

kit
2834
AVT

Polygraf

– superczuły wykrywacz kłamstwa

Profesjonalny wykrywacz kłamstwa – polygraf, to urządzenie mierzące i rejestrujące szereg parametrów, między innymi ciśnienie krwi, tętno, szybkość i głębokość oddechu, a także rezystancję skóry. U przeciętnego człowieka czynniki te zmieniają się w pewnym niewielkim stopniu, zależnie od stanu emocjonalnego. Co istotne, zauważanie zmieniają się podczas mówienia nieprawdy. Wykwalifikowany operator, porównując i analizując zapis kilku wspomnianych parametrów, potrafi określić, czy osoba badana mówi prawdę, czy kłamie.

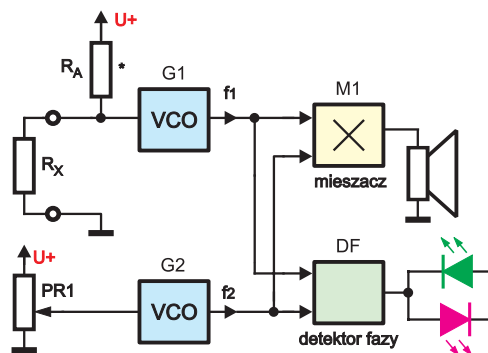
Prezentowany prosty układ mierzy tylko jeden parametr: rezystancję skóry, więc na pewno nie jest to prawdziwy polygraf. Opisany układ jest więc w istocie superczułym omomierzem, gdzie wskaźnikiem oporności mierzonej jest wysokość tonu sygnału dźwiękowego. W chwilach silnego zdenerwowania większość osób poci się i rezystancja skóry radykalnie się wtedy zmniejsza. Układ pracuje na zasadzie porównania i zdudnienia częstotliwości z dwóch generatorów, przez co uzyskuje się rewelacyjną czułość. I właśnie z uwagi na ogromną czułość układ może służyć do rozmaitych eksperymentów, a przede wszystkim może doskonale pełnić rolę zabawkowego wykrywacza kłamstwa i być podstawą wesołej zabawy z przymrużeniem oka.

Prezentowany układ ma prostą konstrukcję i rozważana była jego publikacja w serii *Elektronika dla Nielektroników – EdE*. Może być zasilany z baterii lub z małego zasilacza wtyczkowego napięciem 7...15V. Wersja standardowa z sygnalizatorem piezo pobiera przy zasilaniu 12V co najwyżej 15mA prądu. Wersja z głośnikiem 8Ω do 20mA.

Co istotne, pomiarowe napięcie i prąd (stałe) są całkowicie bezpieczne dla człowieka.

Opis układu

Do wykonania i użytkowania przyrządu nie jest potrzebna wiedza na temat sposobu jego działania. Wystarczy zmontować układ i korzystać zeń według wskazówek podanych w śródtytułe *Montaż i uruchomienie*. Warto jednak rozumieć zasadę pracy tego interesującego i bardzo czułego urządzenia. Schemat blokowy pokazany jest na **rysunku 1**. Układ omomierza akustycznego zrealizowany jest w oparciu o dwa jednakowe generatory sterowane napięciem – VCO. Generatory takie zawarte są w kostkach CMOS 4046 U1 i U2.



Rys. 1 Schemat ideowy

Częstotliwość wyjściowa generatora VCO z kostki 4046 jest zależna od napięcia stałego podawanego na wejście VCOin, czyli na nóżkę 9. Czym większe napięcie wejściowe, tym większa częstotliwość wyjściowa. W jednym z generatorów jest to napięcie z dzielnika rezystorowego R_A , R_x , więc częstotliwość f_1 zależy od badanej rezystancji R_x . Dla zwiększenia zakresu mierzonych oporności rezystor odniesienia R_A ma wartość zmienianą skokowo za pomocą przełącznika, stąd gwiazdka na

schemacie. Natomiast częstotliwość drugiego generatora, f_2 , jest ustalana ręcznie za pomocą potencjometru PR1. Przebiegi o częstotliwościach f_1 , f_2 są podane na mieszacz M1, na którego wyjściu pojawia się też przebieg o niewielkiej częstotliwości równej różnicy $|f_1 - f_2|$. Z kolei drugi blok detektora fazy DF pełni tu rolę komparatora częstotliwości i za pomocą dwóch diod LED pokazuje, która z częstotliwości f_1 , f_2 jest większa.

Niektórzy Czytelnicy mogą się dziwić, po co taka komplikacja, po co dwa generatory i dodatkowe bloki. Otóż rzeczywiście do realizacji omomierza akustycznego wystarczyłby tylko jeden układ U1 oraz przełącznik rezystancji R_A z siecią rezystorów. Dałoby to możliwość pomiaru w szerokim zakresie rezystancji R_x , ale niestety czułość takiego miernika byłaby zbyt mała, jak na potrzeby wykrywacza kłamstwa. Należy bowiem pamiętać, iż w takim wykrywaczu trzeba rejestrować znikomo małe zmiany rezystancji. Można się o tym łatwo przekonać, mierząc rezystancję skóry cyfrowym multimetrem – pomimo rozdzielczości rzędu 0,05% nie jest on w stanie wykryć bardzo małych zmian rezystancji skóry. Aby wykryć także bardzo małe zmiany, w omawianym przyrządzie zastosowano dwa jednakowe generatory, pracujące na zbliżonych częstotliwościach rzędu kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu kiloherców, a w głośniku Y1 pojawia się nie sygnał z któregośkolwiek generatora, tylko różnica częstotliwości obu generatorów. Jeśli częstotliwości f_1 , f_2 są identyczne, częstotliwość różnicowa równa się zeru i głośnik Y1 nie wydaje żadnego dźwięku. Jeśli rezystancja skóry, a tym samym częstotliwość f_1 zmienia się choćby tylko o 0,001%, w głośniku

pojawi się terkot o częstotliwości 0,1...1Hz.

Bez obwodu mieszacza, gdyby w głośniku był słyszalny ton generatora U1, zmiana częstotliwości generatora pomiarowego U1 o jeden herc, na przykład z 12345Hz na 12346Hz, byłaby dla ucha niezauważalna, bo chodzi o zmianę o bardzo drobny ułamek procenta. Natomiast w proponowanym układzie z mieszaczem, jeśli najpierw za pomocą potencjometru PR1 zostanie ustawiona częstotliwość generatora U2 równa częstotliwości U1, to wspomniana zmiana spowoduje pojawienie się terkotu o częstotliwości 1Hz i dalsze zmiany, nawet tylko o drobny ułamek herca, spowodują zmiany częstotliwości terkotu o kilka, kilkanaście czy kilkadziesiąt procent i będą bardzo łatwo zauważalne.

Czym wyższa częstotliwość generatorów U1, U2, tym większa będzie czułość. Czułości nie można zwiększać nadmiernie z uwagi na wpływ różnorodnych szkodliwych czynników, w tym temperatury, szumów własnych i zewnętrznych zakłóceń. Warto jednak zauważyć, że użycie dwóch jednakowych generatorów U1, U2 pozwala w dużym stopniu uniezależnić się od wpływu temperatury i innych czynników zakłócających.

Pełny schemat ideowy urządzenia pokazany jest na **rysunku 2**. W obu generatorach częstotliwości minimalna i maksymalna wyznaczone są przez wartość rezystorów dołączonych do nóżek 11 i 12 oraz przez kondensator dołączony do nóżek 6 i 7. W generatorze z kostką U1 częstotliwość wyjściowa zależy od wartości badanej rezystancji Rx, czyli od oporności skóry badanej osoby. Aby możliwy był pomiar w bardzo szerokim zakresie oporności Rx, w przyrządzie przewidziano przełącznik DPS1, za pomocą którego rezystancję R_A może tworzyć jeden lub kilka rezystorów spośród R1...R8.

Przebieg o częstotliwości różnicowej wytwarzany jest w bardzo prosty sposób. Mianowicie mieszaczem M1, który daje na wyjściu częstotliwość różnicową $|f_1 - f_2|$, jest zwyczajna bramka EX-OR, zawarta w układzie U1. Bramka taka zasadniczo przewidziana jest do pracy w roli tak zwanego detektora fazy w układzie tzw. pętli fazowej. W przypadku bramki EX-OR z kostki U1 wykorzystuje się fakt, że jest też bardzo prostym mieszaczem, dającym na wyjściu przebieg o częstotliwości

różnicowej. Ponieważ występują tu przebiegi prostokątne, więc także wtedy, gdy częstotliwość będzie mniejsza od 20Hz, będą dobrze słyszalne jako terkot (ze względu na dużą wartość harmoniczną).

Wydajność prądowa tej bramki CMOS jest wystarczająca, by dołączyć do niej nie tylko membranę piezo Y1 albo jakiegokolwiek zwyczajny głośnik (8Ω...40Ω). W przypadku współpracy z membraną piezo kondensator C8 nie jest potrzebny i można go zastąpić zworą. Kondensator ten jest niezbędny, gdy Y1 jest zwyczajnym głośnikiem.

Co ciekawe, kostka 4046 zawiera dwa detektory dazy o różnych właściwościach. Jednym jest wspomniana już prosta bramka EX-OR. Drugi detektor fazy ma bardziej skomplikowaną budowę. Ma też interesującą właściwość, którą wykorzystujemy. Otóż ma tę cechę, że średnia wartość napięcia (składowa stała) na wyjściu, czyli na nóżce 13, zależy od różnicy częstotliwości przebiegów podawanych na jej wejścia. Gdy częstotliwości są równe, średnia wartość napięcia (składowa stała) jest równa połowie napięcia zasilania. Gdy jedna z częstotliwości jest znacząco większa od drugiej, napięcie jest albo zbliżone do zera, a gdy jest odwrotnie – do napięcia

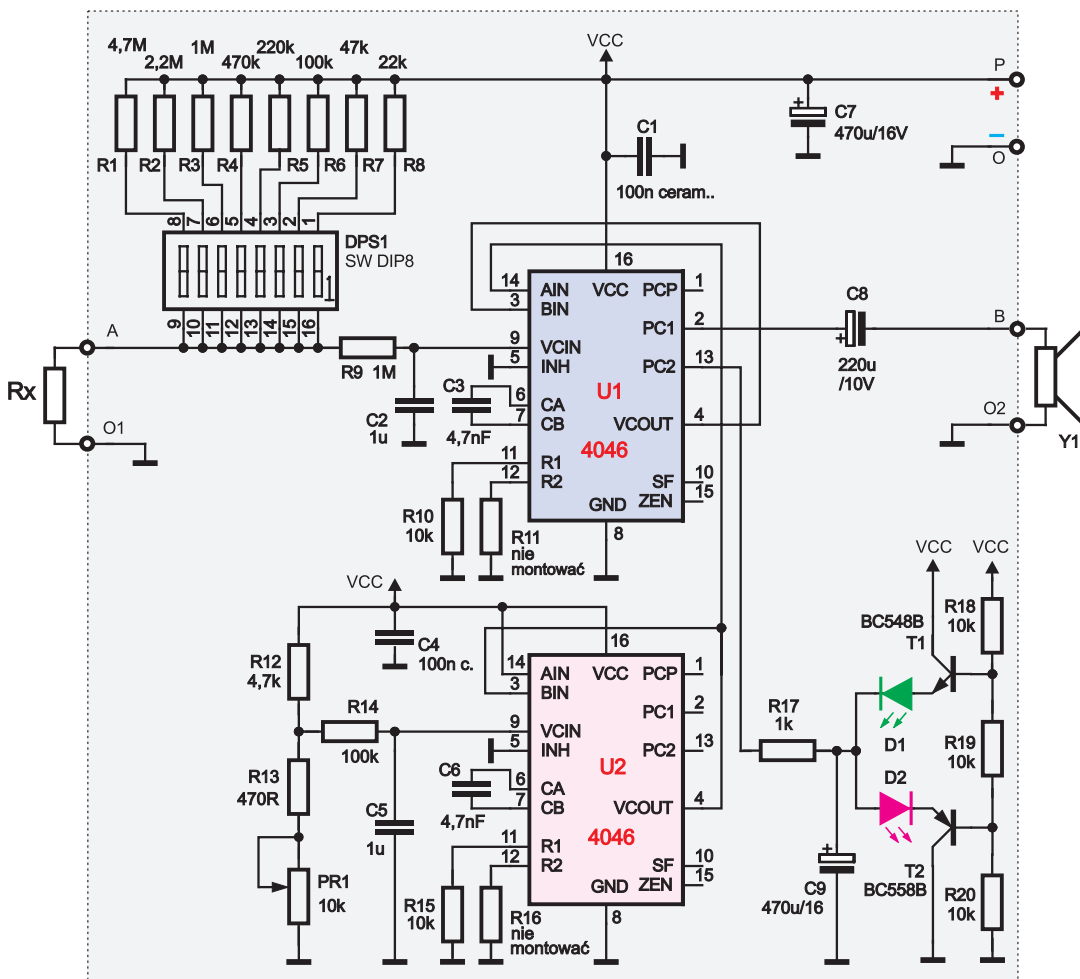
zasilania. Właściwość ta została wykorzystana do wskazywania za pomocą diod LED D1, D2, która z częstotliwości f_1, f_2 jest większa, co okazuje się dużą pomocą podczas eksploatacji przyrządu.

Montaż i uruchomienie

Montaż układu na płytce, pokazanej na **rysunku 3**, jest klasyczny. Warto zacząć od zwór zaznaczonych na płytce. Następnie montować kolejne elementy, zaczynając od najmniejszych. Układ prawidłowo zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchamiania i od razu będzie poprawnie pracował.

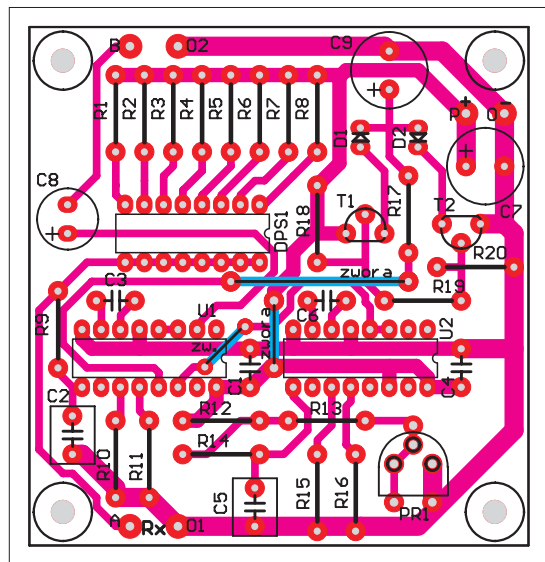
Badana rezystancja Rx (rezystancja ciała „ofiary” eksperymentów) będzie dołączona do punktów oznaczonych A i O1. Na początek warto dla sprawdzenia dołączyć tam dostarczony w zestawie AVT-2834 dodatkowy rezystor o wartości 100kΩ, w przełączniku DIP-switch DPS1 nacisnąć (włączyć – ON) styk, który pokazuje żółta strzałka na **fotografii 4**. Wtedy przy pokręcaniu potencjometrem PR1 można łatwo ustawić taki stan, żeby nie świeciła żadna z diod LED D1, D2 i żeby częstotliwość dźwięku (terkotu) z głośnika była bardzo mała, poniżej 1 herca.

Rys. 2



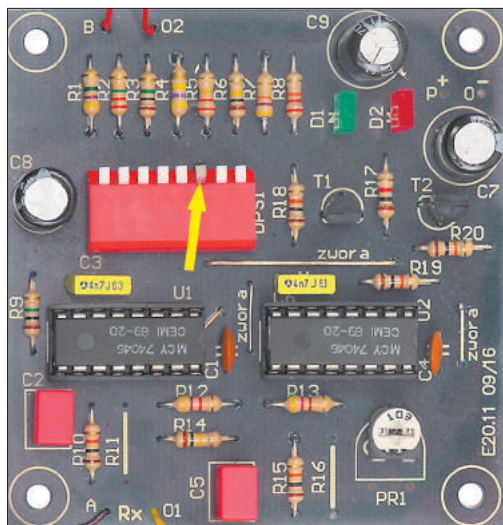
Aby przeprowadzić właściwe pomiary, należy odłączyć taki pomocniczy rezystor i do punktów A i O1 dołączyć sondy. W roli sond pomiarowych z powodzeniem mogą być użyte odizolowane końce jakichkolwiek zwykłych przewodów pomiarowych, jak model pokazany na fotografiach. Te gołe końce przewodu można po prostu owinać wokół palców tej samej ręki lub dwóch rąk badanej osoby. Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem byłoby trzymanie końców drutu w palcach, bo rezystancja zależy też od siły nacisku. Podczas pomiaru przez ciało popłynie pewien niewielki prąd. Występujące napięcie stałe rzędu 10V i prądy znacznie poniżej 1mA są całkowicie bezpieczne dla człowieka. Za całkowicie bezpieczne uznaje się napięcia do 24V, a w opisywanym układzie występuje napięcie stałe znacznie mniejsze, które nie może spowodować przepływu prądu o wartości szkodliwej dla zdrowia.

Po podłączeniu badanej osoby jako Rx należy:



Rys. 3 Schemat montażowy

Fot. 4



1. Ustawić potencjometr PR1 w środkowym położeniu.

2. Wybrać właściwy zakres czułości, włączając (ON) jeden lub kilka styków przełącznika DPS1. Chodzi o ustawienie takiej rezystancji (R_A na rysunku 1), żeby przy współpracy z rezystancją R_x częstotliwości obu generatorów były zbliżone. Wtedy zgasną obie diody LED.

3. Po zgaśnięciu diod LED D1, D2, trzeba za pomocą PR1 precyzyjnie ustawić częstotliwość różnicową bliską zeru – z głośnika powinien być słyszalny nie tyle niski ton, co bardzo powolny terkot. Idealem byłoby takie ustawienie PR1, żeby głośnik milczał lub wydawał pojedyncze stuki co kilka sekund. Wtedy nawet znikome zmiany rezystancji skóry będą powodować łatwo zauważalne zmiany częstotliwości terkotu.

4. Potem zadając pytania, wystarczy zwracać uwagę na częstotliwość dźwięku z głośnika. Pytania np. o kwestie sercowe powinny spowodować zauważalne zmiany rezystancji skóry, co zasygnalizuje zmiana częstotliwości dźwięku.

Znakomitą pomocą przy określaniu właściwego położenia styków przełącznika DPS1 i precyzyjnego położenia suwaka potencjometru PR1 są diody LED D1, D2. Trzeba po prostu tak ustawić DPS1, żeby w środkowym położeniu suwaka PR1 nie świeciła żadna z diod. Gdy świeci dioda zielona D1, należy za pomocą S1 dołączyć większą rezystancję. Jeśli świeci dioda czerwona D2, rezystancja dołączona za pomocą S1 powinna być mniejsza. Wprowadzić jednocześnie można włączyć (zewrzeć) kilka styków S1, jednak dla ułatwienia, na początek warto włączyć-zwierać (ON) tylko jeden z ośmiu styków S1 i lekko skorygować położenie PR1. Zasada jest prosta – aktualnie świecąca dioda wskazuje, jaki powinien być „kierunek zmian”, czyli który styk DPS1 trzeba włączyć i w którą stronę pokręcać suwakiem PR1. Ilustruje to **fotografia 5**.

W praktyce okaże się, że uzyskanie częstotliwości bliskiej zeru wcale nie jest łatwe, ponieważ rezystancja R_x będzie się zmieniać podczas pomiaru nie tylko wskutek stresu (emocji), ale też zmian rezystancji styku sond ze skórą. Bardzo wiele zależy od rodzaju sond.

Choćby tylko z tego względu opisywany prosty przyrząd przeznaczony jest wyłącznie do zabawy. Jego wskazania w żadnym wypadku nie mogą stanowić dowodu kłamstwa. Jeśli ktoś chciałby sprawdzić rzeczywistą przydatność

tego czułego omomierza do określania prawa/kłamstwo, powinien zastosować sondy zapewniające niezmiennie warunki styku ze skórą oraz wcześniej przeprowadzić serię testów z użyciem pytań kontrolnych, na które uczestnik powinien dawać odpowiedzi prawdziwe i fałszywe.

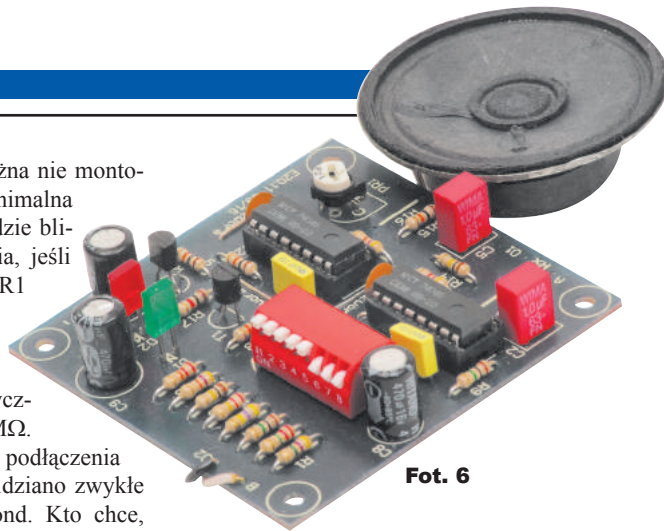
Możliwości zmian

Kto chciałby zastosować taki czuły omomierz akustyczny do poważniejszych celów, powinien dla zmniejszenia wpływu zewnętrznych zakłóceń cały układ umieścić w metalowej obudowie, najlepiej z blachy stalowej, a obudowę połączyć z masą układu. Zamiast DIP-switcha S1 trzeba będzie wtedy z konieczności zastosować jakiś przełącznik wielopozycyjny, zapewne obrotowy. Potencjometr PR1 też powinien wtedy być w miarę możliwości wieloobrotowy, a jego obudowa też ma być połączona z masą układu. Napięcie zasilające musi być dobrze stabilizowane i filtrowane. Można też uzyskać jeszcze lepszą czułość, zwiększając częstotliwości pracy generatorów VCO. W tym celu można zmniejszyć eksperymentalnie pojemności C3, C6 oraz rezystancje R10, R15.

W wersji podstawowej można nie montować R11 i R16, przez co minimalna częstotliwość generatorów będzie bliska zeru. Nie ma to znaczenia, jeśli podczas pracy potencjometr PR1 będzie mniej więcej w środkowym położeniu. Jeśli ktoś chce, może wlutować te rezystory. Ich wartość nie jest krytyczna, może wynosić 100kΩ...1MΩ.

W zestawie AVT-2834 do podłączenia badanej rezystancji Rx przewidziano zwykłe przewody bez specjalnych sond. Kto chce, może wykonać jakies efektowne sondy, na przykład na bazie dużych spinaczy do bielizny.

Fotografia tytułowa pokazuje, że zamiast głośnika można dołączyć membranę piezo, najlepiej PCA-100 lub PCA-105. Jednak przetworniki piezo mają silne właściwości rezonansowe – w efekcie przyjemniejszą pracę uzyskuje się ze zwykłym głośnikiem dynamicznym. W roli elementu wykonawczego Y1 można zastosować jakikol-

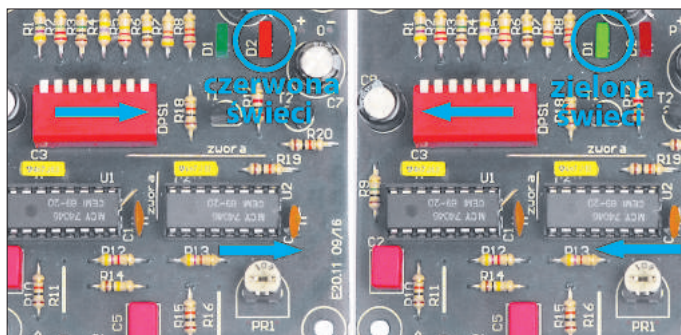


Fot. 6

wiek głośnik, na przykład miniaturowy, jak na fotografii 6, najlepiej 8Ω...40Ω, ale ostatecznie może też być 4-omowy. Dla zmniejszenia poboru prądu należy obowiązkowo wlutować kondensator C8 o pojemności 47μF...470μF.

Piotr Górecki

Fot. 5



Wykaz elementów

PR1	.....	10kΩ miniaturowy
R1	.....	4,7MΩ
R2	.....	2,2MΩ
R3, R9	.....	1MΩ
R4	.....	470kΩ
R5	.....	220kΩ
R6, R14	.....	100kΩ
R7	.....	47kΩ
R8	.....	22kΩ
R10, R15, R18, R19, R20	.....	10kΩ
R11, R16	.....	nie montować
R12	.....	4,7kΩ
R13	.....	470Ω
R17	.....	1kΩ
Rx	.....	100kΩ (tylko do testu)
C1, C4	.....	100nF ceramiczny
C2, C5	.....	1μF stały
C3, C6	.....	4,7nF
C7, C9	.....	470μF/16V
C8	.....	220...470μF/16V
T1	.....	.BC548B
T2	.....	.BC558B
D1	.....	LED zielona
D2	.....	LED czerwona
U1, U2	.....	.CMOS 4046
DPS1	.....	.DIP-switch 8
Y1	.....	głośnik miniaturowy 8...40Ω
		plytka drukowana
		druk
		sonda

Komplet podzespołów z płytki jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2834.