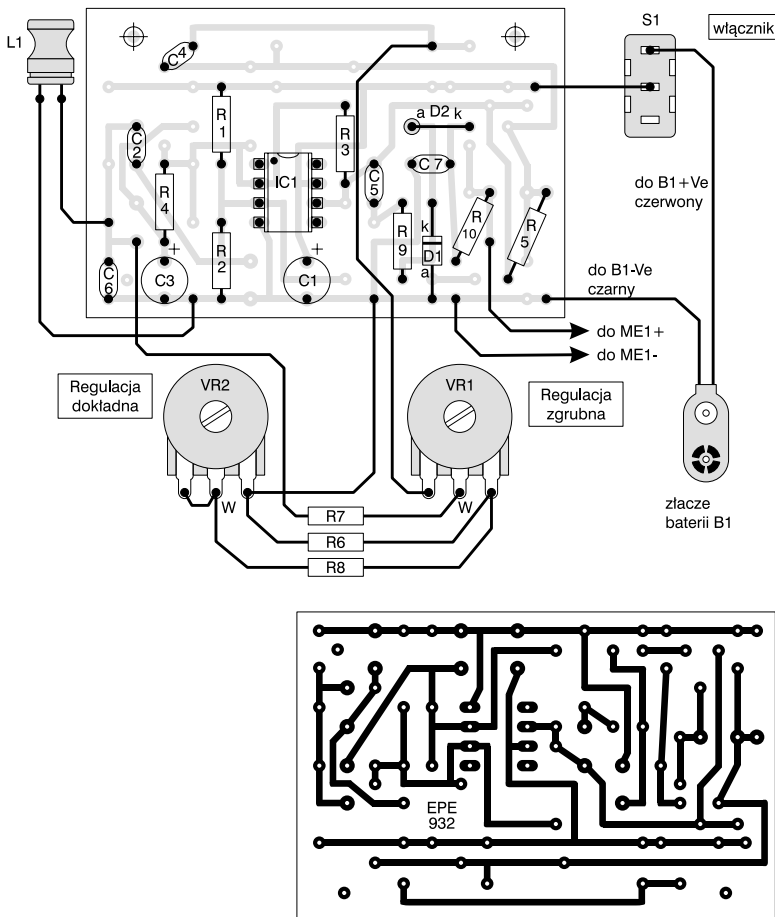
Układ zasila bateria PP3, a ponieważ natężenie pobieranego prądu wynosi tylko około 2mA, czas życia baterii jest bardzo długi. Częstotliwość rezonansowa układu wynosi około 50kHz, co mieści się w zakresie częstotliwości dozwolonych dla tego rodzaju urządzeń. Sygnał emitowany przez urządzenie jest bardzo słaby i mieści się w granicach dopuszczalnych przez przepisy.

Wykonanie

Układ można zmontować na płytce uniwersalnej. W egzemplarzu modelowym trzy rezystory montowane są bezpośrednio do potencjometrów regulujących współczynnik sprzężenia zwrotnego.

Niektóre z otworów w płytce uniwersalnej pozostaną niewykorzystane, co ułatwia popelnienie pomyłki i wstawienie jednego z elementów w niewłaściwe miejsce. Montaż wymaga więc nieco więcej uwagi, niż gdyby płytka była wykonana specjalnie do tego układu.

Schemat rozmieszczenia elementów oraz mozaika ścieżek druku przedstawione są na rys.



Rys. 3. Schemat rozmieszczenia elementów, okablowania i mozaika ścieżek druku detektora metali.

3. Układ IC1 nie jest wrażliwy na działanie ładunków elektrostatycznych, niemniej jednak zaleca się użycie w jego przypadku podstawki.

Germanowe diody D1 i D2 są bardziej wrażliwe na ciepło wydzielane przy lutowaniu niż diody krzemowe. Przy ich lutowaniu nie jest niezbędne użycie elementu odprowadzającego ciepło, niemniej jednak lutowanie to powinno trwać stosunkowo krótko.

Diody te posiadają szklane obudowy, w związku z czym ich wytrzymałość mechaniczna także nie należy do szczególnie wysokich i należy obchodzić się z nimi ostrożnie.

Przestrzeń na płytce pod kondensatory inne niż elektrolityczne jest ograniczona i trudno będzie umieścić na niej inne elementy niż przeznaczone do druku, z rozstawem wyprowadzeń 5mm.

W miejscach połączeń z zewnętrznymi podzespołami (potencjometry, bateria itp.) należy wluutować kołki. Należy je obficie

pocynować, co ułatwi późniejsze przylutowanie przewodów. W razie potrzeby, kołki należy oczyścić nożem lub przy pomocy innego ostrego przedmiotu.

Urządzenie można zamknąć w obudowie z tworzywa sztucznego, o długości około 125..150mm. Z elektrycznego punktu widzenia położenie podzespołów urządzenia nie jest istotne, jednak jego użytkowanie narzuca pewien sposób ich usytuowania.

Jako L1 można użyć wyłącznie indukcyjności posiadającej wyprowadzenia z jednej strony. Urządzenie testowano tylko z niskoprądową cewką RS oraz cewką 8RB Toko. Działanie w obu przypadkach było takie samo. Układ powinien pracować prawidłowo z innymi indukcyjnościami o podobnych wartościach, choć trudno to zagwarantować.

Indukcyjność L1 należy przymocować do jednej z powierzchni obudowy, która stanie się aktywną „końcówką” urządzenia. Cew-

kę można wkleić w przygotowany otwór o średnicy 8mm, co da pewne mocowanie cewki do obudowy. Płytkę drukowaną powinna być mocowana przy pomocy kołków dystansowych i śrub M3 do górnej pokrywy obudowy, w pobliżu indukcyjności L1.

Miernik ME1 należy przymocować do powierzchni górnej pokrywy obudowy, w pobliżu jej krawędzi, po przeciwnej stronie niż znajduje się cewka. Ułatwi to odczyt wskazania podczas eksploatacji urządzenia i pozostawia mnóstwo wolnego miejsca na ulokowanie potencjometrów i włącznika.

Jako ME1 można użyć zwykłego miernika wychyłowego lub wskaźnika dostrojenia, który bę-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

(0,25W, 5%, węglowe warstwowe)

R1, R2: 100kΩ

R3, R8, R10: 10kΩ

R4: 3,9kΩ

R5: 1kΩ

R6: 2,2kΩ

R7: 22kΩ

R9: 3,3kΩ

VR1: 1kΩ, węglowy, obrotowy, liniowy

VR2: 100kΩ, węglowy, obrotowy, liniowy

Kondensatory

C1: 10μF/25V, wyprowadzenia jednostronne

C2, C4: 10nF, poliestrowy, raster 5mm

C3: 0,47μF/50V, wyprowadzenia jednostronne

C5, C7: 100nF, poliestrowy, raster 5mm

C6: 3,3nF, poliestrowy, raster 5mm

Półprzewodniki

D1, D2: OA91

IC1: TL071C

Różne

ME1: miernik wychyłowy (z ruchomą cewką) 200μA (patrz tekst)

S1: przelącznik jednobiegunowy, jednopozycyjny

B1: bateria 9V (PP3) z łączówką

L1: indukcyjność 2,2mH (patrz tekst)

niewielka obudowa z tworzywa sztucznego (ok. 150mm x 100mm x 60mm), łączówka do baterii, pokrętko 2 szt., przewód plecionka, cyna, kołki lutownicze itp.

dzie tańszy i w zupełności wystarczający. W prototypie użyto wskaźnika firmy Maplin, ale może to być dowolny inny miernik, o czułości zakresowej 200..250 μ A.

Jeśli ktoś woli zastosować miernik wychyłowy, powinien to być miernik o czułości 100 μ A, a wartość R10 trzeba wówczas zwiększyć do 18k Ω .

Wskaźnik dostrojenia wymaga wykonania w obudowie otworu prostokątnego z dwoma zaokrąglonymi rogami. Najprościej jest go wykonać wierząc otwór o średni-

cy 15..16mm, a następnie usunąć resztę materiału przy pomocy pilnika. Miernik nie posiada otworów pod śruby i należy przykleić go do obudowy.

Okablowanie jest bardzo proste, może z wyjątkiem etapu lutowania rezystorów do potencjometrów VR1. Przed lutowaniem należy odpowiednio uformować, przyciąć i pocynować wyprowadzenia tych rezystorów, a także pocynować końcówki potencjometrów.

Po ostatecznym sprawdzeniu prawidłowości montażu i okablowa-

nia, należy ustawić oba potencjometry w środkowych położeniach i włączyć zasilanie. Przy potencjometrze VR1 przesuniętym w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara wskazanie powinno być duże. Obrót tego potencjometru w kierunku przeciwnym powinien zaowocować spadkiem wychylenia wskazówki do zera.

Przy VR1 ustawionym nieco powyżej punktu spadku wskazania, regulując potencjometrem VR2 uzyskać wychylenie około połowy maksimum. Umieszczenie kawałka metalu obok cewki L1 powinno spowodować spadek wychylenia.

Aby zapewnić prawidłowe działanie urządzenia, położenie potencjometru VR2 wymagać będzie okresowej regulacji. Przy zbyt słabym sprzężeniu układ nie będzie generował, a przy zbyt silnym jego czułość będzie bardzo mała.

EPE

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika "Everyday Practical Electronics".