



Impulsowy wykrywacz metali

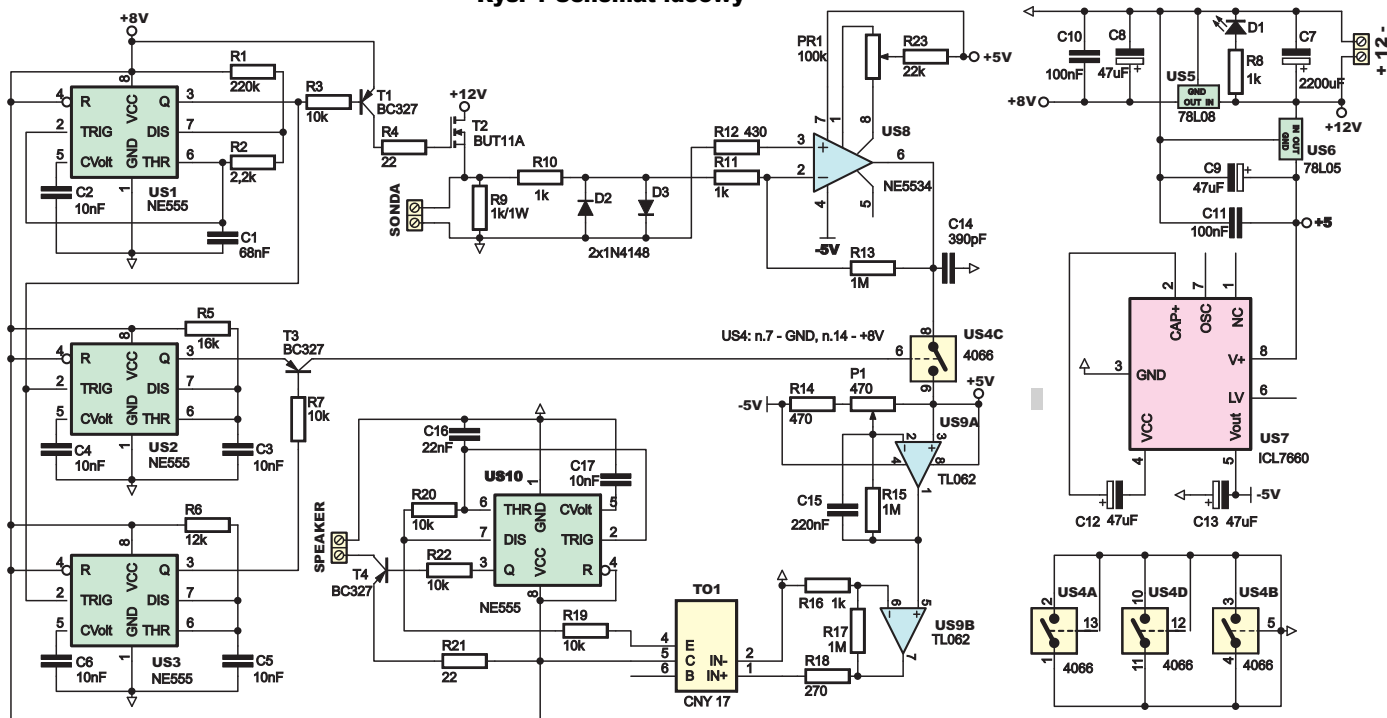
Chyba każdy wie, do czego służy wykrywacz metali. Nie ma więc sensu rozpisywać się tutaj odnośnie do zadania powierzonymu temu urządzeniu. Proponowany wykrywacz lokalizuje metalowe przedmioty w ziemi, ścianie, umożliwia wykrycie zgubionego metalowego przedmiotu w trawniku czy też pod dywanem. Jego napięcie zasilania wynosi 12V, pobór prądu ok. 80mA, a zasięg dla przedmiotu $\phi 10\text{cm}$ – ok. 40cm.

Jak to działa?

W świecie detektorów metali rozróżnia się wiele ich typów, różniących się między sobą budową i zasadą działania. Są to m.in. wykrywacze typu VLF, PI oraz BFO. Opisany detektor jest z rodziny wykrywaczy impulsowych – PI (*Pulse Induction*). Do zalet tego typu wykrywaczy należy brak wrażliwości na mineralizację gleby, zaś do wad – stosunkowo

wysoki pobór prądu. Detektory te działają na zasadzie regularnego generowania impulsów elektrycznych wysyłanych na sondę, dlatego nazywane są wykrywaczami impulsowymi. Wysłanie na cewkę (sondę) sygnału powoduje powstanie pola magnetycznego. W momencie zaniku impulsu elektrycznego pole magnetyczne na sondzie zanika. Czas, z jakim pole zanika, zależy od tego, czy znajduje się w

Rys. 1 Schemat ideowy



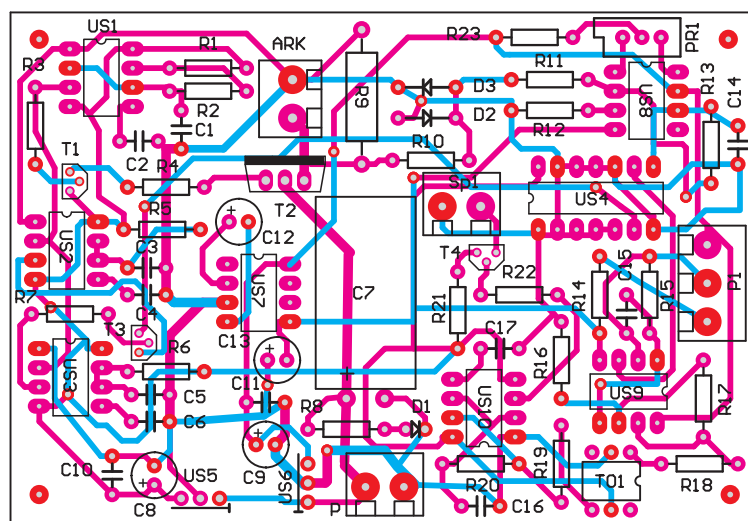
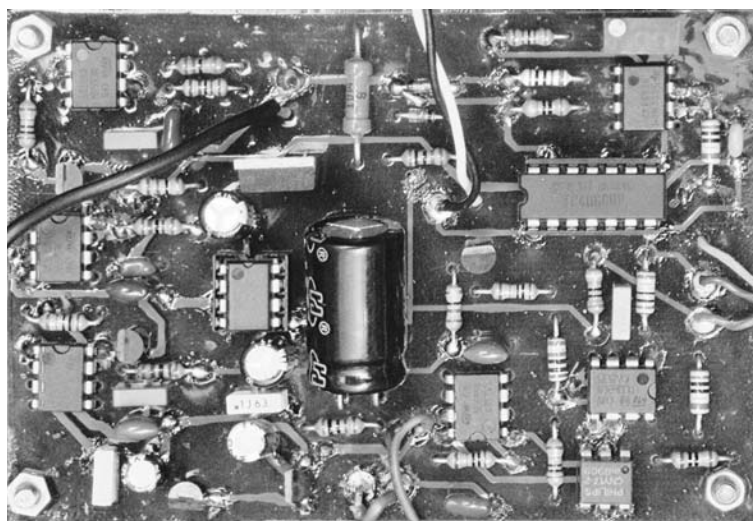
nim metal. Jeżeli takowy jest, to pole zanika dużo wolniej (zjawisko to można zaobserwować za pomocą oscyloskopu). Dalej taki sygnał zostaje wzmacniony i wyfiltrowany, by w końcu zostać przetworzonym np. na sygnał dźwiękowy.

Schemat ideowy urządzenia przedstawia **rysunek 1**. Na pierwszy rzut oka może się on wydawać nieco skomplikowany, jednak po głębszej analizie okazuje się, że nie taki diabeł straszny, jak go malują. Cały układ elektroniczny składa się z bardzo powszechnie stosowanych, a zarazem tanich, elementów.

Jak już wspomniałem, urządzenia tego typu generują impulsy, które są wysyłane na sondę wykrywacza. W tym detektorze tę rolę pełni układ US1 (NE555), który pracuje jako generator astabilny. Dzięki zastosowaniu odpowiednich wartości elementów R1, R2 i C1 układ generuje sygnał prostokątny o częstotliwości ok. 100Hz i współczynniku wypełnienia ok. 99%. Dlatego też stan wysoki na wyjściu US1 (nóżka 3) ma szerokość ok. 10ms a stan niski ok. 100 μ s. Stan niski włącza tranzystor T1 (BC327), a ten z kolei odpowiednio polaryzuje bramkę tranzystora T2 (IRF740) i zaczyna przewodzić. Dzięki temu zostają wysłane na cewkę (sondę) impulsy o czasie trwania 100 μ s w odstępach 10-milisekundowych.

Wytworzone w cewce, poprzez impuls elektryczny, pole magnetyczne rozchodzi się poza sondę. Linie pola, natrafiając na metalowy przedmiot, powodują wydukowanie w nim siły elektromotorycznej (SEM). W sumie dzięki temu pole w cewce, po zdjęciu impulsu, zanika wolniej. Dlatego też stosując metodę pomiaru czasu, z jakim rozchodzi się pole magnetyczne w sondzie, można sprawdzić, czy znajduje się pod nią metal.

Elementy R9, R10 i D2, D3 zabezpieczają wejście układu US8 (NE5534) przed zbyt wysokim napięciem, które mogłoby się wytworzyć w cewce. US8 pracuje jako wzmacniacz odwracający, którego wzmacnienie zależy od rezystorów R13, R11. Doczepiony do nóżek 8 i 1 (US8) potencjometr służy do regulacji balansu. Wzmocniony 1000-krotnie sygnał trafia na



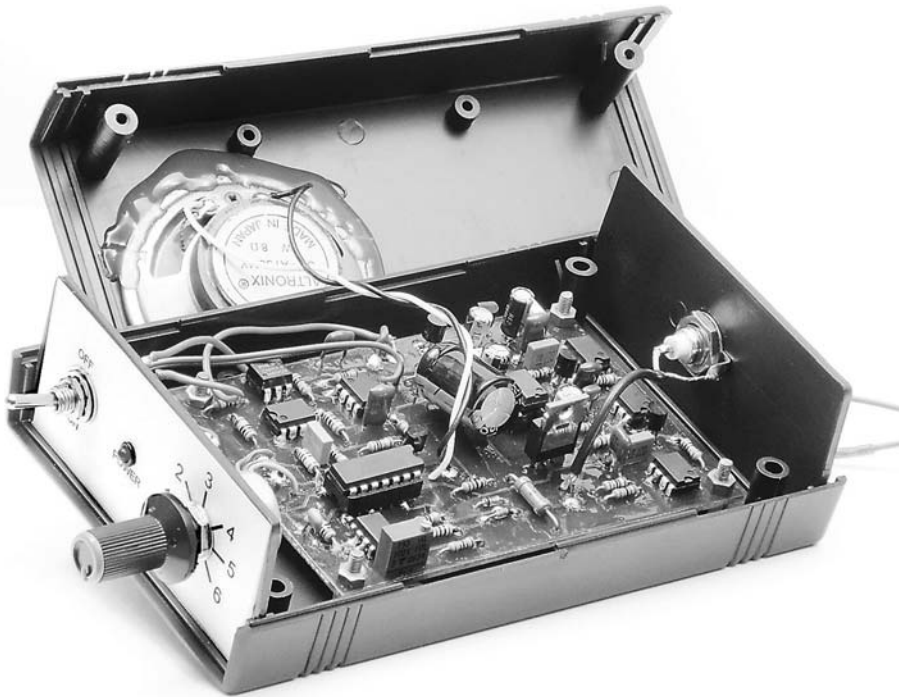
Rys. 2 Schemat montażowy

nóżkę 8 układu US4 (4066), czyli na wejście jednego z czterech kluczy analogowych. Klucz ten jest odpowiednio taktowany przez tranzystor T3 (BC327), a ten z kolei przez elementy US2, US3. Pojawienie się stanu niskiego na wyjściu US1 powoduje uruchomienie wspomnianych już generatorów US2 i US3 (NE555). Układy te generują pojedyncze impulsy o różnych czasach trwania. Pierwszy z nich (US2) wytwarza impuls

o szerokości ok. 180 μ s, zaś drugi o szerokości ok. 130 μ s. Jak już wcześniej wspominałem, impuls zasilający cewkę trwa ok. 100 μ s, więc ok. 30 μ s po zdjęciu napięcia z cewki zostaje załączony tranzystor T3. Na jego emiterze występuje stan wysoki (+8V),

który po załączeniu tranzystora pozostaje tam przez ok. 50 μ s. Kombinacja ta powoduje załączenie klucza analogowego po upływie ok. 30 μ s od „wyłączenia” cewki na okres 50 μ s. Tak zostaje dokonany „pomiar czasu”, z jakim zanika pole magnetyczne. Wiadomo, że ferromagnetyki będą powodować wolniejszy zanik pola niż diamagnetyki. Dlatego sygnał jest próbkowany przez 50 μ s. Tak wyodrębniony sygnał trafia na wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego US9A (TL 062), który pracuje jako integrator. Jego zadaniem jest wytworzenie napięcia proporcjonalnego do szerokości próbki, która trafiła na jego wejście. Wyjście integratora (nóżka 1) jest połączone z wejściem nieodwracającym US9B, pracującym jako zwykły wzmacniacz nieodwracający, którego wzmacnienie wynosi również 1000. Na wyjściu US9B otrzymujemy

sygnał, którego amplituda zmienia się wraz ze zbliżaniem metalu do cewki. Sygnał z tego wyjścia dociera do transoptora TO1 (CNY-17), który poza separacją galwaniczną pełni jeszcze jedną, ważniejszą rolę. Jego zadaniem polega na zmianie rezystancji złącza tranzystora wewnętrznego w zależności od napięcia przyłożonego do diody sterującej. Napięcie z emitera tranzystora wewnętrznego TO1 trafia na generator przestajają-



ny napięciowo (ang. *Voltage- Controlled Oscillator*). Został on zbudowany w oparciu o kolejny NE555. Na jego wyjściu znajduje się sygnał o częstotliwości zależnej od napięcia wejściowego. Dlatego w głośniku słuchać dźwięk, którego częstotliwość zmienia się wraz z przybliżaniem lub oddalaniem przedmiotu metalowego. Potencjometr P1 służy do ustawienia czułości wykrywacza. Układ jest zasilany kilkoma napięciami: +12V, +8V, +5V i -5V. Napięcie 12V jest napięciem źródła, którym może być np. akumulator. Napięcie +8V zostało uzyskane poprzez zastosowanie stabilizatora 78L08 (US5) i służy ono do zasilania wszystkich układów scalonych poza wzmacniaczami. Do zasilania wzmacniaczy służy napięcie symetryczne $\pm 5V$. Napięcie dodatnie (+5V) zostało uzyskane poprzez stabilizator 78L05, zaś napięcie -5V przy wykorzystaniu scalonej przetwornicy ICL7660 (US7). Diody D1 sygnalizuje obecność zasilania. Pojemność kondensatora C7 (2200 μF) została podyktowana charakterem pracy wykrywacza.

Montaż i uruchomienie

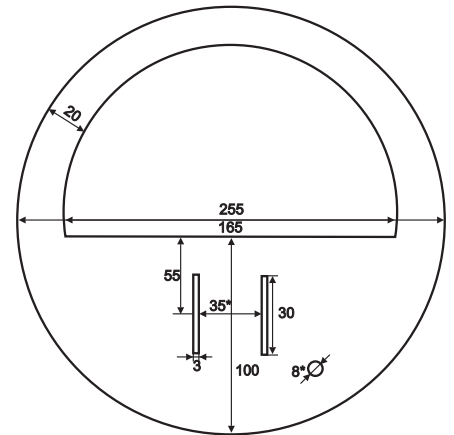
Na **rysunku 2** pokazany jest schemat montażowy. Montaż rozpoczynamy od elementów niskich (rezystory, diody) po elementy wysokie (kondensatory, tranzystor T2). Radzę sprawdzić dokładnie każdy element przed montażem, ponieważ jego demontaż może okazać się trudny ze względu na to, że płytka jest dwustronna. Wskazane jest użyć elementów dobrej jakości m.in. rezystorów o 1% tolerancji. W miejsce potencjometru P1, głośniczka i diody LED należy wlotować krótkie odcinki tasiemki montażowej, do której później przylutuje-

my ww. elementy. Przewody doprowadzające zasilanie powinny być nieco grubsze. Wykrywacz należy zasilac napięciem 12V. Może do tego posłużyć pakiet szeregowo połączonych baterii 1,5V bądź akumulatorów AA. Istnieje też rozwiązanie pozwalające na bardzo długą eksplorację – 12-woltowy akumulator żelowy. To rozwiązanie ma jednak jedną wadę – wagę. Po montażu wszystkich elementów i dokładnym sprawdzeniu poprawności montażu możemy włączyć napięcie zasilania i dokonać niezbędnych pomiarów:

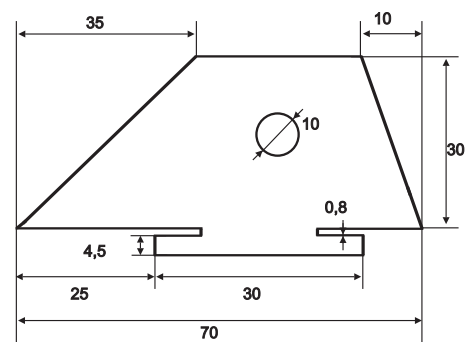
- sprawdzamy napięcia na wyjściach stabilizatorów czy są równe odpowiednio +5V i +8V,
- na nóżce 8 układu US7 powinno być +5V, a na nóżce 5: -5V,
- sprawdzamy napięcia zasilania układów US8 i US9, czy są one zasilane napięciem symetrycznym; powinno ono wynosić $\pm 5V$,
- napięcie na układach US1, US2, US3, US4 i US10 powinno wynosić +8V.

Jeżeli na tym etapie nie napotkaliśmy żadnych problemów, to wyłączamy zasilanie i łączymy gniazdo BNC z płytką za pomocą krótkiego przewodu ekranowanego. Teraz musimy na chwilę zapomnieć o płytce elektroniki i bierzemy się do wykonania sondy.

Dobrze wykonana sonda będzie niewątpliwie czasochłonna. Oczywiście przedstawiony tu opis cewki (sondy) jest tylko przykładem jej wykonania. Można wykonać sondę na wiele sposobów, np. z rurki PCV, z rurki peszla. Jednak sonda zrobiona według opisu przedstawionego poniżej zapewni niebawymy efekt estetyczny oraz



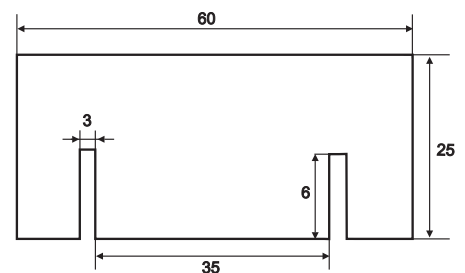
Rys. 3 Wymiary obudowy sondy



Rys. 4 Wymiary uchwytu sondy

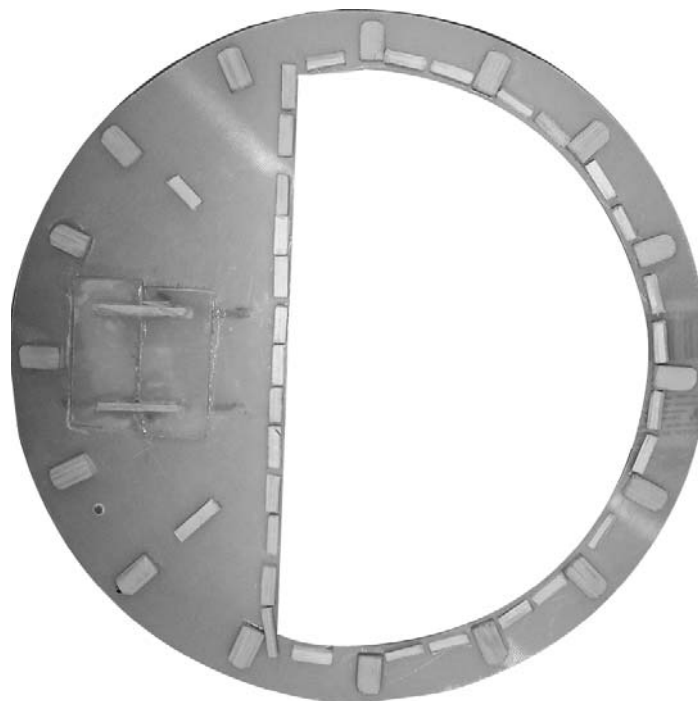
odporność na uszkodzenia mechaniczne. Do wykonania sondy będziemy potrzebować dwóch krążków z laminatu o grubości 0,7-0,9mm, bardzo ważne, aby był to laminat szklano-epoksydowy (zabezpieczy to przed wilgocią) i pozbawiony miedzi. Zastosowane przez nas szkło epoksydowe może być grubsze, jednak musimy wtedy liczyć się ze wzrostem masy gotowej sondy. Krążki o średnicy ok. 25,5cm wycięłem w środku, co pozwoliło zmniejszyć wagę. Wszystkie niezbędne wymiary pokazano na **rysunku 3**. Mając wykonano „obudowy” sondy, przystępujemy do zrobienia uchwytu, który pozwoli na przymocowanie sondy do stelaża. Uchwyt wykonujemy również z pozbawionego miedzi laminatu szklano-epoksydowego, ale znacznie grubszego (ok. 3mm). Wygląd uchwytu wraz z niezbędnymi wymiarami przed-

Rys. 5 Wymiary zatrzasków uchwytów



stawiono na **rysunku 4**. Do pełni szczęścia brakuje nam jeszcze zatrzasków, którymi połączymy uchwyt z sondą. Wymiary i wygląd zatrzasku widać na **rysunku 5**. Wykonujemy je tak samo jak uchwyty, w liczbie dwóch sztuk, z laminatu pozostałego po wycinaniu otworów w krążkach. Teraz umieszczamy uchwyty na swoich miejscach i mocujemy je za pomocą zatrzasków. Dla poprawienia połączenia należy w miejscach łączenia nałożyć klej z rodziny cyjanoakrylanów, np. SuperGlue.

Kolejną czynnością jest przygotowanie kilkunastu (u mnie było to 18) sztuk listwek o wymiarach 10x15x5mm i ok. 30 szt. o wymiarach 5x15x5mm. Po ich przygotowaniu wklejamy je za pomocą, np. SuperGlue tak jak pokazano na **fotografii 1**. W przygotowany otwór na przewód wkładamy gumowy dławik. Ja zastosowałem w tym miejscu gumową przelotkę ze starego telefonu. Czekamy, aż klej dobrze zwiąże i w międzyczasie przygotowujemy dużą tubę kleju Distal (wolno wiążącego). Kiedy wklejone listewki dostatecznie się trzymają, zaczynamy nakładanie Distalu. Kładziemy go między wklejonymi listew-



Fot. 1 Wklejanie listwek do sondy

kami oraz nakładamy dużą ilość pod uchwytem. Nakładając klej przy listewkach, uważamy, by klej nie wylał się przed listewki w miejscu, gdzie znajdują się później zwoje drutu nawojowego. Po dokładnym nałożeniu żywicy

przykładamy drugi krążek laminatu, dokładnie go centrując. Delikatnie przyciskamy sondę czymś ciężkim i pozostawiamy do wyschnięcia na 24 godziny. Kiedy żywica już związała, możemy przystąpić do nawijania cewki. Przez gumową przelotkę wprowadzamy przewód ekranowany np. WLY50 i do ekranu lutujemy 16–17m drutu nawojowego DNE ϕ 0,7mm. Teraz zaczynamy nawijanie. Należy nawinąć 21 zwojów ww. drutu, uważając, aby nie zrobić przeciwwojów. Po nawinięciu 21 zwojów koniec drutu łączymy z przewodem (również za pomocą lutu).

Po tych mozolnych czynnościach musimy wyszpachlować sondę dookoła, nie zapominając o wyciętym wewnątrz sondy otworze. Można powiedzieć, że sonda jest praktycznie gotowa, ale dla dopełnienia efektu warto

pomalować sondę farbą poliuretanową, najlepiej dwuskładnikową np. o białym kolorze.

Tak wykonaną sondę łączymy z elektroniką za pomocą złącza BNC. Włączamy zasilanie i potencjometrem PR1 ustawiamy na wyjściu US8 (nóżka 6) 0,00V. Bardzo ważne jest, aby podczas wykonywania tej czynności sonda i elektronika były jak najdalej od przedmiotów metalowych, załączonego radia, przetwornicy, itp. Praktycznie rzecz biorąc, jeśli nie napotkaliśmy do tej pory żadnych trudności, to detektor jest już gotowy do pracy.

Stelaż (konstrukcję nośną) wykrywacza można wykonać również na wiele sposobów. Ja proponuję wykorzystać kulę rehabilitacyjną. Należy pamiętać tutaj, by w pobliżu sondy nie było niczego metalowego, dlatego też należy usunąć dolną część kuli (aluminium rurkę) i zastąpić ją rurką z PCV.

Wykaz elementów

Rezystory

R1	220k Ω
R2	2,2k Ω
R3,R7,R19,R20,R22	10k Ω
R4,R21	22 Ω
R5	16k Ω
R6	12k Ω
R8,R10,R11,R16	1k Ω
R9	1k Ω /0,5W
R12	430 Ω
R13,R15,R17	1M Ω
R14	470 Ω
R18	270 Ω
R23	22k Ω
P1	470 Ω (obrotowy, liniowy)
PR1	100k Ω (wielobrotowy)

Kondensatory

C1	68nF
C2-C6,C17	10nF

C7	2200 μ F/25V
C8,C9,C12,C13	47 μ F/25V
C10,C11	100nF
C14	390pF
C15	220nF
C16	22nF

Półprzewodniki

D1	LED (3mm)
D2,D3	1N4148
T1,T3,T4	BC 327
T2	BUT11
TO1	CNY-17
US1-US3,US10	NE 555
US4	4066
US5	78L08
US6	78L05
US7	ICL 7660
US8	NE 5534
US9	TL 062

Inne

Głośnik	8 Ω /0,5W
---------	------------------

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2874.

Marcin Majewski