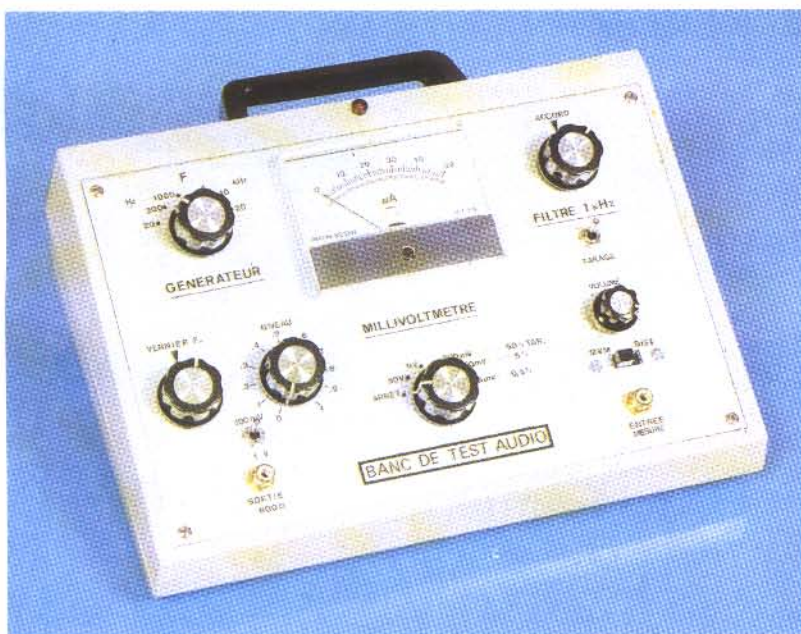


Parametry techniczne współczesnych urządzeń AUDIO są trudne do sprawdzenia bez kosztownych urządzeń specjalistycznych. Przedstawiony tutaj przenośny tester łączy w sobie środki umożliwiające wykonanie podstawowych pomiarów potrzebnych do określenia poziomu jakości urządzenia, lub usprawniające uruchomienie nowej konstrukcji. Koszt jego wykonania jest niewielki.

# Tester audio



## Schemat blokowy (rys. 1)

Tester audio składa się z dwóch zasadniczych części: generatora i miliwoltomierza. Ponieważ jednak żaden poważny test nie może się obejść bez pomiaru zniekształceń nieliniowych, dodano jeszcze bardzo selektywny filtr środkowo zaporowy na częstotliwość 1kHz.

Generator został tak pomyślany, aby dostarczał sygnału sinusoidalnego o bardzo małych zniekształceniach. Zawiera on oscylator z mostkiem Wiena, którego częstotliwość jest zmieniana przy pomocy sześciopozycyjnego przełącznika oraz precyzyjnie potencjometrem. Dokładna regulacja częstotliwości jest niezbędna do poprawnego wykonywania pomiarów zniekształceń nieliniowych.

Amplituda sygnału oscylatora została dobrana pod kątem widzenia optymalizacji jego działania. Sygnał z oscylatora, poprzez separator i tłumiki służące do regulacji amplitudy, jest doprowadzany do wzmacniacza końcowego, który zapewnia właściwą impedancję wyjściową.

Miliwoltomierz napięć zmiennych służy do pomiaru wartości skutecznej napięcia małej częstotliwości, jednakże jego pasmo powinno znacznie wykraczać poza częstotliwości słyszalne. Umożliwia on pomiar napięcia wyjściowego generatora oraz amplitudę sygnału, na przykład w różnych punktach badanego wzmacniacza. Wraz z filtrem 1kHz jest on również używany do pomiaru zniekształceń nieliniowych.

Sygnał EM (Entrée Mesure - wejście pomiarowe) jest kierowany do przełącznika pomiarowego. Jeśli jest on ustawiony w pozycji MVM (miliwoltomierz), mierzone napięcie

Zestawienie aparatury pomiarowej do kontroli działania analogowego sprzętu audio nie zawsze jest łatwe z uwagi na wymiary i wagę potrzebnych do tego urządzeń. Wymaga to bowiem co najmniej generatora sygnałów, jakiegoś dobrego miernika, którym może być miliwoltomierz lub oscyloskop i niezłego miernika zniekształceń nieliniowych. Najtrudniej oczywiście byłoby o analizator widma.

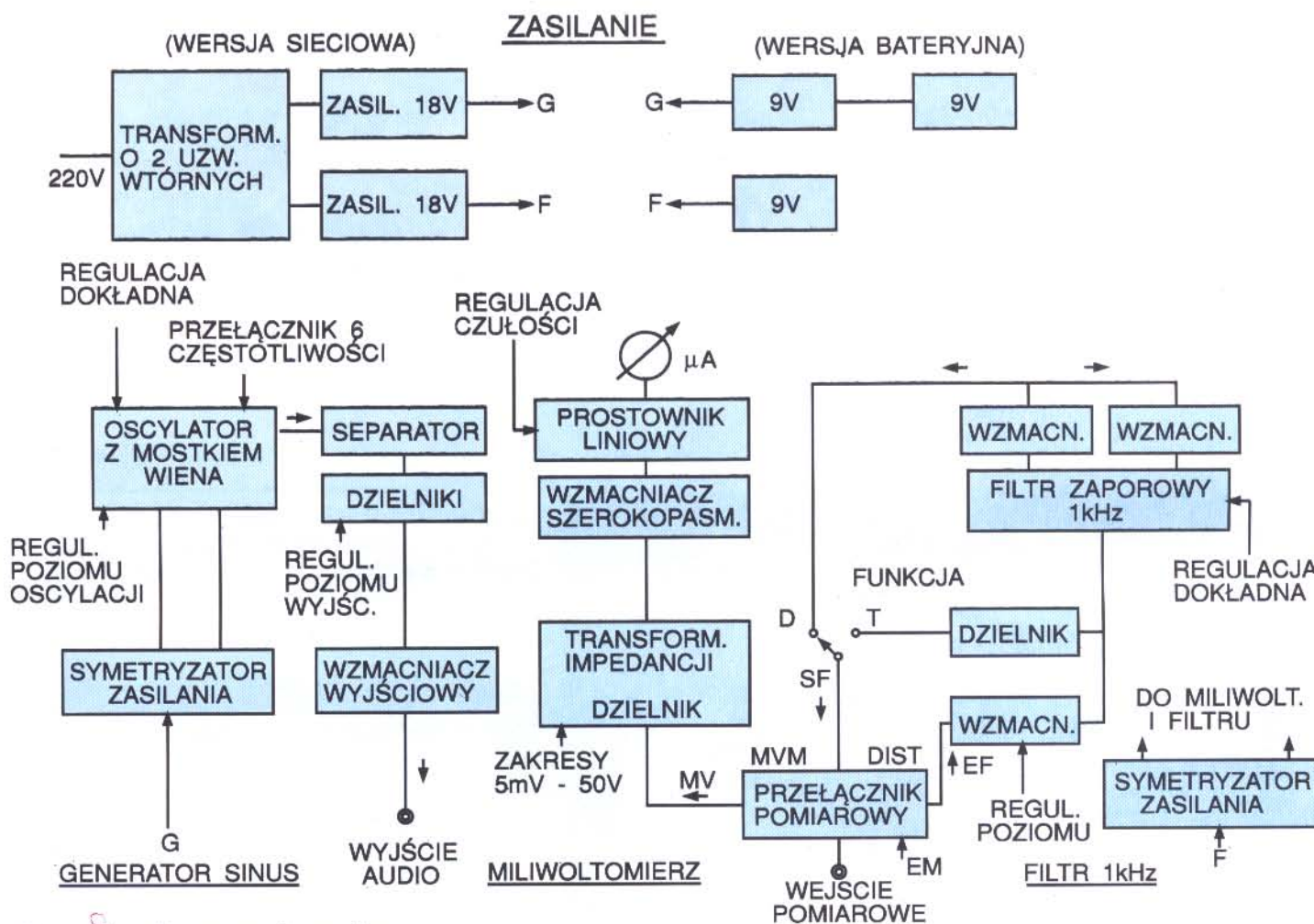
Jeśli ograniczyć się do kontroli działania na miejscu, zamiast badań technicznych w laboratorium, aparatura ta jest potrzebna do sprawdzenia takich najważniejszych parametrów, jak czułość, pasmo przeniesione, moc wyjściowa, poziom szumów i zniekształcenia nieliniowe, a jest to już wcale nie mało.

Te założenia stanowiły punkt wyjścia do skonstruowania łatwego

i szybkiego w obsłudze testera, który w jednej obudowie ze wspólnym zasilaczem zawiera oprzyrządowanie umożliwiające wykonywanie podanych powyżej pomiarów.

Może on oddać nieocenione usługi zarówno eksperymentatorowi opracowującemu wzmacniacz, jak i zawodowemu serwisowcowi, gdy zostanie zmuszony do działania poza własnym warszatem. Może również stanowić bardzo rozsądną inwestycję wstępną dla entuzjasty elektroniki praktycznej.

Przyjęto koncepcję przyrządu przenośnego i modularnego, co upraszcza jego wykonanie i uruchomienie oraz ułatwia zadanie tym, którzy są zainteresowani wykonaniem tylko części przyrządu. Z elementów aktywnych użyto tylko trzech układów scalonych i jednego tranzystora polowego.



zmienne jest kierowane do przełącznika zakresów (dzielnika), wykalibrowanego według napięcia pełnego wychylenia miernika, które wynosi od 5mV skut. do 50V skut.

Sygnal z przełącznika, przy zachowaniu wysokiej impedancji wejściowej na wejściu pomiarowym, jest przesyłany poprzez układ obniżający impedancję do szerokopasmowego wzmacniacza o dużej stabilności.

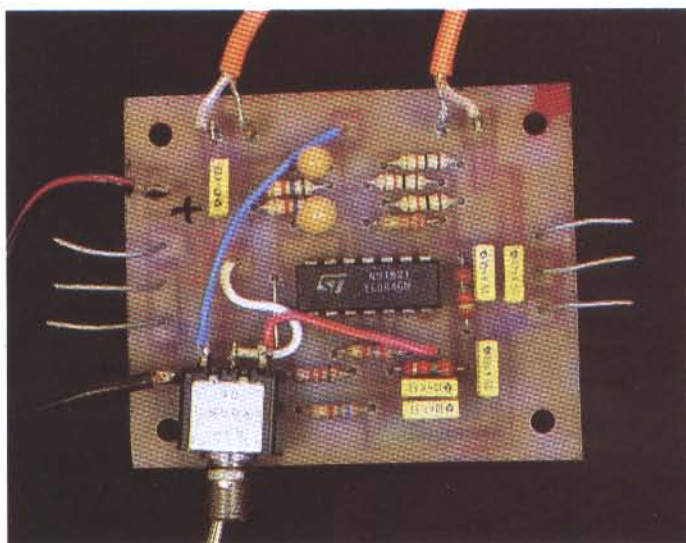
Wzmacniacz ten ma zapewnić dostateczną amplitudę sygnału dla prostownika z mikroamperomierzem na wyjściu. Czułość jego jest tak dobrana, aby otrzymać wartości wybrane przełącznikiem zakresów. Liniość pomiaru jest zapewniona przez duże sprzężenie zwrotne obejmujące prostownik.

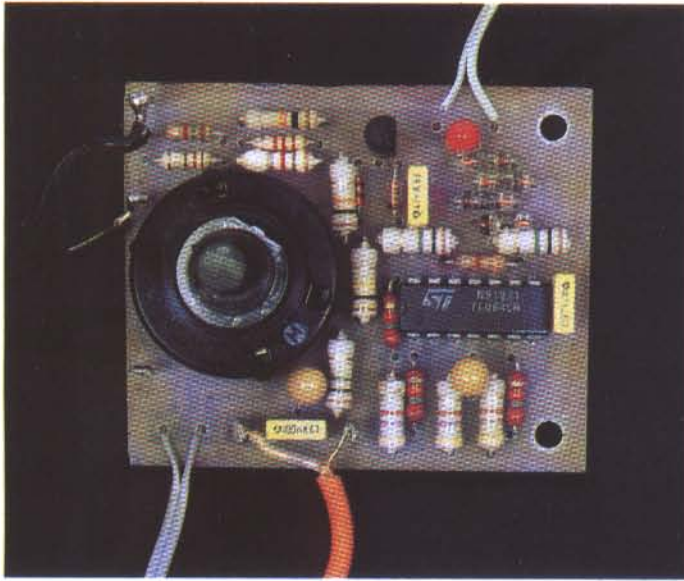
Filtr 1kHz jest układem elektronicznym eliminującym częstotliwość podstawową, co umożliwia pomiar zniekształceń nieliniowych przy 1kHz.

W tym przypadku przełącznik pomiarowy jest ustawiony w pozycji DIST (Distorsiomètre - pomiar zniekształceń), co powoduje skierowanie

Rys. 1. Schemat blokowy testera audio.

Płytki filtru środkowo zaporowego.





Płytką milliwoltomierza z przetącznikiem zakresów.

sygnału EM do EF (Entrée Filtre - wejście filtru), oraz sygnału SF (Sortie Filtre ñ wyjście filtru) do wejścia miliwoltomierza.

Sygnał EF po wzmacnieniu we wzmacniaczu wejściowym, przechodzi przez filtr środkowo zaporowy i zostaje ponownie wzmacniony we wzmacniaczu wyjściowym. Część sygnału wyjściowego jest wprowadzana z powrotem do filtru poprzez trzeci wzmacniacz obniżający impedancję, co powoduje że tłumienie składowej podstawowej staje się jeszcze bardziej selektywne.

Ustawienie przełącznika funkcji w położeniu T (Tarage - cechowanie), pozwala dobrać poziom sygnału wejściowego filtru do wskazań mikroamperomierza. W tym położeniu działanie filtru jest eliminowane, ponieważ pomiar jest dokonywany wstecz: wyznacza się napięcie proporcjonalne do składowej podstawowej i do harmonicznych. Dzielnik wprowadza cechowanie na poziomie 50% (zamiast zwykłego 100%). Cel tego będzie pokazany dalej. W pozycji D przełącznika funkcji są mierzone amplitudy harmonicznych, co dzięki uprzedniemu wycechowaniu zapewnia bezpośredni odczyt poziomu zniekształceń nieliniowych. Dokładność pomiaru jest zapewniona przez wzajemnie powiązane użycie dokładnej regulacji częstotliwości (VERNIER) i strojenia filtru (ACCORD). Zasilanie zostało zaprojektowane w postaci dwóch niezależnych części - jedna dla generatora, a druga dla

miliwoltomierza z filtrem. Rozdzielenie to ma na celu uniknięcie skutków oddziaływania generatora na miliwoltomierz o dużej czułości.

Zasilacz sieciowy zawiera transformator o dwóch izolowanych uzwojeniach wtórnych, dostarczających poprzez konwencjonalne układy prostowania, filtracji i stabilizacji dwóch niezależnych napięć 18V. Każdy z tych zasilaczy (G dla generatora i F dla filtru z miliwoltomierzem) jest połączony z symetryzatorem zasilania, uziemiającym go w połowie napięcia w ten sposób, aby wzmacniacze operacyjne przyrządu otrzymywały symetryczne napięcia zasilania.

Całkowitą niezależność może zapewnić testerowi zasilanie baterijne, co zresztą upraszcza wykonanie przyrządu. Dwie połączone szeregowo baterie 9V są potrzebne dla generatora. Trzecia wystarczy dla miliwoltomierza z filtrem.

### Omówienie szczegółowe

Opisy poszczególnych modułów są podane w logicznej kolejności ich montażu.

### Miliwoltomierz napięcia zmiennego (rys. 2)

Napięcie mierzone jest podawane na wejście dzielnika, składającego się z rezystorów R1 do R6, poprzez kondensator C1, odcinający składową stałą.

Ślizgacze sześciopozycyjnego przełącznika zakresów S1 zapewniają (sekcja S1a) jedną pozycję spoczynkową (1)

i pięć pozycji pomiarowych o czułości 50V (2), 5V (3), 500mV (4), 50mV (5) i 5mV (6) wartości skutecznej. Pozycja spoczynkowa jest zapewniona przez pośredniczącą sekcję S1b, która odłącza wejście w pozycji (1), pozostając zwarta w pozycjach (2) do (6).

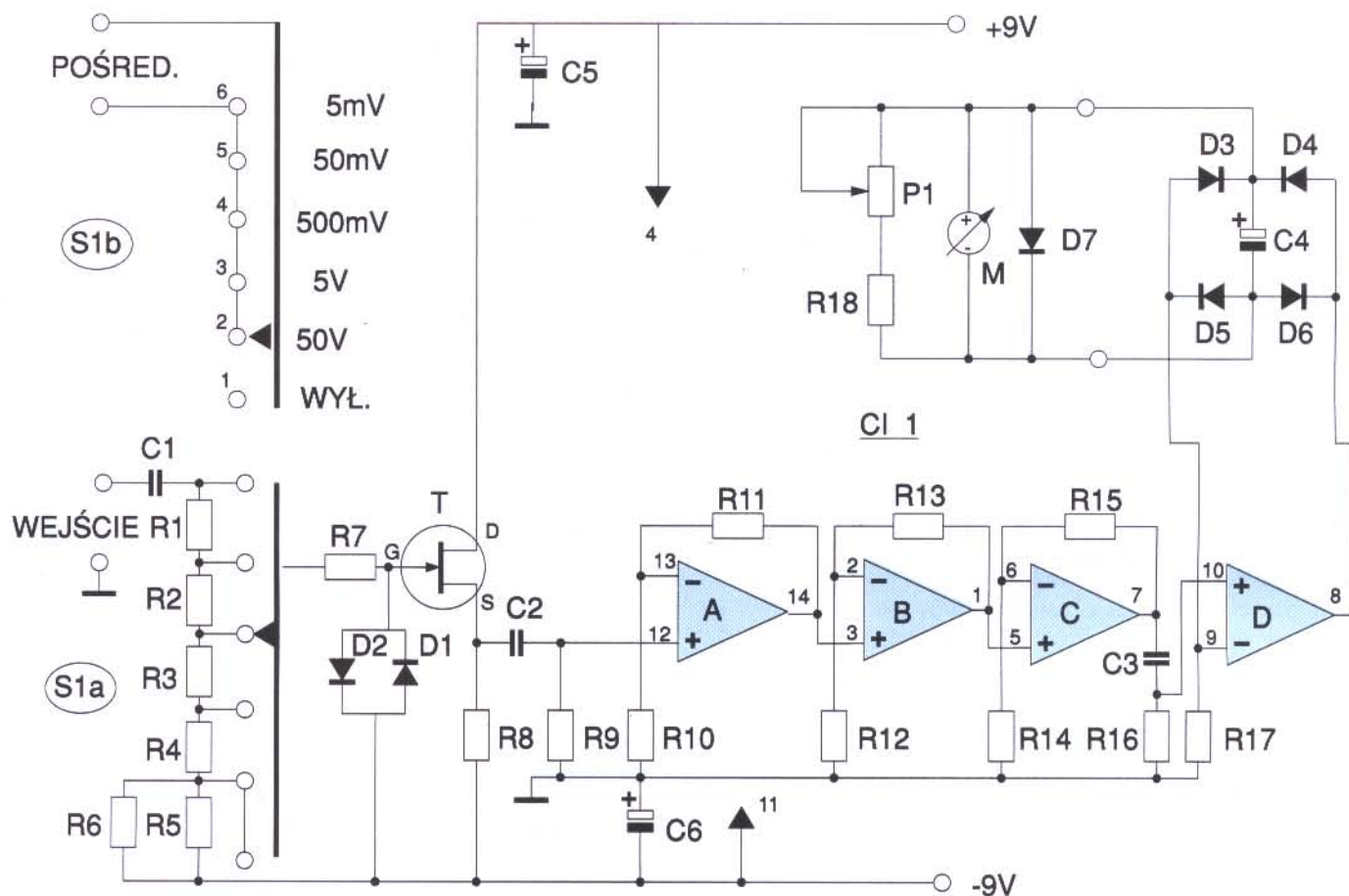
Sygnał 5mV (wartość maksymalna) jest podawany na bramkę G tranzystora polowego T pracującego w układzie o wspólnym drenie, zasilanym z +9V. Źródło S tego tranzystora jest połączone z -9V poprzez rezystor R8, z którego sygnał, o tej samej amplitudzie co wejściowy, jest przesyłany do wzmacniacza szerokopasmowego. Jest to stopień o dużej impedancji wejściowej i małej impedancji wyjściowej, który całkowicie izoluje dzielnik wejściowy od wzmacniacza. Impedancja wejściowa miliwoltomierza jest więc utworzona przez sumę rezystancji:  $[R1 + R2 + R3 + R4 + R5 \times R6 / (R5 + R6)] = 1\ 111\ 110\ \Omega$ , czyli około 1M $\Omega$ .

Rezystor R7 i połączone odwrotnie równolegle diody D1 i D2 ograniczają szczytową wartość napięcia na bramce tranzystora T do około 700mV, aby chronić go przed zniszczeniem przez zbyt duże napięcie. Przy nominalnych wartościach napięcia układ ten nie odgrywa żadnej roli.

Potrzebne wzmacnienie napięciowe uzyskuje się przez kaskadowe połączenie trzech wzmacniaczy operacyjnych CI-A, CI-B i CI-C. Sygnały wejściowe są podawane na wejścia nieodwracające. Sprężenie zwrotne poprzez R11 (w pierwszym stopniu) podawane jest na wejście odwracające. Wszystkie trzy stopnie są identyczne. Każdy daje wzmacnienie napięciowe  $(1 + R11/R10)$ , czyli 4.2 na stopień. Całkowite wzmacnienie wynosi więc  $4.2 \times 3 = 74$ .

Iloczyn "wzmacnienie razy pasmo" otrzymuje się stosunkowo wysoki dzięki zastosowaniu układu TL084 i niewielkiemu wzmacnieniu na stopień. Szerokość pasma przekracza znacznie 100kHz. Na wyjściu trzeciego stopnia amplituda sygnału wynosi  $5 \times 74 = 370\text{mV}$  skut.

Układ CI-D jest oddzielony od CI-C obwodem C3-R16, aby uniknąć zakłócania działania stopnia prostującego przez wahania potencjału wyjścia wzmacniacza. Prostownik składa się z mostka o czterech dio-



Rys. 2. Schemat miliwoltomierza.

dach germanowych D3 - D6 włączonego pomiędzy wyjście i wejście odwracające wzmacniacza CI-D, który linearyzuje charakterystykę prostownika, szczególnie przy małych wielkościach prądu. Rezystor R17 określa wielkość sprzężenia zwrotnego: wzmocnienie jest odwrotnie proporcjonalne do jego wartości. Mikroamperomierz M jest przyłączony do przekątnej mostka. Wybrano wskaźnik wychyłowy 50μA, za pomocą którego można uzyskać dobrą czułość, dobieraną boczniakiem P1, R18.

Kondensator C4 wygładza napięcie wyprostowane. Krzemowa dioda D7 zaczyna przewodzić powyżej 0.7V, zmniejszając gwałtowne ruchy wskaźówki przy włączeniu przyrządu, podczas przełączania zakresów lub przy szybkich zmianach mierzonego napięcia.

Jak już wspomniano, miliwoltomierz jest zasilany wspólnie z filtrem. Kondensatory blokujące C5 i C6 zabezpieczają przed napięciami, które mogą zaindukować się w przewodach połączeniowych.

Jak widać, korzystając z jednego układu scalonego i jednego tranzystora polowego można zbudować

miliwoltomierz, o następujących danych technicznych:

- czułość przy pełnym wychyleniu (50mA): 5mV do 50V skut.
- rozdzielczość: 100mV skut.
- pasmo przenoszenia przy -1dB: 15Hz do 150kHz
- impedancja wejściowa: 1,111MW
- dokładność przy pełnym wychyleniu: 3%
- napięcie zasilania: ±4.5V do ±12V
- pobór prądu przy ±9V: 15mA

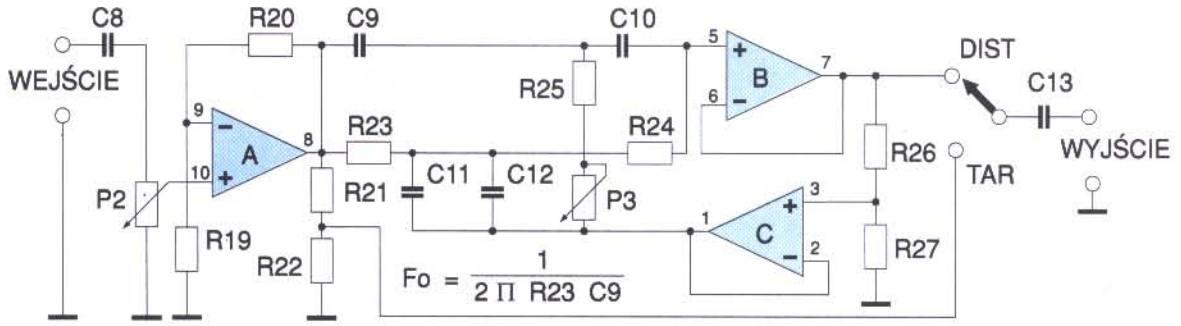
### Filtr elektroniczny (rys. 3)

Składa się on z układu filtru podwójne T oraz z układów dopasowujących i zwiększających selektywność.

Poziom sygnał wejściowego zależy od ustawienia potencjometru P2 (VOLUME), do ślizgacza którego przyłączone jest nieodwracające wejście CI-A. Wzmocnienie jest wyznaczone przez R19 i R20, wynosi 3.2, a więc + 10dB. Do wyjścia tego wzmacniacza jest przyłączony filtr podwójne T utworzony przez R23, R24 i (C11 + C12), oraz C9, C10 i R25

+ P3. Potencjometr P3 (ACCORD) służy do precyzyjnego dobrania maksymalnego tłumienia przy częstotliwości charakterystycznej  $F_0$ , bardzo bliskiej 1kHz. Warunek ten jest spełniony gdy rezystancja R25 + P3 jest równa połowie rezystancji R23 lub R24. Kondensatory C9 do C12 mają wszystkie tę samą wartość.

Sygnał po przejściu filtru jest kierowany do wzmacniacza CI-B w układzie wtórnika, a więc o dużej impedancji wejściowej i małej wyjściowej. Sprężenie zwrotne zrealizowane jest za pomocą wzmacniacza zwrotnego CI-C, podającego z powrotem na wejście przez dzielnik R26 - R27 część napięcia wyjściowego. Charakterystyka częstotliwościowa filtru jest pokazana na rys. 3. Częstotliwość charakterystyczna filtru wynosi  $F_0 = 1/2\pi RC$ , gdzie wartości R i C są oznaczone na mini-schemacie. Przy idealnym zestrojeniu tłumienie dla  $F_0$  jest teoretycznie nieskończone, a w praktyce wynosi -70 do -80dB. Najważniejszym kryterium jest tłumienie przy  $2F_0$ , które powinno być zerowe, ale dochodzi do - 10dB i jeszcze nie jest

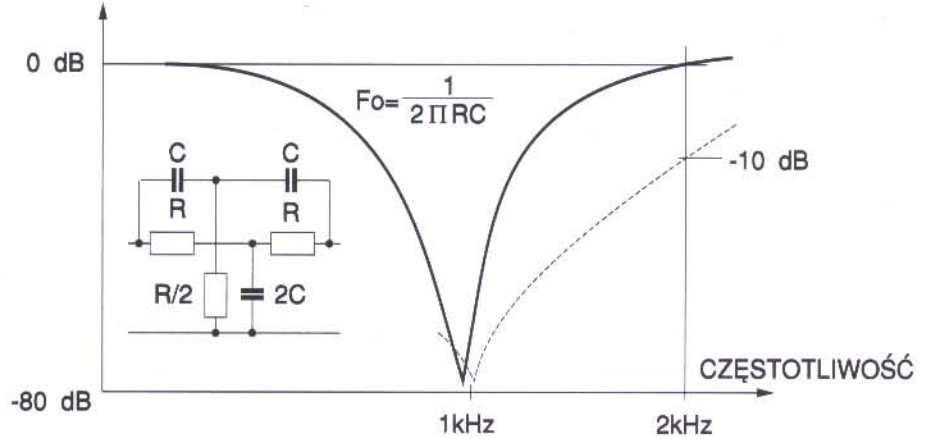
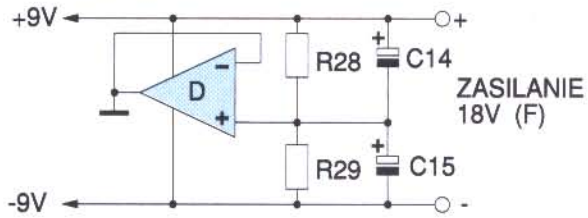


pomijalne przy  $3F_0$  (krzywa przerywana). Zastosowanie opisanego wyżej sprzężenia zwrotnego eliminuje tę niedogodność (krzywa ciągła) gdyż doprowadza tłumienie przy  $2F_0$  do zaledwie  $-1\text{dB}$ .

Przełącznik funkcji S2 umożliwia pobieranie napięcia wyjściowego przed filtrem (TARAGE, cechowanie) lub po filtrze (DIST, zniekształcenia). W pierwszym przypadku wprowadzane jest tłumienie  $1/2$  za pomocą dzielnika R21 - R22 znajdującego się na wyjściu wzmacniacza wejściowego. W ten sposób napięcie cechujące jest dobierane potencjometrem P2 do wartości 50% przy całkowitym wychyleniu miernika, wyskalowanego od 0 do 50. Ułatwia to więc regulację napięcia cechującego. Czynność tę wykonuje się przy czułości  $500\text{mV}$ , w taki sposób że zakresowi  $50\text{mV}$  odpowiada 5%, a  $5\text{mV}$  -  $0.5\%$  przy całkowitym wychyleniu miernika. Będzie więc możliwa ocena zniekształceń poniżej  $0.05\%$ .

Czwarty wzmacniacz operacyjny CI-D jest użyty jako symetryzator zasilania. Jego napięcie wejściowe jest równe połowie napięcia zasilającego (F), ponieważ rezystory R28 i R29 tworzące dzielnik są jednakowe. Wzmacniacz pracuje w układzie wtórnika, więc napięcie wyjściowe jest równe wejściowemu. Ponieważ dzielnik jest przyłączony do zasilacza, a wejście wzmacniacza do masy, zasilanie  $18\text{V}$  przekształcone zostaje w  $\pm 9\text{V}$  o wspólnym zerze na masie. Kondensatory C14 i C15 zapewniają dobrą filtrację. W ten sam sposób z tego samego zasilacza korzystają obwody miliwoltomierza.

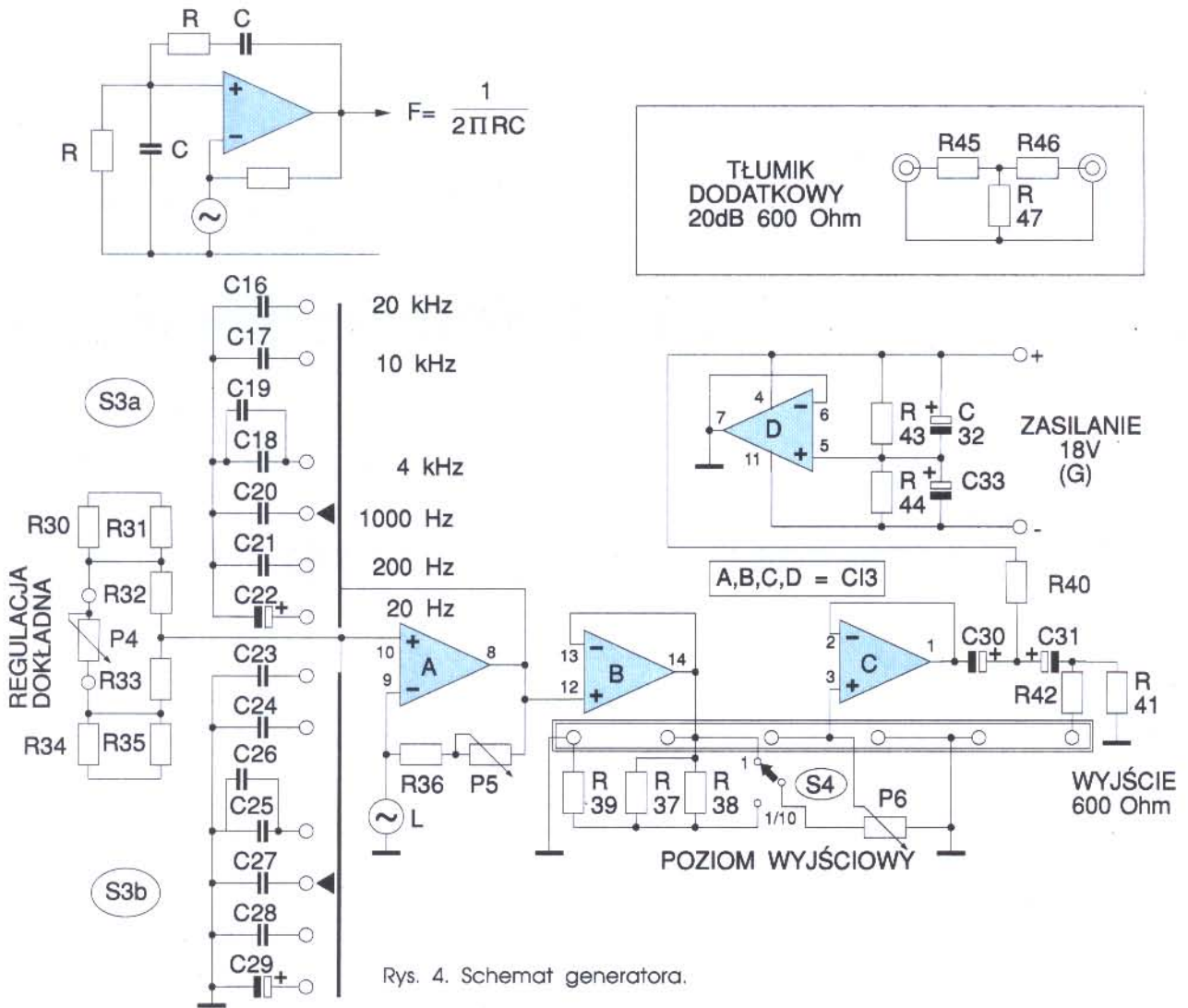
A,B,C,D= C12



Rys. 3. Schemat filtra środkowozaporowego.



Płytkę generatora, widoczna żaróweczka na wejściu odwracającym TL084.



Rys. 4. Schemat generatora.

Parametry techniczne filtru są następujące:

częstotliwość charakterystyczna filtru\*: 1060Hz

tłumienie maksymalne: -80dB  
minimalne napięcie wejściowe dla cechowania 50%: 300mV skut.

napięcie zasilania: 9 do 24V  
pobór prądu przy 18V: 18mA

\* Dla nominalnych wartości elementów filtru.

**Generator napięcia sinusoidalnego (rys. 4)**

Do budowy generatora wykorzystano również poczwórny wzmacniacz JFET. Układ IC-A tworzy oscylator z mostkiem Wienera. W układzie tym wejście jest sprzężone z wyjściem przez dzielnik utworzony z obwodów RC szeregowego i równoległego, co powoduje bardzo silne dodatnie sprzężenie zwrotne. Powstające wsku-

tek tego oscylacje są tłumione prawie do granicy ich zerwania ujemnym sprzężeniem zwrotnym poprzez dzielnik (P5 + R36) - L, aby uzyskać sygnał doskonale sinusoidalny, bez obcinania szczytów. Częstotliwość oscylacji określa wyrażenie  $F = 1/2\pi RC$ , można więc ją zmieniać, zmieniając R lub C.

Wprowadzenie elementu nieliniowego o dodatnim współczynniku cieplnym do dzielnika ujemnego sprzężenia zwrotnego stabilizuje punkt pracy, a więc i amplitudę wyjściową oscylatora. Im więcej zmienia się rezystancja tego elementu w zależności od przyłożonego napięcia, tym skuteczniejsza jest stabilizacja. Zadawalający wynik otrzymano posługując się żaróweczką małej mocy. Do optymalizacji działania oscylatora w szereg z R36 włączono potencjometr P5.

Za pomocą przełącznika S3, którego jedna sekcja zmienia pojem-

ność szeregową a druga równoległą, można wybrać sześć częstotliwości. Rezystancję szeregową tworzą rezystory R30 + R32, a równoległą rezystory R33 + R34. Bardziej precyzyjny dobór ich wartości odbywa się przez dołączenie równoległe odpowiednich rezystorów z serii E12 lub E24, tworzących pary R30/R31 i R34/R35. Oprócz tego, potencjometr P4 przyłączony równoległe do R32 +

Płytkę wskaźnika wychyłowego.



R33 służy do dokładnej regulacji częstotliwości (VERNIER). Kondensatory przełączane przełącznikiem S3 mają wartości znormalizowane. Jest oczywiście możliwe bardziej precyzyjne dobranie częstotliwości przez użycie dodatkowych kondensatorów równoległych.

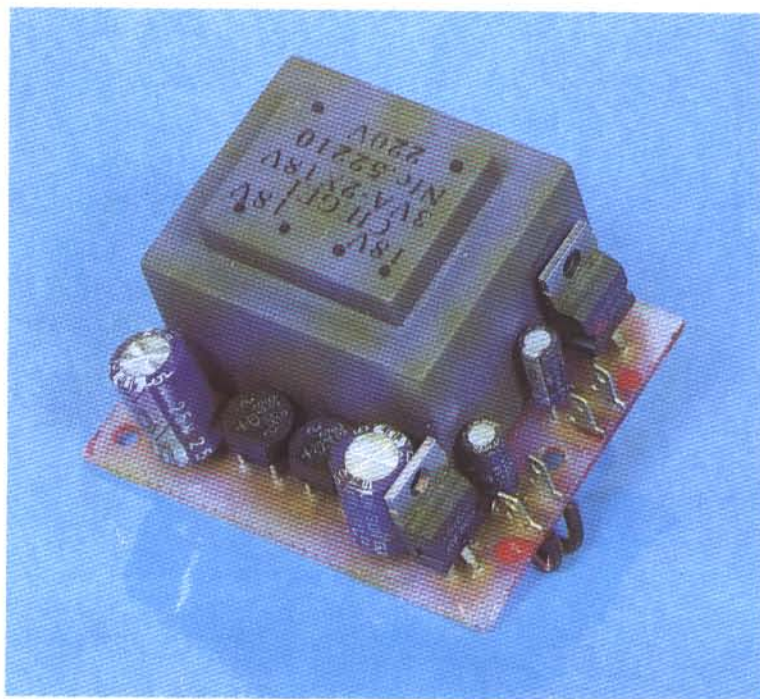
Przy optymalnym ustawieniu P5 amplituda sygnału wyjściowego wynosi około 2V skut. i poprzez wtórnik CI-B jest podawana na dwupozycyjny tłumik  $\times 1$  i  $\times 0.1$ . Tworzą go rezystory R37, R38 i R39 wraz z przełącznikiem S4. Płynne tłumienie zapewnia potencjometr P6 (NIVEAU). Napięcie wyjściowe może więc być regulowane od kilku miliwoltów do około 2V skut. Jest ono skierowane do wyjścia (gniazdo SORTIE) przez wtórnik CI-C i rezystor 600Ω. Wyjście jest oddzielone od składowej stałej za pomocą szeregowego połączenia dwóch kondensatorów elektrolitycznych o dużej pojemności C30 i C31, aby sygnały małej częstotliwości były poprawnie przenoszone. Są one spolaryzowane poprzez R40 do +9V i R41 do masy. Bardzo małą impedancję wewnętrzną zwiększono do 600Ω szeregowym rezystorem R42.

Dla uzyskania dokładnej regulacji poziomu napięcia wyjściowego przy małych amplitudach, można zastosować pomiędzy wyjściem 600Ω (SORTIE) a obciążeniem dodatkowy zewnętrzny dzielnik o tłumieniu 1/10. Dzielnik ten, składający się z rezystorów R45, R46 i R47 zachowuje rezystancję wewnętrzną generatora. Niezależną symetryzację napięcia 18V (G) otrzymuje się analogicznie jak dla filtru 1kHz, za pomocą CI-D.

**Parametry techniczne generatora:**  
 częstotliwości: 20Hz, 200Hz, 1kHz, 4kHz, 10kHz i 20kHz  
 dokładna regulacja częst. :  $\pm 3\%$   
 amplituda wyjściowa: 1V sk. na 600W  $\pm 1$ dB (wszystkie częst.)  
 impedancja wyjściowa: 600W  $\pm 10\%$   
 znieksz. nieliniowe przy 1kHz: 0.02%  
 napięcie zasilania: 15 do 20V  
 pobór prądu: 10 do 15mA przy 18V

## Zasilanie

Jak już sygnalizowano, tester wymaga dwóch oddzielnych zasilaczy aby ograniczyć w maksymalnym



Płytką zasilacza sieciowego.

stopniu oddziaływanie generatora na miliwoltomierz. Jeden (F) jest przeznaczony do zasilania miliwoltomierza z filtrem 1kHz, a drugi (G) - generatora. W zasilaczu sieciowym (zob. rys. 5) zastosowano transformator 220V/2 x 18V, o oddzielnych uzwojeniach wtórnych. Łączy się go z siecią podwójnym wyłącznikiem S6. Każde z uzwojeń wtórnych jest połączone z mostkiem prostowniczym PM1 oraz PM2, a wyprostowane napięcia 18V są stabilizowane przez stabilizatory RT1 i RT2. Kondensatory C35 i C36 blokują zakłócenia zaindukowane w przewodach zasilających. Dioda elektroluminescencyjna przyłączona przez R48 do jednego z zasilaczy sygnalizuje włączenie przyrządu.

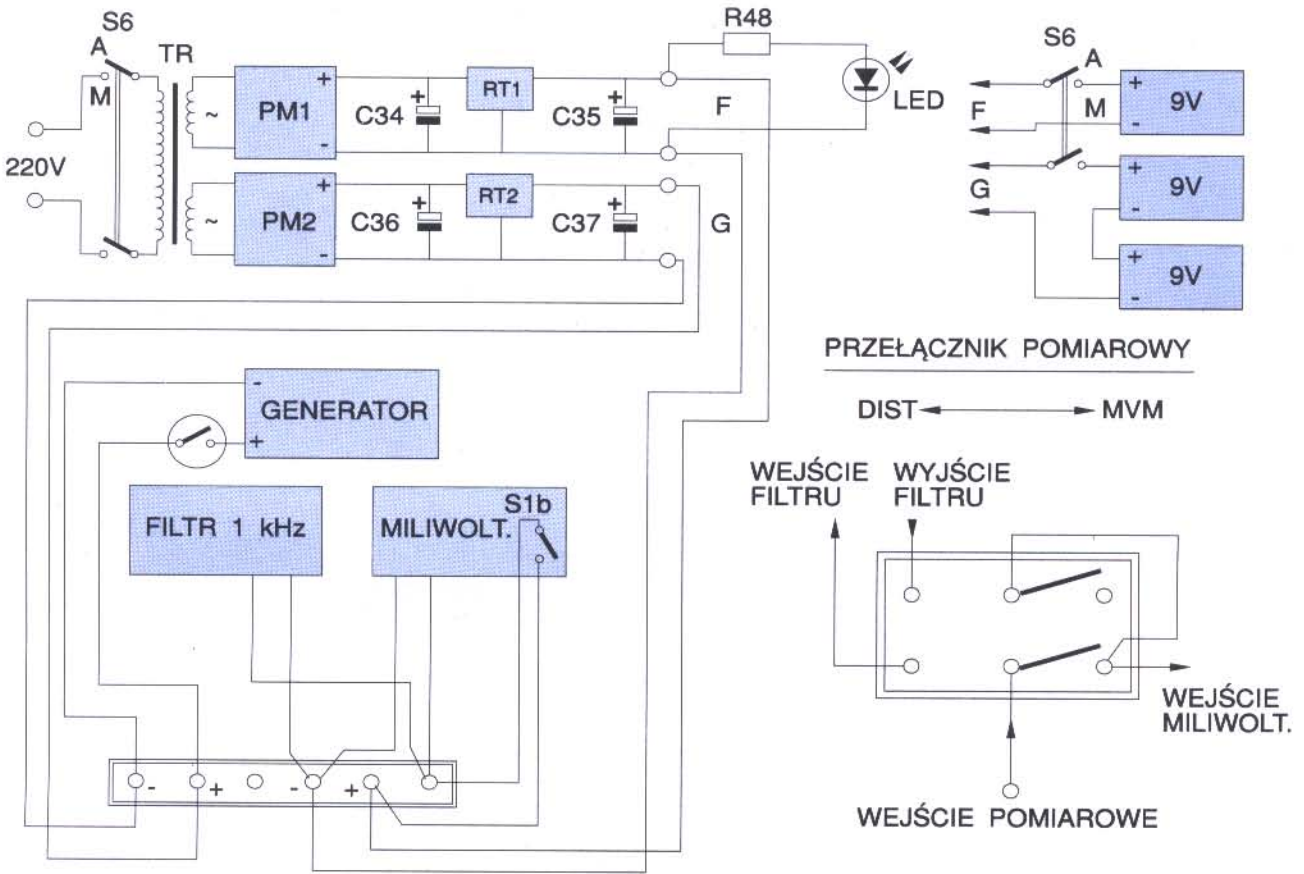
Wersja zasilacza bateryjnego jest pokazana na rys. 5. Jest on nadzwyczaj prosty, składa się bowiem jedynie z trzech baterii 9V. Zasilanie (G) wymaga dwóch baterii, aby generator mógł dostarczać napięcia 2V idealnie sinusoidalnego, o bardzo małej zawartości harmonicznym. Natomiast pozostałe układy zachowują swoje parametry nawet przy zasilaniu jedną baterią dostarczającą  $\pm 4.5$ V. Taki sam podwójny wyłącznik jak w zasilaczu sieciowym, służy do odłączania dodatnich biegunów baterii. Zalety zasilania bateryjnego to jego prostota i brak jakichkol-

wiek tętnień pochodzących z transformatora 50 czy 100Hz. Natomiast zużywanie się baterii (G) i (F) nie jest wcale jednakowe, co wymaga pewnej czujności. Rozwiązanie pośrednie, sieciowo-bateryjne z akumulatorkami, ma też swoje zalety. Schemat przełącznika pomiarowego S5 przedstawiony na rys. 5 pokazuje drogę sygnału: w pozycji MVM (miliwoltomierz) z wejścia pomiarowego (gniazdo Entrée Mesure) jest kierowany wprost do miliwoltomierza, w pozycji DIST (miernik zniekształceń) do filtru, a dopiero z jego wyjścia do miliwoltomierza.

## Uruchomienie i montaż

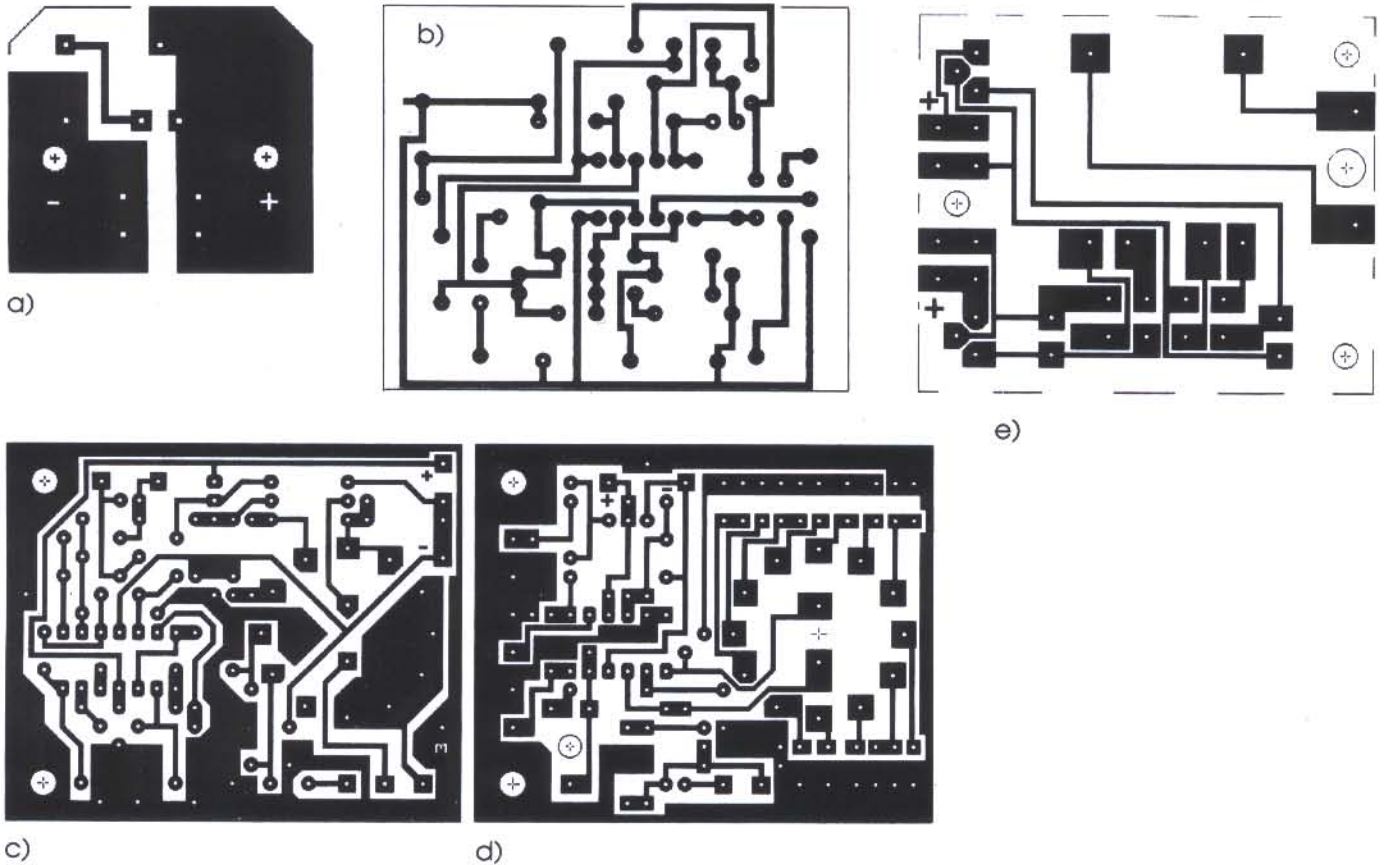
Moduły miliwoltomierza, filtru, generatora i zasilacza są montowane na płytkach drukowanych o jednakowych wymiarach 60 x 50mm. Wzory druku od strony miedzi są pokazane na rys. 6. Układ wskaźnika jest umieszczony na płytce o wymiarach 40 x 35mm (rys. 7). Wszystkie płytki są umocowane na płycie czołowej (250 x 160mm), z wyjątkiem zasilacza przymocowanego wewnątrz samej obudowy.

Montaż najlepiej zacząć od miliwoltomierza, który następnie posłuży do uruchomienia generatora. Na rys. 8 pokazano rozkład elementów na płytce miliwoltomierza. Należy najpierw wmontować rezystory, kon-

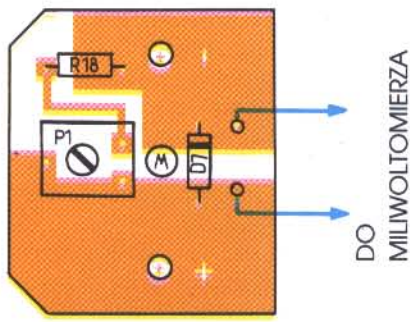


Rys. 5. Schemat połączeń pomiędzy zespołami.

Rys. 6. Mozaiki ścieżek płytek drukowanych: a) wskaźnik, b) filtr, c) miliwoltomierz, d) generator, e) zasilacz





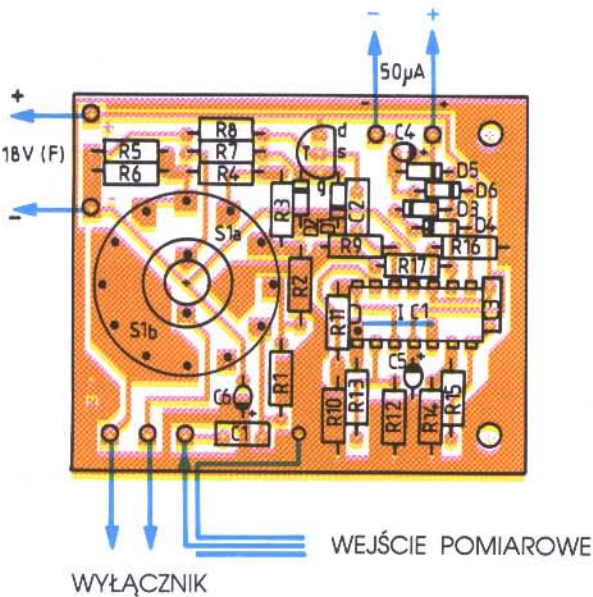


Rys. 7. Rozmieszczenie elementów na płytce wskaźnika.

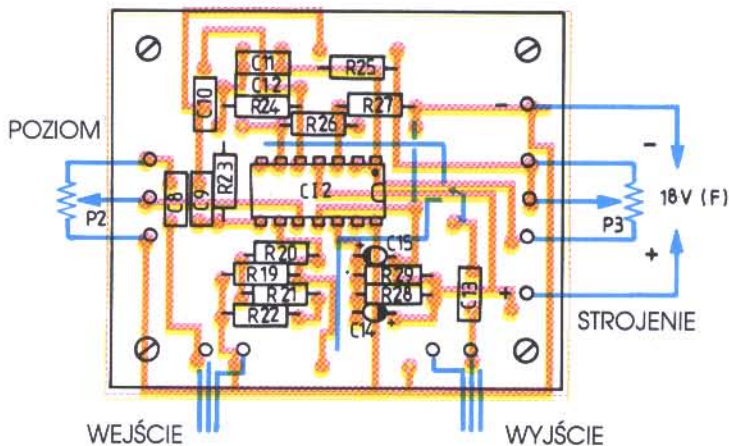
densatory i diody, potem elementy aktywne (IC1 i T) a na końcu przełącznik zakresów. Płytke wskaźnika z rys. 7, zawierającą R18, P1 i D7 przykręca się bezpośrednio do zacisków wskaźnika.

Układ miliwoltomierza musi zostać zaekranowany pudełkiem aluminiowym, w którym jest umocowany osią przełącznika i dwoma dystansami 15 x 5mm. Ekranowanie to jest niezbędne, ponieważ w miliwoltomierzu mogą się indukować przypadkowe niepożądane napięcia całkowicie fałszujące wyniki pomiarów.

Należy teraz zasilić miliwoltomierz



Rys. 8. Rozmieszczenie elementów na płytce miliwoltomierza.



Rys. 9. Rozmieszczenie elementów na płytce filtru.

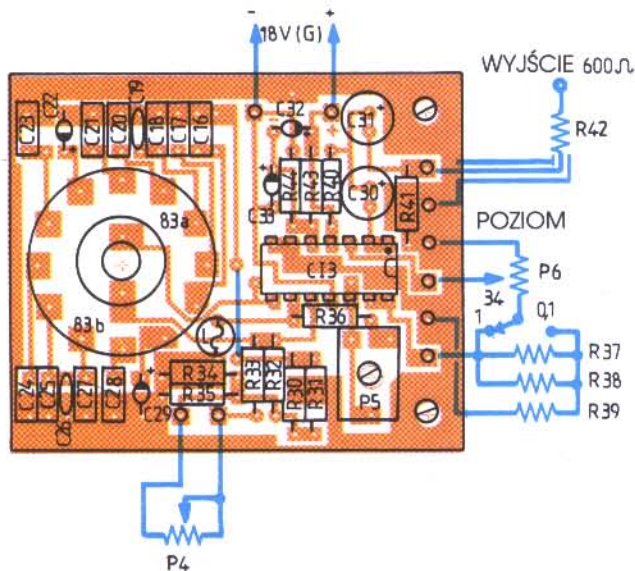
pro wizorycznie symetrycznym zasilaczem, lub najprościej dwoma bateriami 4.5V, aby otrzymać  $\pm 4.5V$  z uziemionym wspólnym zerem. Czułość należy ustawić na 5V, a potencjometr P1 w środkowym położeniu. Do wejścia miliwoltomierza należy doprowadzić ekranowanym przewodem z wyskalowanego generatora sygnał 1 do 4V. Jeśli nie dysponuje się takim przyrządem można użyć napięcia 50Hz z niskonapięciowego wtórnego uzwojenia transformatora, regulowanego na przykład za pomocą potencjometru 1k $\Omega$ . Po zmierzeniu i dokładnym ustawieniu napięcia przy pomocy dobrze wycechowanego miernika, wskazania miliwoltomierza reguluje się ostatecznie potencjometrem P1.

Następnie montuje się płytke filtru, której rozkład elementów jest pokazany na rys. 9. Szczególnego starania należy dołożyć przy doborze elementów filtru podwójnego T. Rezystory R23 i R24 powinny być całkowicie identyczne, najlepiej więc dobrać je przy pomocy dokładnego omiornika. Równie ważne jest aby kondensatory C9, C10, C11 i C12 miały takie same wartości, co jest już znacznie trudniejsze jeśli nie dysponuje się miernikiem pojemności.

Zmontowaną płytke można przymocować do płyty czołowej za pośrednictwem dystansów. Jest ona jednak na tyle lekka, że można umocować ją po prostu do potencjometrów P2 i P3 na samych tylko sześciu sztywnych przewodach montażowych. Płytka ta nie wymaga żadnego uruchamiania.

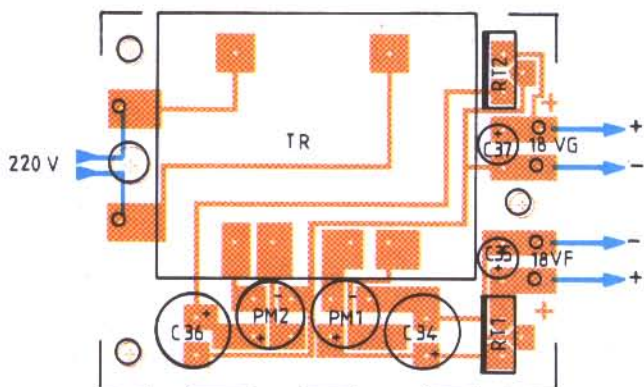
Wykonanie generatora wymaga szczególnej staranności. Rozmieszczenie elementów jest pokazane na rys. 10. Ich znaczne zagęszczenie utrudni uruchamianie, w trakcie którego prawdopodobnie trzeba będzie wymienić kilka elementów R i C. Podstawową bowiem trudnością jest uzyskanie na pozycji 1kHz, i to w środkowym położeniu potencjometru dokładnej regulacji częstotliwości (VERNIER), wartości możliwie bliskiej częstotliwości charakterystycznej filtru.

Duże znaczenie ma dobór żarówek. Z oczywistych powodów jej wymiary powinny być jak najmniejsze, ale przede wszystkim powinna mieć jak największą rezystancję. Do tego celu dobrze nadaje się



Rys. 10. Rozmieszczenie elementów na płycie generatora.

Rys. 11. Rozmieszczenie elementów na płycie zasilacza sieciowego



żaróweczka miniaturowa (midget) 24V 25mA, której rezystancja na zimno wynosi 120Ω.

Uruchomienie generatora jest ułatwione gdy posiada się oscyloskop i częstotłomierz cyfrowy. Nie są one jednak niezbędne i podajemy sposób postępowania również skuteczny choć bardziej pracochłonny. Należy ustawić przełącznik częstotłowości na 200Hz i włączyć napięcie (18V). Po przyłączeniu miernika uniwersalnego do wyjścia generatora (dzielniki ustawione na maksymalne napięcie wyjściowe) tak ustawić P5, aby uzyskać na wyjściu 2V skut.

Następnie będą potrzebne miliwoltomierz i filtr, dlatego powinny już być zmontowane i uruchomione. Wygodnie jest, jeżeli te płytki zostały już przymocowane do płyty

czołowej, której widok pokazuje rys. 12, oraz gotowe są również oba zasilacze (lepiej bateryjne).

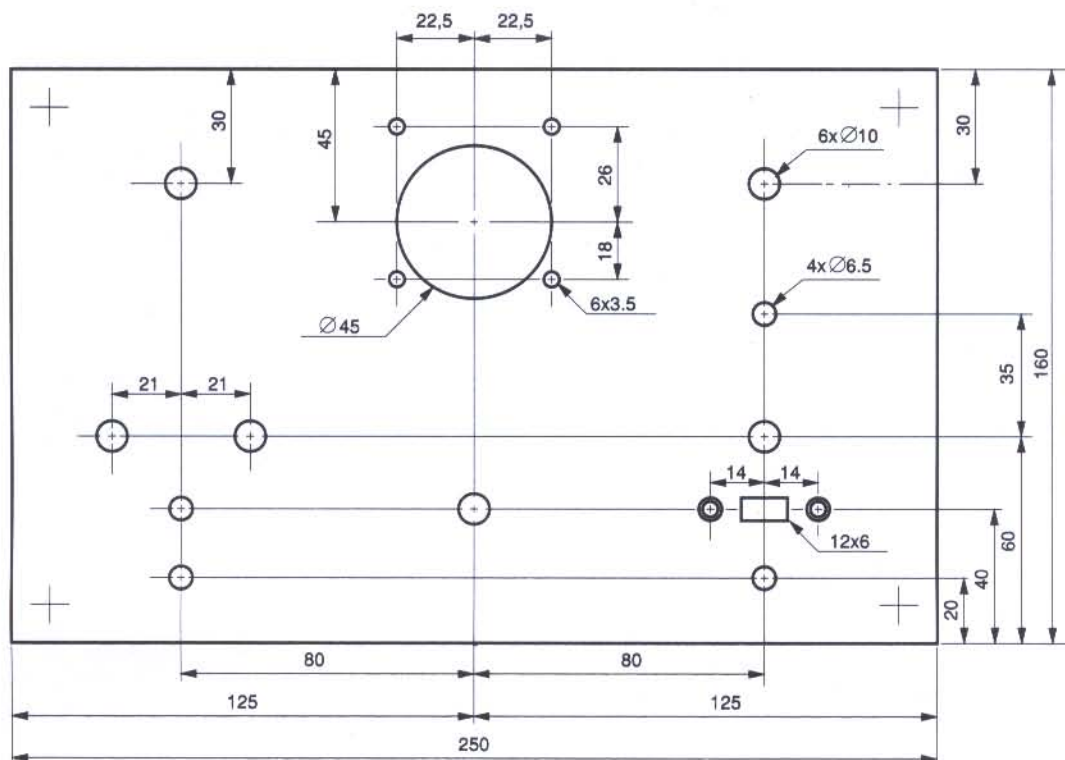
Wyjście generatora łączy się z wejściem filtra, którego wyjście jest połączone z miliwoltomierzem (przełącznik pomiarowy w pozycji DIST). Przełącznik częstotłowości przełącza się na pozycję 1kHz i ustawia potencjometr P2 (VOLUME) na maksymalne wychylenie wskaźnika M. Po przełączeniu przełącznika funkcji w położenie FILTRE, pokręca się kolejno dokładnym regulatorem częstotłowości (VERNIER) i potencjometrem strojenia filtra (ACCORD) tak, aby uzyskać minimalne wychylenie wskaźnika, zwiększając za każdym razem amplitudę napięcia w filtrze (VOLUME). Operacja ta wymaga zręczności, ponieważ selektywność w pobliżu częstotłowości

charakterystycznej jest bardzo ostra i do minimalnego wychylenia miernika można dojść dopiero metodą kolejnych przybliżeń. Regulację może ułatwić tymczasowe zbrocznikowanie potencjometrów P3 i P4 rezystorem 100Ω. Potencjometry te powinny być masowe a nie drutowe, które nie zapewniają dostatecznie płynnej regulacji.

Jeśli zdarzy się, że uda się doprowadzić do minimum gdy ślizgacz potencjometru generatora (VERNIER) znajduje się w pobliżu jego środka, to można uznać że generator został uruchomiony. Jeżeli jednak nie można uzyskać minimum minimum i dochodzi się do skraju potencjometru, można wprowadzić dodatkowy rezystor 1kΩ (max) w szereg z P4, o ile rezystancja potencjometru jest za mała, lub równoległe, jeżeli jest za duża. Gdy to nie pomoże, trzeba będzie zmienić R30 i R34 zwiększając lub zmniejszając ich wartości w zależności od tego, czy częstotłowość jest większa czy mniejsza od poszukiwanej. Można też dokładniej dobrać częstotłowość posługując się rezystorami R31 i R35, nie zapominając jednak, że czynności te mogą wprowadzić tylko niewielkie zmiany i powinny równocześnie dotyczyć RC tak szeregowego jak równoległego. Jeśli na przykład wybrano 3.3kΩ jako wartość rezystorów R30 i R34, dodanie równoległe rezystora 18kΩ, 22kΩ, 27kΩ lub 33kΩ da w rezultacie rezystancje 2.78kΩ, 2.87kΩ, 2.94kΩ lub 3kΩ.

Następnie należy sprawdzić przy pomocy częstotłomierza lub oscyloskopu czy inne częstotłowości nie różnią się od wymaganych więcej niż na przykład o 5% i ewentualnie je skorygować zmieniając wielkości kondensatorów.

Na tym faza uruchamiania przyrządu jest skończona i do zrobienia pozostaje tylko wykonanie połączeń i montaż w obudowie. Montaż zasilaczy na płytkach 60 x 50mm nie nastęrcza żadnych trudności. Potrzebny będzie transformator 220V/2 x 18V lub 2 x 15V o mocy 3VA zatopiony w żywicy. Zasilacz montuje się w obudowie za pomocą trzech dystansów 5mm. Wyłącznik sieciowy S6 umieszczony zostanie z tyłu. Połączenia pokazuje rys. 5. Do łączenia sygnału pomiędzy płytkami należy użyć przewodów ekranowanych. Obudowa przyrządu w kształ-



Rys. 12. Wymiary i rozmieszczenie otworów w płycie czołowej.

cie pulpitu jest wygodna w użyciu. Innym rozwiązaniem może być wbudowanie przyrządu do małej walizki z miejscem na przewody i wyposażenie, co wraz z zasilaczem bateryjnym czyni tester bardziej odpornym i bardziej niezależnym.

### Uruchomienie testera

Za pomocą testera można dokonywać następujących pomiarów:

#### Czułość

Połączyć wyjście  $600\Omega$  generatora z wejściem badanego urządzenia i tak wyregulować poziom przy częstotliwości 1kHz, aby na nominalnym obciążeniu na wyjściu urządzenia otrzymać i odczytać na miliwoltmierzu wymagane napięcie lub moc. Zmierzyć następnie napięcie wyjściowe, które określa czułość. W razie potrzeby użyć dodatkowego dzielnika.

#### Moc wyjściowa wzmacniacza

Obciążyć wzmacniacz rezystorem lub rezystorami, odpowiadającymi nominalnej impedancji wyjściowej (przewidzieć moc wydzielaną w rezystorach). Tak wyregulować poziom napięcia wejściowego, aby otrzymać największy nie zniekształcony sygnał

na wyjściu (posługując się miernikiem zniekształceń lub oscyloskopem). Zanotować napięcie wyjściowe na obciążeniu. Moc wydzielana w watach jest równa kwadratowi napięcia skutecznego w woltach podzielonemu przez rezystancję obciążenia w omach.

#### Zniekształcenia

Wprowadzić na wejście badanego urządzenia sygnał 1kHz o takiej amplitudzie, aby na wyjściu otrzymać moc nominalną. Połączyć to wyjście z wejściem pomiarowym ławy pomiarowej. Przełączyć pomiar na DIST a funkcję na TAR. Potencjometrem amplitudy (VOLUME) ustawić 50%, przełączyć na filtr i regulując kolejno częstotliwość (VERNIER) i strojenie (ACCORD) doprowadzić do najmniejszego możliwego wychYLENIA. Wielkość większa od 1% oznacza mierną jakość urządzenia, a mniejsza niż 0.1% jakość wysoką.

#### Pasma przenoszenia

Układ generatora, który może dostarczyć tylko określonych częstotliwości, nie pozwala na zdjęcie ciągłej charakterystyki częstotliwościowej wzmacniacza. Pozwala on tylko określić jego czułość w sześciu cha-

rakterystycznych punktach pasma przenoszenia, od 20Hz do 20kHz, jest to jednak zupełnie wystarczające. Trzeba tylko, po wykonaniu pomiaru dla 1kHz, powtórzyć go pięciokrotnie dla pozostałych częstotliwości, a pasmo przenoszenia zostanie określone z zupełnie wystarczającą dokładnością.

#### Szumy

Napięcie skuteczne szumów występujących na wyjściu wzmacniacza można ocenić za pomocą miliwoltmierza na zakresie 5mV (po wyłączeniu generatora). Rodzaj tego szumu może zostać określony jedynie za pomocą oscyloskopu. W naszym przypadku możemy wyeliminować częstotliwość 50Hz przez umieszczenie w układzie pomiarowym dwustopniowego filtra dolnozaporowego, dwóch L w kaskadzie:  $100\text{nF}/2.7\text{k}\Omega$  na wejściu i  $10\text{nF}/27\text{k}\Omega$  na wyjściu. Uzyskane tłumienie wynosi -30dB przy 100Hz i -45dB przy 50Hz.

EP, Jean Cerf

**WYKAZ ELEMENTÓW**

**Milivoltomierz**

R1, R9, R16: 1MW  
 R2: 100kΩ  
 R3, R8: 10kΩ  
 R4: 1kΩ  
 R5: 120Ω  
 R6: 1.5kΩ  
 R7: 22kΩ  
 R10, R12, R14: 4.7kΩ  
 R11, R13, R15: 15kΩ  
 R17: 3.3kΩ  
 R18: 2.2kΩ  
 P1: 10kΩ, potencjometr dostrojczy poziomy  
 C1: 100nF foliowy, rozst. 5mm  
 C2, C3: 47nF foliowy, rozst. 5mm  
 C4, C5, C6: 10mF/15V, tantalowy  
 T: tranzystor polowy BF245  
 C11: poczwórny wzmacniacz op JFET TL084  
 D1, D2, D7: diody krzemowe 1N4148, lub odpowiedniki  
 D3, D4, D5, D6: diody germanowe AA118, lub odpowiedniki  
 S1: podwójny przetwornik 6-pozycyjny  
 M: wskaźnik 50mA  
 płytką drukowaną wg rysunku przewód montażowy i ekranowany wkręty, nakrętki, dystanse, końcówki  
**Filtr 1kHz**  
 R19, R21, R22: 10kΩ  
 R20: 22kΩ  
 R23, R24: 15kΩ

R25: 6.8kΩ  
 R26: 2.7kΩ  
 R27: 8.2kΩ  
 R28, R29: 56kΩ  
 P2: 100kΩ, potencjometr liniowy  
 P3: 1kΩ, potencjometr liniowy  
 C8, C13: 47nF foliowy, rozst. 5mm  
 C9, C10, C11, C12: 10nF foliowy, rozst. 5mm  
 C14, C15: 22μF/25V, tantalowy  
 C12: poczwórny wzmacniacz op JFET TL084  
 S2: miniaturowy wyciącznik pojedynczy  
 płytką drukowaną wg rysunku  
**Generator**  
 R30, R34: 3.3kΩ  
 R31, R35, R40: 22kΩ  
 R32, R33, R37: 1kΩ  
 R36: 180Ω  
 R38, R41: 10kΩ  
 R39: 100Ω  
 R42: 560Ω  
 R43, R44: 56kΩ  
 P4: 1kΩ, potencjometr liniowy  
 P5: 220Ω, potencjometr dostrojczy poziomy  
 P6: 10kΩ, potencjometr liniowy  
 C16, C23: 2.2nF, foliowy, rozst. 5mm  
 C17, C24: 4.7nF, foliowy, rozst. 5mm  
 C18, C25: 10nF, foliowy, rozst. 5mm  
 C19, C26: 1nF ceramiczny  
 C20, C27: 47nF, foliowy, rozst. 5mm  
 C21, C28: 220nF, foliowy, rozst. 5mm  
 C22, C29: 2.2μF/15V, tantalowy

C30, C31: 220μF/15V, elektrolityczny  
 C32, C33: 22μF/25V, tantalowy  
 L: żarówka miniaturowa 24V, 25mA  
 C13: poczwórny wzmacniacz op JFET TL084  
 S3: dwuobwodowy przetwornik 6-pozycyjny  
 S4: miniaturowy wyciącznik pojedynczy  
 płytką drukowaną wg rysunku  
**Zasilacz sieciowy**  
 TR: transformator 220V/2x18V lub 2x15V 3VA w żywicy  
 PM1, PM2: cylindryczny mostek prostowniczy GIWO4G  
 C34, C36: 220μF/25 lub 40V, elektrolityczny  
 C35, C37: 1μF/50V  
 RT1, RT2: scalony stabilizator napięcia 7818  
 płytką drukowaną wg rysunku  
**Elementy wspólne**  
 R45, R46: 540Ω (tłumik 600Ω, 0.1)  
 R47: 63.3Ω (tłumik 600Ω, 0.1)  
 R48: 3.3kΩ  
 Gniazdo wyjściowe i wejściowe: RCA (cinch) z gwintem  
 Sygnalizator włączenia: obudowana LED, mocowana nakrętką  
 S5, S6: wyciącznik przesuwany, dwuobwodowy  
 Mocowanie przewodów: listwa 5-końcówkowa z mocowaniem  
 Obudowa z uchwytem  
 Przewód sieciowy z wtyczką 5 pokręteł ze wskazówką