

WYKRYWACZ METALI - P.I. PULSE INDUCTION

Jest to lokalizator impulsowy działający na zasadzie emisji prostokątnej fali elektromagnetycznej w głąb gruntu. Fala taka, w przypadku natrafienia na przedmiot metalowy indukuje w nim siłę elektromotoryczną samoindukcji (tzw. SEM).

Siła ta odkształca kolejną wiązkę pola elektromagnetycznego, zatem w układzie elektronicznym następuje rejestracja takiego odkształcenia. Zostaje ono przetworzone na sygnał akustyczny, który jest łatwo zrozumiały dla użytkownika. Wskaźnikiem wykrycia obecności metalu jest sygnał akustyczny pochodzący z generatora przestrajanego napięciem, którego częstotliwość w głośniku zmienia się proporcjonalnie do wielkości zlokalizowanego metalu, jego masy oraz odwrotnie proporcjonalnie do odległości od cewki indukcyjnej (anten lokalizatora).

Lokalizator typu PI posiada szereg własności, których nie posiadają lokalizatory innych typów. **Tego rodzaju urządzenie jest w stanie wykryć monetę o śr. 2,5 cm na głębokości 28 – 35 cm a jego zasięg graniczny wynosi ok. 180 cm.** Czułość urządzenia jest funkcją poboru prądu. Wykorzystana do detekcji metoda bardzo niskich częstotliwości charakteryzuje niewrażliwość na grunt nawet bardzo wilgotny (np. plaże morskie), odporny jest zatem na działanie tzw. efektu gruntowego. Lokalizator impulsowy posiada jeszcze jedną pozytywną właściwość. Jest nią brak strat spowodowanych gruntem, dla przykładu straty w gruncie w lokalizatorach z dyskryminacją (fazowych) wynoszą 10 do 20 λ a w innych typach (BFO, IB) nawet 50 λ .

Do wad tego typu lokalizatora z technicznego punktu widzenia należałoby zaliczyć stosunkowo duży pobór prądu ok. 80 – 100 mA oraz niezdolność do rozróżniania metali ferromagnetycznych (żelazo, nikiel) od diamagnetycznych (złoto, srebro, brąz).

Przy wykrywaniu istotne jest jedynie ułożenie przedmiotu metalowego względem cewki lokalizatora. Przedmioty kolorowe np. monety łatwiej będą wykryte przy ułożeniu równoległym, natomiast przedmioty żelazne np. gwóźdź przy ułożeniu centrycznym

Generalnie, najlepszą wykrywalnością odznaczają się metale kolorowe a zwłaszcza niektóre ich stopy jak brąz i miedzionikiel. Bardzo dobrze wykrywane jest srebro, zaś nieco słabiej złoto. Najsłabszą wykrywalnością odznacza się aluminium.

Należy także zaznaczyć, że skuteczność wykrycia wzrasta dla tych przedmiotów (zwłaszcza żelaznych), które przetrwały w ziemi setki lat.

Zwiększa się wówczas pole oddziaływania ze względu na utlenienie się części metalu, która weszła w reakcję z ziemią.

OGÓLNA ZASADA DZIAŁANIA

Układ ten **każdy może zbudować**, bez potrzeby dopracowywać. Podobnie jak w przypadku większości wykrywaczy podstawowym członem jest cewka detektorowa (poszukiwawcza). Jeśli do cewki zostanie doprowadzone zasilanie generuje ona pole elektromagnetyczne proporcjonalne do przepływającego przez nią prądu. Gdy zasilanie zostanie odłączone napięcie w cewce najpierw spada do zera, następnie gdy pole magnetyczne zanika, narasta ono w odwrotnym kierunku gdy indukowana jest zwrotna SEM w cewce poszukiwawczej. Gdy przedmiot metalowy znajdzie się w zasięgu tego pola, ulegnie on oddziaływaniu albo poprzez wytworzenie prądów wirowych lub zostanie namagnesowany w zależności czy jest to diamagnetyk czy ferromagnetyk. Niemniej jednak rezultat jest taki sam tzn. zwrotna SEM utrzymuje się dłużej nim zaniknie impuls napięciowy. Efekt ten jest widoczny przy przechodzeniu impulsu przez 0 V.

Ta strefa sygnału jest następnie przetwarzana poprzez wzmocnienie próbki przebiegu falowego. Próbka ta jest następnie podana na integrator, który wytwarza napięcie wyjściowe proporcjonalne do czasu zaniku zwrotnej SEM. Następnie napięcie to zostaje podane doysterowania generatora VCO i głośnika.

SZCZEGÓŁOWA ZASADA DZIAŁANIA

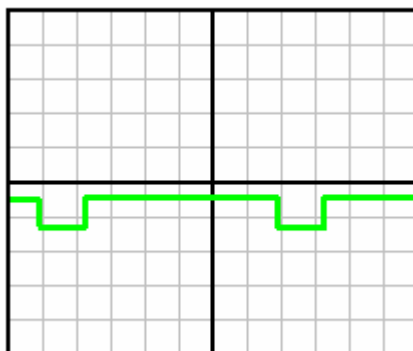
Układ scalony US1 (timer 555), rezystory R1, R2 oraz kondensatory C2 i C3 tworzą generator astabilny ujemnych impulsów. Częstotliwość generowanych impulsów wynosi około 100Hz, decyduje o tym rezystor R2, natomiast szerokość impulsów wynosi ok. 70 μ S i jest zależna od rezystora R2 i od pojemności kondensatora C2. Impulsy te z wyjścia 3 (US1) podane są przez rezystor R3 na bazę tranzystora T1, gdzie zostają odwrócone na dodatnie a następnie przez rezystor R6 na bazę tranzystora mocy T2. Z kolektora T2 impulsy podawane są na cewkę szukającą Ls. Dalej sygnał podany jest przez μ A709. Ponieważ wzmacniacz ten nie posiada wewnętrznego zabezpieczenia wejść 2 i 3 przed przekroczeniem dopuszczalnej wartości napięcia różnicowego ± 5 V, konieczne jest zabezpieczenie wejść poprzez włączenie dwóch diod o przeciwnych kierunkach polaryzacji D1, D2 i rezystora R8. W celu zapewnienia jeszcze stabilnej pracy tego wzmacniacza należy zastosować kilka elementów zewnętrznych jak C5, C6 i R10. Rezystor R12 ustala wzmocnienie układu i w tym przypadku wynosi ok. 1400 razy (stosunek R12 do R9). Aby umożliwić próbkowanie przebiegu falowego w cewce szukającej przy przechodzeniu impulsu przez zero, konieczne jest generowanie opóźnionego impulsu. Zrealizowano to przy użyciu US 4011, gdzie do budowy układu opóźniającego wykorzystano cztery bramki typu NAND. Bramki A i B tworzą pierwszy generator wytwarzający dodatnie impulsy o szerokości 30 μ S, wyzwalane tylnym zboczem tranzystora T1, drugi generator (bramki C i D) wyzwalany jest przez pierwszy i generuje impulsy dodatnie o szerokości 50 μ S. Impulsy te z wyjścia 10 (układ 4011) podawane są przez rezystor R14 na bramkę tranzystora T3 (BF 245), pracującego jak klucz elektronowy otwierając go na czas trwania tych impulsów. Powoduje to przejście impulsów z układu US4 do integratora US5, zbudowanego na wzmacniaczu operacyjnym 741. Rezystor R16 usytuowany w pętli sprzężenia zwrotnego ustala wzmocnienie sygnału wejściowego przychodzącego z tranzystora T3, natomiast kondensator C8 zapewnia formowanie przebiegu piłokształtnego o powolnym narastaniu, którego poziom napięcia stałego na wyjściu 6 (US5), jest proporcjonalna do szerokości impulsu przychodzącego z układu US4. Sygnał z wyjścia 6 podany jest na tranzystor T4, który steruje generatorem przestrajającym napięciowo (VCO). Do budowy generatora VCO użyty został tranzystor polowy z kanałem typu P oraz timer 555. Tranzystor ten działa w ten sposób, że rezystancja pomiędzy drenem a źródłem zmienia się proporcjonalnie do przychodzącego na bramkę napięcia, to z kolei powoduje zmianę częstotliwości pracy timera a tym samym zmianę wysokości tonu w słuchawkach (głośniku). Układ scalony US8 i towarzyszące mu elementy tworzą przetwornicę napięcia, która to podwyższa napięcie zasilające do ok. 20V, następnie jest ono podane na stabilizator napięcia 12V (US 7). Uzyskane w ten sposób napięcie stabilizowane dodatnie ze stabilizatora US7 i napięcie ujemne 5V ze stabilizatora US2 służy do zasilania wzmacniaczy operacyjnych US4 i US5.

BUDOWA I STROJENIE

O ile układ zostanie poprawnie zmontowany według Schematu ideowego i rys. płytki montażowej wykrywacz powinien działać prawidłowo bez potrzeby eksperymentowań i stosowania skomplikowanej aparatury pomiarowej (wystarczy zwykły miernik cyfrowy), posiadając jednak oscyloskop i miernik częstotliwości można sprawdzić poszczególne bloki wykrywacza przy uruchamianiu.

Przetwornice napięcia. Włutować US8, R31, R32, C17, C18, C19, C20, C21, D3, D4, D5 i D6, podłączyć zasilanie. Na wyjściu powinniśmy uzyskać napięcie ok. 20V ($\pm 3V$). Włutować US7 i US2, na wyjściu stabilizatora US7 będzie napięcie 12V, natomiast na wyjściu stabilizatora US2 otrzymamy napięcie $-5V$, (napięcia mierzyć względem tzw. sztucznej masy tj. plusa napięcia zasilania).

Nadajnik impulsów. Włutować US1, R1, R2, C2 i C3. Na wyjściu 3 US1 otrzymamy przebieg prostokątny ujemny. ↓

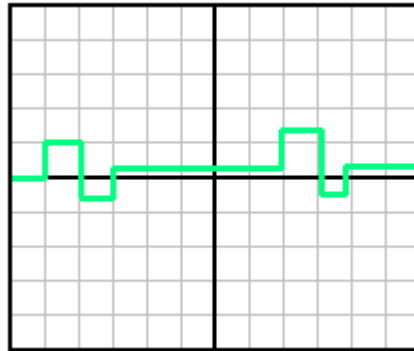


Włutować R3, R4, R5, R6, T1 i T2, podłączyć cewkę szukającą i włączyć zasilanie (cewka powinna cicho mruzczeć). Do kolektora tranzystora T2 przyłączyć sondę oscyloskopu i sprawdzić kształt przebiegu, winniśmy uzyskać „szpilę” o napięciu ok. 80V. ↓

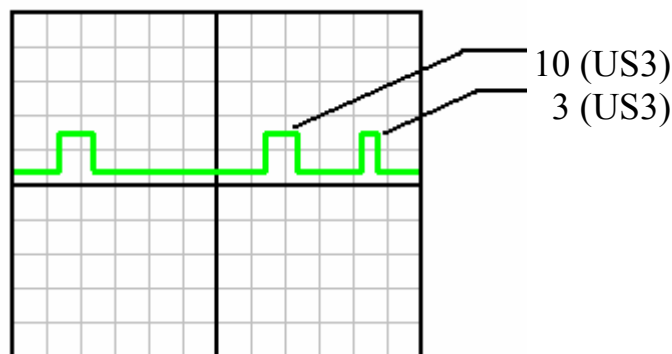


Włutować R7, D1, D2, R8, R9, R10, R11, R12, R21, R24, potencjometr montażowy Pr1, C5, C6 i US4. Potencjometrem montażowym Pr1 ustawić na

wyjściu 6 US4 napięcie ok. 0,8V. Zbliżając do cewki przedmiot metalowy napięcie to będzie się zmniejszać o ok. 0,1 do 0,3V. Przebieg sygnału ↓.



Generator opóźnionego impulsu. Wlutować US3, R27, R28, R29, R30, C12, C13, C14, C15. Przyłączyć oscyloskop do wyjścia 3 US3, otrzymaliśmy dodatni impuls prostokątny o szerokości ok. 30 μ s, następnie dokonać analogicznego pomiaru na wyjściu 10 US3, winniśmy uzyskać dodatni impuls prostokątny o szerokości ok. 50 μ s. ↓



Bramka próbkowania i integrator. Wlutować T3, R13, R14, R15, R16, R17, US5, R22, R23, P1, C7, C8, włączyć zasilanie. Do wyjścia 6 US5 przyłączyć woltomierz napięcia stałego, przy zbliżaniu do cewki przedmiotu metalowego napięcie to powinno się zmieniać w zakresie od -3 do 12V.

Bufor i VCO (generator przestrajany napięciem).

Wlutować T4, T5, US6, R20, R25, R26, R18, R19, C9, C10, C11, C16 oraz przyłączyć głośnik. Przy ustawieniu potencjometru P1 w lewym skrajnym ustawieniu w głośniku będzie cisza, natomiast przy ustawieniu na max w głośniku będzie słyszalny dźwięk o częstotliwości ok. 10kHz. Teraz ponownie ustawić potencjometr P1 tak, aby w głośniku słyszalne były pojedyncze impulsy, przy zbliżaniu np. monety następował będzie wzrost częstotliwości impulsów, aż do wystąpienia tonu ciągłego. Wykrywacz powinien reagować na monetę

średniej wielkości z odległości ok. 30cm. Należy zaznaczyć, iż w pobliżu wykrywacza nie powinno żadnych urządzeń powodujących zakłócenia a tym samym mogą uniemożliwić prawidłowe zestrojenie. Zamiast potencjometru P1 można zastosować dwa, łącząc je szeregowo np. $47k\Omega + 4,7k\Omega$, uzyskamy wówczas precyzyjniejsze strojenie tzw. zgrubne i dokładne.

Do budowy wykrywacza należy użyć elementów o wysokiej jakości. Jako US1, US6, i US8 najlepsze były by ICM 7555, ze względu na niższy pobór prądu od układów serii NE 555. Pozostałe układy dowolnych firm, jednak wskazane jest posiadanie ich w nadmiarze, gdyż mogą się trafić wadliwe egzemplarze, szczególnie wzmacniacze operacyjne serii 709.

Jako T3 zastosować BF 245 lub BF 256. Jako T5 może być dowolny tranzystor polowy z kanałem typu p. T1 – dowolny tranzystor pnp np. BC 178C, BC 308. T4 o dużym współczynniku wzmocnienia z grupy C np. BC 108C, BC 109C, BC 413C. Jako T2 zastosować dowolny tranzystor mocy typu npn o mocy minimum 30W i napięciu pracy minimum 80V, np. BD 285, BD901 lub 2N6487. Kondensatory poza elektrolitami tylko styrofleksowe (stabilne w funkcji temperatury). Kondensator C5 i C6 mogą być ceramiczne, natomiast C4, C16 i C22 mogą mieć pojemności mniejsze, ale pożądane jest by były wysokiej jakości. Rezystory o mocy 0,25W lub 0,125W z wyjątkiem R7, którego obciążalność winna wynosić co najmniej 1W.

WYKONANIE CEWKI SZUKAJĄCEJ

Do nawijania cewki należy użyć drutu miedzianego w emalii (DNE) o średnicy przekroju 0,5 do 0,65mm. Długość odmierzonego drutu do nawijania 16 metrów (niezależnie od średnicy cewki).

Np. cewka o średnicy 20cm zawiera 24 zwoje, o średnicy 30cm – 17 zwoi a o średnicy 40cm – 11 zwoi.

Na konstrukcję cewki zastosować rurkę z PCV o długości ok. 1,2m (dla cewki standardowej o średnicy 30cm) i średnicy 15 do 22mm.

Przygotować np. garnek o średnicy 30 cm, następnie ogrzewając rurkę ostrożnie nad płomieniem, starać się wyginać ją na garnku tak, aby utworzyła okrąg.

Nadmiar rurki (utworzonego okręgu) obciąć, aby pomiędzy końcami okręgu powstała szczelina ok. 0,5 do 1cm. Łatwiejszą metodą jest zalanie rurki

wrzątkiem: po zatkaniu jakimś korkiem (najlepiej gumowym) jednego z końców rurki wlewamy wrzątek do środka rurki i elastyczną rurkę łatwo wyginamy w

okrąg (zatykamy również drugi koniec po napełnieniu wodą). Tą metodą polecam wykonywać cewkę z cieńszej rurki (nie powstają wklęsnięcia)- radzę nad wanną czy miską (oczywiście w rękawicach).

Na tym etapie pozostawić konstrukcję cewki i przejść do wykonania przegubu.

W celu wykonania przegubu przygotować ok. 10-cio centymetrowy odcinek rurki

z PCV o średnicy ok. 32mm. W jednym końcu przewiercić odcinek rurki na wylot o średnicy otworu takiej, jaką posiada wywinięta w okrąg rurka. W drugim

końcu przegubu wywiercić otwór o średnicy ok. 5mm na wyprowadzenie kabla

(jest to najprostszy sposób przygotowania przegubu, wada: brak możliwości zmiany pochyłości cewki. Przegub można wykonać ruchomy, cewka jest

znacznie wygodniejsza w eksploatacji, ale to już zostawiam konstruktorowi

<Przegub nie może zawierać materiałów metalowych >).

Kolejnym etapem jest nasunięcie przegubu na utworzony wcześniej okrąg.

Odmierzyć 16 metrowy odcinek drutu DNE i starać się nawijać go, przeciągając

przez wnętrze rurki zwój po zwoju (należy pozostawić ok. 10 cm odcinek początku drutu) , uważając jednak by w procesie nawijania nie tworzyły się pętle.

Po nawinięciu wszystkich zwojów, pozostawić ok. 10 cm końca drutu.

Następnie należy cofnąć przegub z powrotem w miejsce, gdzie łączą się końce

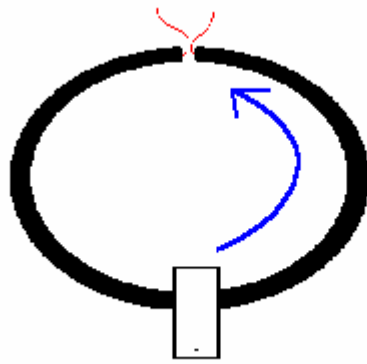
okręgu i połączyć wystające z cewki odcinki drutów z wprowadzonym do przegubu

dwużyłowym kablem (zalutować i zaizolować). Ustawić przegub względem okręgu pod

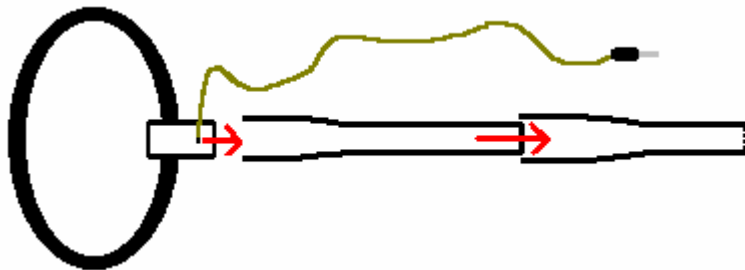
odpowiednim kątem ok. 120 stopni. Następnie zalać wnętrze przegubu

szybkoschnącą żywicą, szpachlówką czy kabelmasą i pozostawić do wyschnięcia. Drugi koniec kabla wyposażyć we wtyczkę np. mono

typu „duży jack”. Tak wykonana sonda odznacza się kilkoma zaletami gdyż jest łatwa do wykonania, lekka i wodoszczelna.



Stelaż wykonać należy dopasowując długość wykrywacza do własnego wzrostu. Stelaż można zrobić całociowy lub składany. Do wykonania stelażu używamy rurki o tej samej średnicy co do budowy przegubu (optymalnie 32mm). Przy stelażu składanym należy rurę PCV pociąć na odpowiednie składy, następnie okręcając jeden z jej końców nad ogniem poszerzamy go drugą rurką (najlepiej składem).



EKSPLOATACJA

Najlepsze efekty w poszukiwaniach uzyskiwane będą wówczas, jeśli użytkownik wykrywacza ma doświadczenie z tego rodzaju aparaturą, ewentualnie po pewnym czasie prób w różnych warunkach terenowych i z różnymi przedmiotami. Przed przystąpieniem do poszukiwań w terenie przyrząd należy włączyć na ok. 2 minuty (ma to na celu ustabilizowanie się temperatury pewnych elementów pracujących w nadajniku impulsów będących pod nadmiernym obciążeniem). Jak wiadomo skuteczność wykrycia metalu (pomijając umiejętności osoby obsługującej przyrząd i zakładając pełną sprawność urządzenia) zależy przede wszystkim od rozmiarów przedmiotu i pozycji, w której zalega on w gruncie. Praktyczne próby przeprowadzenia z kompletem cewek o średnicach odpowiednio 20, 30 i 40 cm wykazały największą czułość dla drobnych przedmiotów jak monety, obrączki dla cewek o średnicy 30 i 20cm. Natomiast cewkę o średnicy 40 cm zaleca się stosować do poszukiwań większych przedmiotów powyżej 1dm. Np. rurociągi. Za cewkę standardową przyjmuje się najczęściej sondę o średnicy 30cm.

Przyrząd wykonany według powyższej dokumentacji odznacza się następującymi zasięgami w gruncie (zakładają równoległe ułożenie przedmiotów względem cewki poszukiwawczej. Przy ułożeniu skośnym w zależności od kąta położenia przedmiotu, wykrywalność będzie mniejsza):

--moneta o średnicy 2,5 cm -----	30-32cm
--przedmiot o średnicy 5 cm -----	44-48cm
--przedmiot o średnicy 10 cm -----	65-70cm
--przedmiot o średnicy 15 cm -----	75-80cm
--przedmiot 20 x 20 cm -----	100-110cm
--przedmiot 30 x 40 cm -----	130-140cm
--przedmiot 60 x60 cm -----	170-180cm
--max. przedmiot 1 x 1m -----	ok. 2m

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory	Wartość oporu	Rezystory	Wartość oporu	Rezystory	Wartość oporu
R1	1k Ω	R12	680k Ω	R23	potencjometr montażowy 220k Ω
R2	68k Ω	R13	330 Ω	R24	100k Ω
R3	1k Ω	R14	68k Ω	R25	10k Ω
R4	270 Ω	R15	100 Ω	R26	10k Ω
R5	100 Ω	R16	820k Ω	R27	22k Ω
R6	330 Ω	R17	10k Ω	R28	22k Ω
R7	150 Ω <1W>	R18	100 Ω	R29	33k Ω
R8	1k Ω	R19	2,4k Ω	R30	33k Ω
R9	470 Ω	R20	1m Ω	R31	33k Ω
R10	1k Ω	R21	1m Ω	R32	22k Ω
R11	220k Ω	R22	47k Ω	R33	10k Ω

Kondensatory	Pojemność	Kondensatory	Pojemność
C1	2200 μ F	C13	1nF
C2	220nF	C14	1nF
C3	100nF	C15	1nF
C4	220 μ F / 16V	C16	220 μ F / 16V
C5	10pF	C17	10nF
C6	4,7pF	C18	47 μ F / 25V
C7	100nF	C19	47 μ F / 25V
C8	220nF	C20	47 μ F / 25V
C9	100nF	C21	47 μ F / 25V
C10	100nF	C22	220 μ F / 16V
C11	100 μ F / 16V	C23	100 μ F / 25V
C12	1nF		

Diody	Symbol	Tranzystory	Symbol	Układy scalone	Symbol
D1	1N4148	T1	BC178	US1	NE555
D2	1N4148	T2	BD285	US2	uA 7905
D3	1N4001	T3	BF245	US3	CD 4011
D4	1N4001	T4	BC108C	US4	uA 709
D5	1N4001	T5	2N3820	US5	ua 741
D6	1N4001	T6	BC107	US6	NE555N
Dioda Zenera	9,1 V	T7	BC177	US7	uA 7812

pozostałe:	
1	wtyk typu duży jack + gniazdo
2	przewód dwużyłowy
3	głośnik 8-40 Ω
4	Wyłącznik zasilania
5	P1- potencjometr obrotowy <liniowy> 22÷47k Ω
6	Pr - potencjometr montażowy 100k Ω ÷470k Ω
7	Można wbudować wejście na słuchawki
8	Obudowa

WYKONANIE PŁYTKI WYKRYWACZA

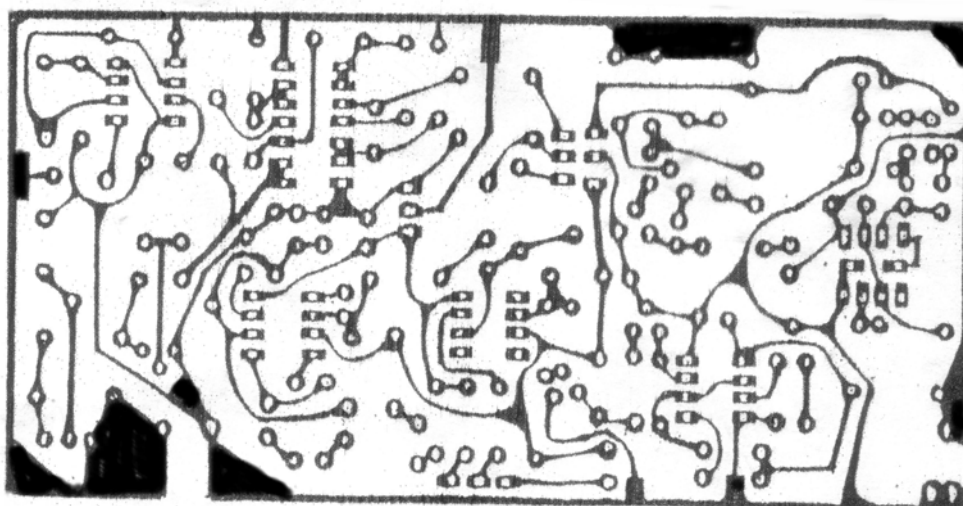
Wykonanie samej płytki jest czynnością dość pracochłonną. Niezbędny będzie laminat (wymiary 7 x 13,5 cm), kwas do trawienia (np. popularny trójchlorek żelaza), marker do ścieżek, wiertarka z małym wiertłem

Wyciąć schemat ścieżek, nakleić go na laminat (od strony miedzianej), powiercić otwory na elementy, narysować odpowiednie ścieżki i wytrawić zgodnie z opisem na opakowaniu środka trawiącego.

MOJE WSKAZÓWKI

1. Dobierać dokładnie elementy.
2. Montować według kolejności i sprawdzać zgodnie z dokumentacją.
3. Przed uruchomieniem kilka razy dokładnie sprawdzić ścieżki na płytce, czy nie ma gdzieś zwarcia.
4. Sprawdzić czy elementy zostały właściwie wlutowane tzn. znajdują się na swoich miejscach.
5. Pod układy scalone najlepiej stosować podstawki.
6. Można stosować zamienniki układów czy tranzystorów.
7. Wykrywacz można zbudować bez pomocy oscyloskopu (jak ktoś posiada może sprawdzić poszczególne przebiegi).
8. Cewka wykrywacza powinna cicho „mrużyć” (przyłożyć do ucha).
9. Wykrywacz nie będzie w pomieszczeniach pracował poprawnie (elektryczność, zbrojenia ścian, inne zakłócenia), strojenie przeprowadzić na dworze.
10. Nie zawsze można dostroić wykrywacz tak jak w opisie (po prostu należy to zrobić potencjometrami „na oko” tzn. znaleźć zakres w jakim urządzenie najlepiej wykrywa metal).
11. Tranzystorów T6 i T7 oraz diody Zenera można nie stosować (zwiększa to pobór prądu, a w układzie służyło to tylko do wskazywania stanu baterii).
12. Osobiście zamiast baterii używam akumulatora żelowego 12V / 1,3 Ah
13. Im słabsze napięcie zasilania, tym mniejsza wykrywalność (wykrywacz zaczyna się rozstrajać).
14. Wolniejsza penetracja terenu sprzyja lepszej wykrywalności urządzenia!!!
15. Podany w dokumentacji opis budowy mechanicznej cewki oraz stelaża jest najprostszym sposobem, ale tu pole do popisu ma wyobraźnia konstruktora. Ja wykonywałem swój stelaż podobnie, ale wprowadziłem w nim wiele modyfikacji (przegub ruchomy, mocowanie obudowy do rurki za pomocą uchwytów na rurki, podpórka pod łokieć, rękojeść itp.)
16. PAMIĘTAJ O BIEGUNOWOŚCI +, - !!!

ROZMIESZCZENIE ŚCIEŻEK skala 1:1



SCHEMAT IDEOWY

