

## Siedmiokanałowy analizator widma

**Analizator widma od kilku lat jest nieodzownym elementem wzmacniaczy elektroakustycznych. Stanowi on bardzo widowiskowy element "kontrolujący" pracę całego zestawu. Poniżej zamieszczamy opis analizatora prostego w swojej budowie. Układ zasilany jest pojedynczym napięciem i z powodzeniem może zostać zastosowany we wzmacniaczu samochodowym.**

Analizator widma jest wielokanałowym miernikiemysterowania. W odróżnieniu od klasycznego miernika posiada on kilka, lub nawet kilkanaście wyróżnionych częstotliwości przy których wykonywany jest pomiar amplitudy sygnału. Analizator widma można porównać do korektora graficznego, który umożliwia regu-

lację wzmocnienia sygnału o określonej częstotliwości. Natomiast analizator umożliwia pomiar amplitudy sygnału o określonej częstotliwości. Z reguły częstotliwości regulacji w korektorze graficznym i częstotliwości pomiaru w analizatorze widma są identyczne. Najczęściej spotykane są analizatory siedmiopunktowe, dla których ogólnie przyjęte są następujące częstotliwości pomiaru: 63 Hz, 160 Hz, 400 Hz, 1 kHz, 2,5 kHz, 6,5 kHz, 16 kHz. Ponadto większość analizatorów wyposażona jest w dodatkowy wskaźnik sumy, spełniający funkcję klasycznego miernikaysterowania.

Zastosowanie analizatorów widma nie ogranicza się tylko do sprzętu powszechnego użytku. Umożliwiają one bardzo szybkie badanie charakterystyki przeniesienia toru elektroakustycznego. Można je także stosować

przy badaniu właściwości akustycznych pomieszczeń w których następuje odsłuchiwanie muzyki.

**Opis układu**

Na wejściu układu filtrów zastosowano wzmacniacz sumujący sygnały lewego i prawego kanału US1A. Wielkość wzmocnienia tego stopnia może być regulowana w zakresie od 11 V/V do 21 V/V. Oprócz niezbędnego wzmocnienia stopień ten zapewnia małą impedancję wyjściową konieczną dla poprawnej pracy filtrów pasmowoprzepustowych. Sygnał z wyjścia wzmacniacza wstępnego kierowany jest do prostownika szczytowego sumy składającego się z diody D8 i kondensatora C24.

Do wydzielenia sygnałów o zadanych częstotliwościach zastosowano aktywne filtry pasmowoprzepustowe. Filtry takie są bardzo proste w realizacji i posiadają dużą stałość parametrów. Każdy filtr można scharakteryzować kilkoma parametrami. Do najważniejszych należą: częstotliwość środkowa w paśmie przepustowym, wzmocnienie i dobroć. Częstotliwości środkowe filtrów zostały zdeterminowane liczbą pasm zastosowanych w analizatorze. Odstęp pomiędzy sąsiednimi częstotliwościami w skali logarytmicznej jest mniej więcej jednakowy. Kolejne częstotliwości różnią się między sobą o ok. 2,5 raza. Wzmocnienie napięciowe filtrów dla częstotliwości środkowej wynosi 1 V/V.

Pewnego wyjaśnienia wymaga dobroć filtru. Parametr ten określa selektywność filtru, czyli szerokość pasma przy spadku wzmocnienia o 3 dB (Rys. 1). W analizatorze widma dobroć filtru powinna być dobrana w taki sposób, aby sygnał o częstotliwości przypadającej na środek pasma sąsiedniego filtru nie wpływał w sposób widoczny na wskazania w pierwszym kanale. Dla dobroci  $Q = 3$  filtr tłumi sygnały o częstotliwości z środka pasma sąsiedniego filtru o ok. 10 dB. Przyjęcie zbyt dużej dobroci nie jest wskazane z uwagi na pojawienie się obszarów częstotliwości, które w praktyce nie będą podlegały pomiarowi. Warto zaznaczyć, że wraz ze wzrostem liczby pasm w analizatorze widma dobroć filtrów powinna odpowiednio zwiększyć się.

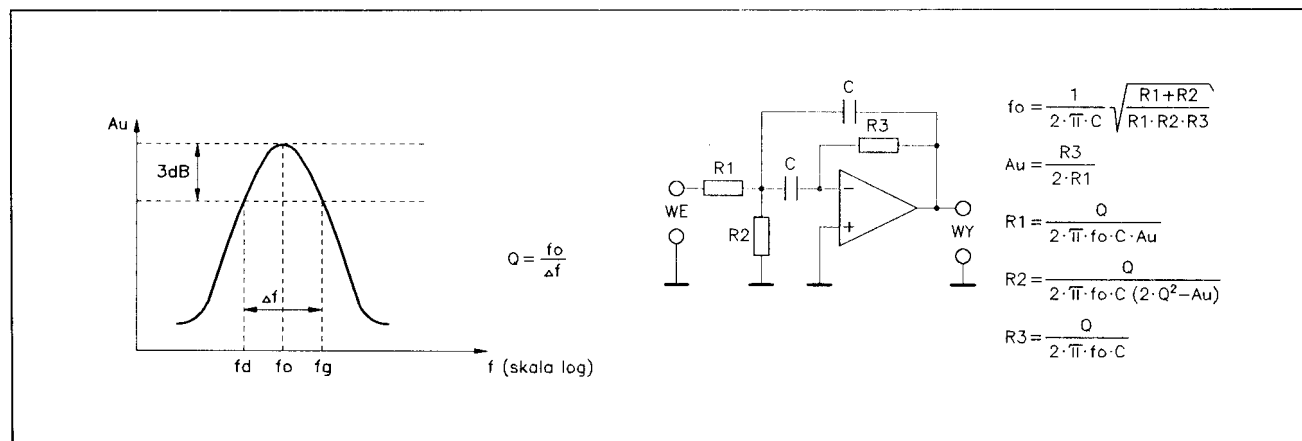
Na rysunku 1 przedstawiono schemat filtru pasmowoprzepustowego i wzory pozwalające obliczyć wartości elementów. Podczas obliczeń wygodnie postu-

żyć się matematycznym programem komputerowym, który znacznie przyspieszy pracę. Przekształcając zamieszczone na rysunku wzory do innej postaci można zauważyć, że o częstotliwości środkowej filtru w głównym stopniu decyduje wartość rezystora R2. Dla określonych więc wartości pozostałych elementów można w niewielkim zakresie przestroić filtr nie zmieniając jego pozostałych parametrów.

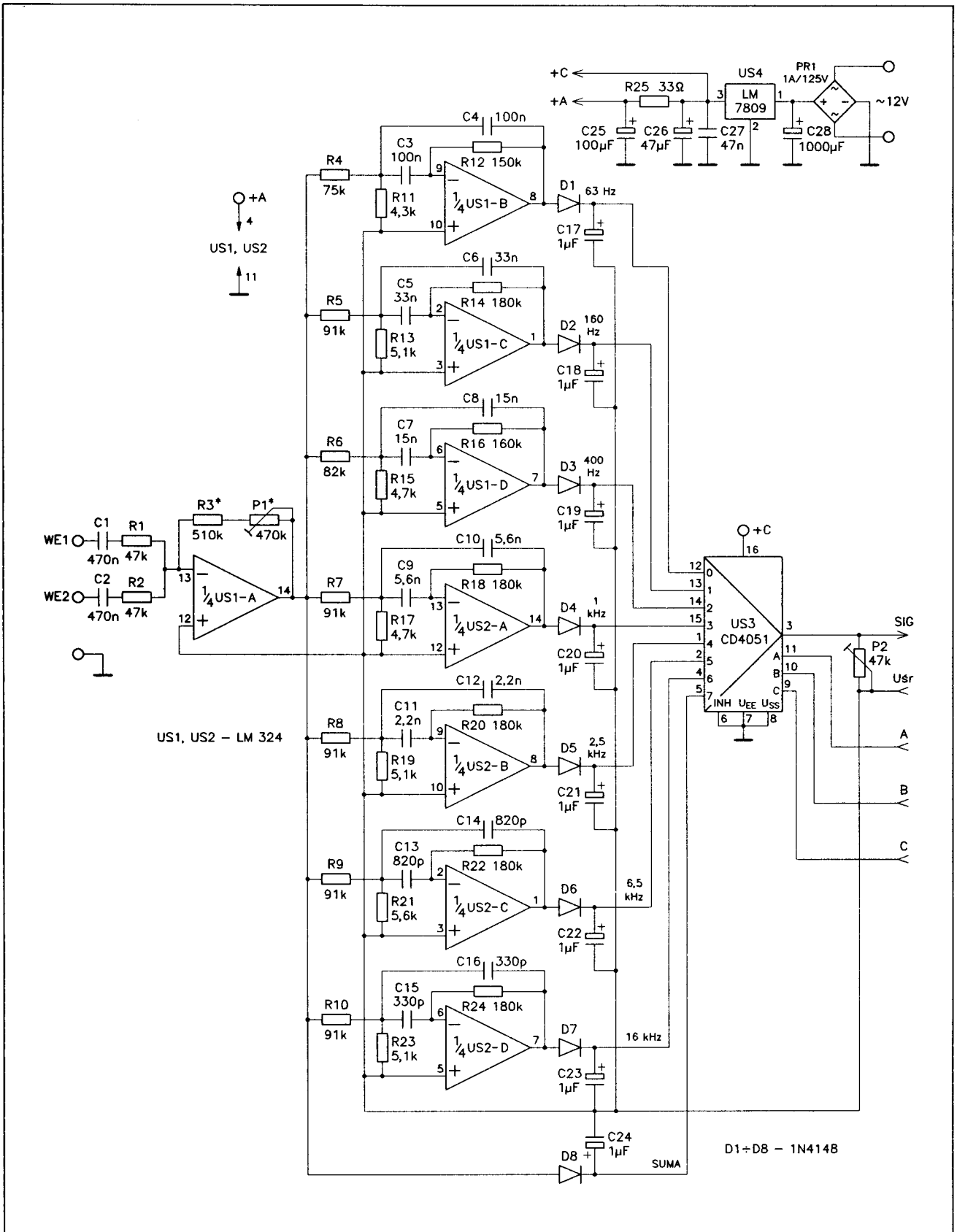
W analizatorze zastosowano siedem filtrów pasmowych o częstotliwościach środkowych 63 Hz, 160 Hz, 400 Hz, 1 kHz, 2,5 kHz, 6,5 kHz i 16 kHz. Polaryzację wejść nieodwracających wzmacniaczy operacyjnych zapewnia odrębny układ aktywnego dzielnika napięcia zasilania. Na wyjściu każdego z filtrów umieszczono prostownik szczytowy składający się z diody i kondensatora.

Napięcia z kondensatorów siedmiu filtrów i kondensatora prostownika szczytowego sumy doprowadzono do multiplexera analogowego CD 4051 US3. Wraz ze zmianami adresów na wejściach A, B, C multiplexera sygnały te doprowadzane są kolejno do wyjścia multiplexera (nóżka 3 US3). Zatem na wyjściu multiplexera otrzymuje się w danej chwili napięcie tylko z jednego, aktualnie wybranego filtru. Potencjometr P2 umożliwia rozładowywanie kondensatorów w prostownikach szczytowych. Pozwala to na regulację czasu opadania słupka zapalonych diod na polu wyświetlacza.

Sygnał z wyjścia multiplexera doprowadzony jest do układu sterowania linijką diodową LM 3916 (US5). Zastosowano tu układ którego szczegółowy opis można znaleźć w PE 1/97, 2/97, 3/97. Układ ten steruje zapalaniem się dziesięciu diod świecących. W opisywanym analizatorze zastosowano układ o skali popularnego miernika VU obejmującego zakres od +3 dB do -20 dB. Możliwe jest także zastosowanie układu LM 3915. Wtedy zakres pomiaru będzie obejmował +6 dB do -21 dB z równomiernym odstępem 3 dB. W praktyce zakres pomiarowy jest nieco spłaszczony. Wynika to ze zastosowania zwykłego prostownika szczytowego. Chcąc przeprowadzić dokładny pomiar konieczne byłoby zastosowanie układu prostowników idealnych co znacznie podniosłoby koszt całego urządzenia.



Rys. 1 Schemat aktywnego filtru pasmowoprzepustowego i jego charakterystyka częstotliwościowa



Rys. 2 Schemat ideowy układu filtrów pasmowych i multipleksera analogowego

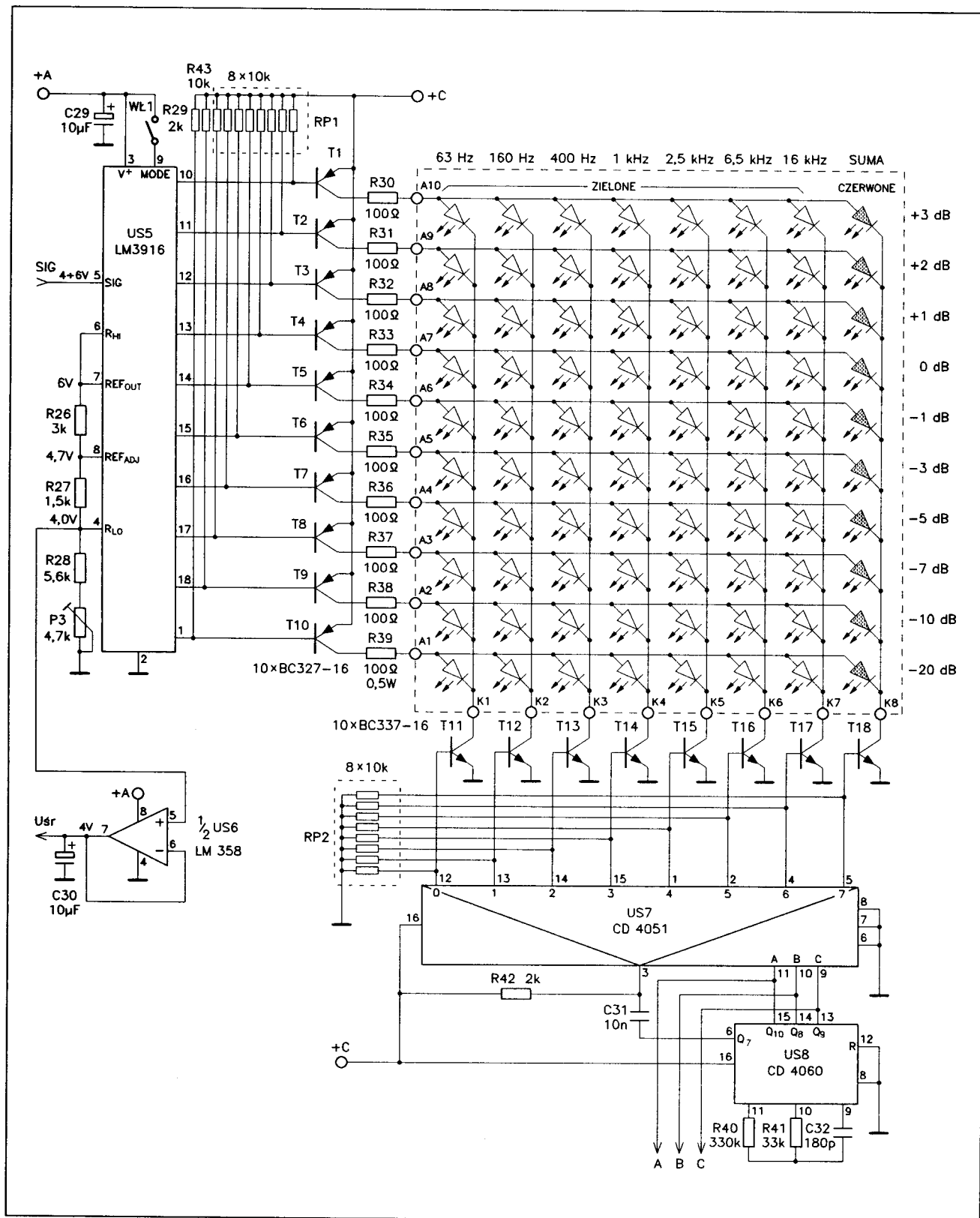
Na wyjściach układu US5 zastosowano wzmacniacze tranzystorowe T1÷T10, które są w stanie doprowadzić do diod odpowiednio duży prąd konieczny przy pracy multipleksowej. W układzie US5 wykorzystano

wewnętrzne źródło napięcia odniesienia, z którego wysterowano aktywny dzielnik napięcia US6. Efektem tego jest uzyskanie identycznego napięcia polaryzacji wzmacniaczy operacyjnych w filtrach pasmowoprze-

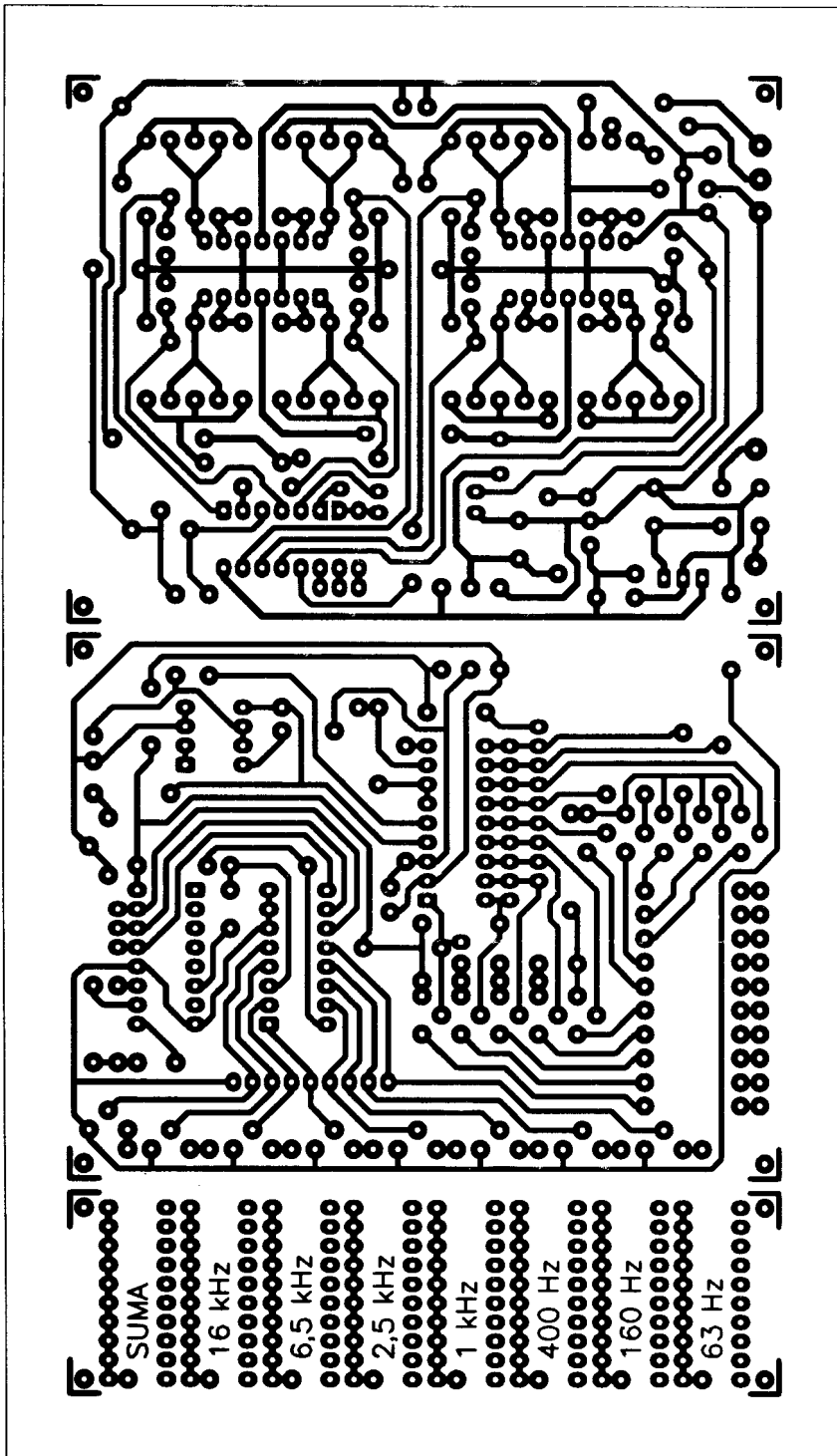
stowych z napięciem dolnego progu zapalania się pierwszej diody miernika.

Katody diod świecących zgrupowane w osiem kolumn podłączone są do wzmacniaczy tranzystorowych T11÷T18. Każda kolumna tworzy jeden słupek pola wyświetlającego odpowiadający jednej z częstotliwości

filtrów. Ostatni ósmy słupek przypada na sygnał sumy. Bazy tranzystorów T11÷T18 sterowane są przez multiplexer CD 4051 (US7). Rezystor R42 połączony z plusem zasilania dołączany jest kolejno do baz tranzystorów.



Rys. 3 Schemat ideowy układów cyfrowych i przetwornika



Rys. 4 Płytką drukowaną

Kondensator C31 ma za zadanie doprowadzanie ujemnych impulsów do baz tranzystorów w chwili przełączania się multiplexera. Eliminuje to zjawisko podświetlania sąsiedniego słupka.

Multiplexer US7 adresowany jest identycznie jak multiplexer komutujący sygnały analogowe z prostowników szczytowych. Jeżeli włączony jest tranzystor T11 sterujący słupkiem 63 Hz, to równocześnie do wejścia SIG układu US5 doprowadzone jest napięcie z filtru 63 Hz. Wybieranie kolejnych słupków nie przebiega po kolei. Nie ma to żadnego znaczenia a pozwala uprościć płytkę drukowaną. Przebiegi adresujące multiplexery wytwarzane są w układzie licznika z generatorem RC CD 4060 (US8).

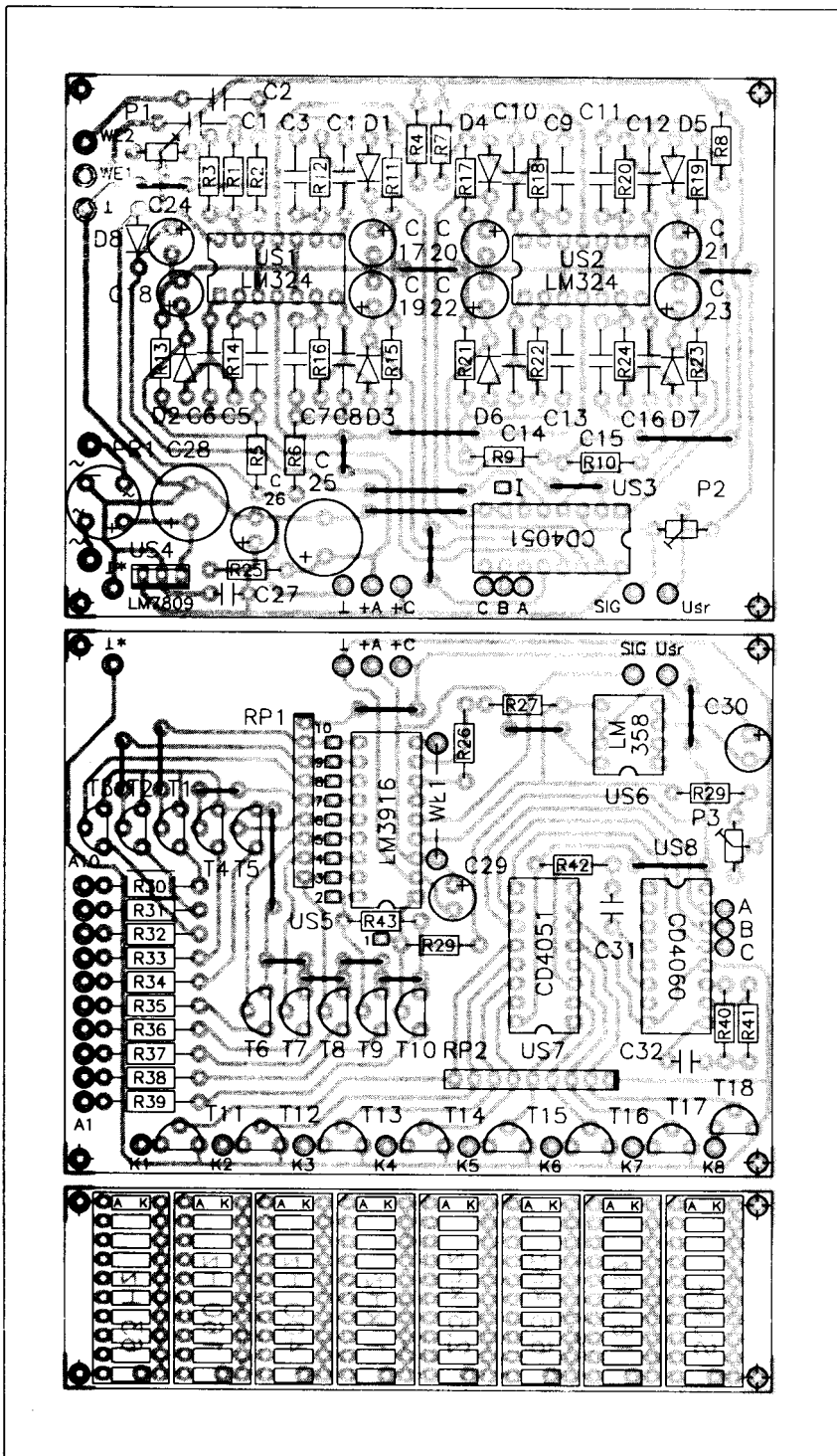
Układ analizatora zawiera w sobie czułe układy analogowe i układy cyfrowe pobierające znaczny prąd (dotyczy to pola wyświetlającego). Z tego też względu bardzo ważne jest prowadzenie zasilania i układ ścieżek masy. Zasilanie części analogowej +A oddzielono w zasilaczu rezystorem R25 i dodatkowo zablokowano kondensatorem C25. Na płytce drukowanej zastosowano odrębne masy: cyfrową i analogową, które łączą się ze sobą w zasilaczu. Analizator pobiera prąd ok. 600 mA przy zapalonych wszystkich diodach świecących.

#### Montaż i uruchomienie

Analizator widma został zaprojektowany w taki sposób, aby po zmontowaniu stanowił zwartą konstrukcję. Płytkę drukowaną należy rozciąć na trzy części. Pierwsza płytka będzie zawierała wzmacniacz wejściowy i układ filtrów, a druga o identycznych wymiarach pomieści układy cyfrowe i przetwornik. Na trzeciej płytce znajdą się diody świecące.

Zastosowane w układach filtrów elementy powinny posiadać tolerancję wykonania 5%. Układ stabilizatora US4 wyposaża się w niewielki radiator wykonany z blachy aluminiowej o grubości 2 mm. Kształt radiatora najlepiej dobrać po zamontowaniu całego układu. Przy montażu radiatora należy zwrócić uwagę aby nie spowodował on zwarcia pomiędzy przewodami które połączą ze sobą płytki filtrów i układów cyfrowych. Po zamontowaniu wszystkich elementów na płytce filtrów w otwory oznaczone jako masa\*, masa, +A, +C, SIG, Uśr wlotowuje się odcinki drutu  $\phi 0,8$  mm o długości ok. 5 cm. Natomiast w otwory oznaczone jako A, B, C wlotowuje się przewody izolowane o długości ok. 7 cm.

Po stronie druku kropłą cyny zwiera się nóżkę 6 z nóżkami 7 i 8 układu scalonego US3 (CD 40511). Pole lutownicze oznaczone kwadratem z literą I pozostawia się wolne, jest ono przeznaczone do innych zastosowań analizatora.



Rys. 5 Rozmieszczenie elementów

Na płytce układów cyfrowych montuje się wszystkie elementy i na przewodach podłącza włącznik WŁ1. Przełącznik można pominąć, lub zastąpić zworą jeżeli zdecydujemy się na jeden stały rodzaj wyświetlania (punkt, lub linijka). Pola lutownicze oznaczone ponumerowanymi od 1 do 10 kwadratami pozostawia się wolne. Pola te przeznaczone są do innego, dodatkowego zastosowania analizatora.

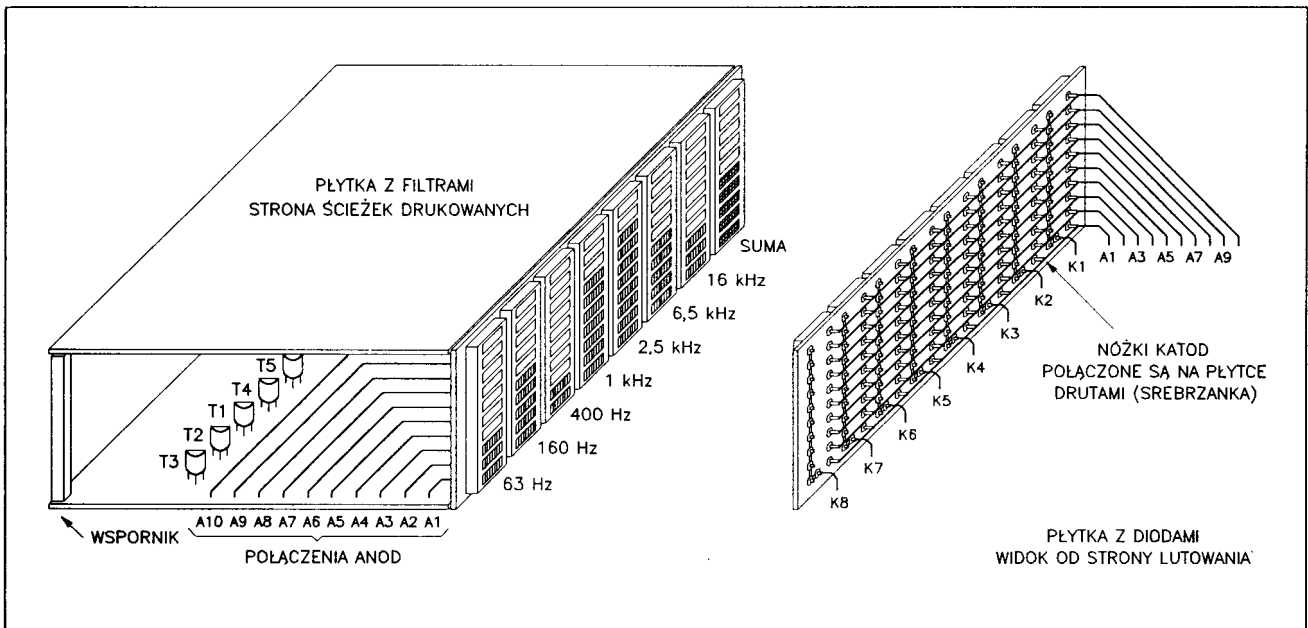
Jeżeli nie dysponujemy drabinkami rezystorowymi 8×10 kΩ, mogą one zostać zastąpione pionowo wlotowanymi rezystorami 10 kΩ. Wszystkie wolne końce rezystorów łączy się ze sobą i wlotowuje w dziewiąty wolny otwór przy grubej kresce oznaczającej początek drabinki (patrz rysunek montażowy).

Do budowy pola wyświetlającego wykorzystano specjalne matryce składające się z 10 prostokątnych diod w jednej obudowie. Do wyświetlania wskazań w poszczególnych kanałach zastosowano matryce o zielonym kolorze świecenia, a do wyświetlania sygnału sumy matrycę w kolorze czerwonym (można też zastosować kolor żółty). Zaletą stosowania matryc jest równe umieszczenie wszystkich diod, co podnosi estetykę urządzenia i zmniejsza nakład pracy. Cena pojedynczej matrycy jest zbliżona do ceny 10 sztuk diod świecących.

Rozstaw wyprowadzeń matrycy diodowej umożliwia także zamontowanie pojedynczych diod elektroluminescencyjnych. Można wtedy zmienić kolorystykę, tak aby dioda odpowiadająca poziomowi 0 dB świeciła w kolorze żółtym, diody odpowiadające poziomom +1, +2, +3 dB w kolorze czerwonym, a pozostałe w kolorze zielonym.

Matryce (lub diody) wlotowuje się w płytkę drukowaną. Następnie obcina się końcówki katod (pionowe kolumny pół lutowniczych połączone ścieżką). Natomiast do wystających końcówek anod przylutowuje się w poziomie odizolowany drut np. srebrzankę. Po prawej stronie pola wyświetlającego (patrzac od strony ścieżek) zostawia się dłuższe odcinki drutu, które zagina się w dół, tak jak pokazano to na rysunku 6. Z kolei do wolnych oczek katod umieszczonych na dole każdej kolumny przylutowuje się krótkie odcinki drutu. Zmontowana w ten sposób płytkę może zostać połączona z dolną płytką układów cyfrowych i przetwornika.

Następną czynnością jest podłączenie płytki filtrów. Płytkę filtrów umieszcza się nad płytką układów cyfrowych na wysokości górnej krawędzi pola wyświetlającego stroną ścieżek do góry). Druty wystające na tylnej krawędzi płytki filtrów wprowadza się w odpowiadające im otwory w płytce cyfrowej. Trzy przewody wlotowane do otworów A, B, C łączy się z otworami o takich samych oznaczeniach na płytce układów cyfrowych.



Rys. 6 Widok połączonych płytek drukowanych analizatora

Przednią krawędź płytki filtrów można przylutować do pól lutowniczych płytki pola wyświetlającego umieszczonych w narożnikach. Dla zamocowania tylnych krawędzi płytek wskazane jest zastosowanie kołków dystansowych, lub grubego drutu wlutowanego w pola na rogach płytek.

Zmontowany analizator stanowi teraz zwartą bryłę która zajmuje niewiele miejsca. Po zakończonym montażu można przystąpić do uruchamiania układu. Po włączeniu napięcia zasilania potencjometrem P3 ustawi się napięcie  $4 \pm 0,3$  V na nóżce 4 US5. Do jednego z wejść doprowadza się sygnał sinusoidalny 1 kHz z generatora funkcyjnego o wartości skutecznej 100 mV. Potencjometrem P1 ustawia się wzmocnienie tak aby na wyświetlaczu sumy zapaliła się dioda odpowiadająca poziomowi 0 dB. Zmieniając częstotliwość sygnału z generatora sprawdzamy, czy przy częstotliwości 63 Hz pierwszy słupek osiągnie wskazania równe wskazaniom słupka sumy. Podobnie postępujemy dla pozostałych słupków. Jeżeli maksimum wskazań dla któregośkolwiek słupka będzie się różniło więcej niż o 10% od częstotliwości środkowej wskazane jest dostrojenie odpowiedniego filtru. Najprościej jest to wykonać zmieniając nieznacznie wartość rezystora R11 dla filtru 63 Hz, R13 – 160 Hz, R15 – 400 Hz, R17 – 1 kHz, R19 – 2,5 kHz, R21 – 6,5 kHz, R23 – 16 kHz.

Ustawienie potencjometru P2 dobiera się doświadczalnie przy pracy z sygnałem muzycznym. Należy kierować się szybkością opadania słupków. Wartość należy dobrać w taki sposób, aby analizator nie pracował zbyt "nerwowo".

Uruchomiony układ podłącza się do wzmacniacza za układem regulacji barwy dźwięku, a także za korektorem graficznym, natomiast przed regulacją wzmocnienia i balansu. W ten sposób wskazania analizatora nie będą zależały od ustawionej głośności, natomiast regulacja barwy dźwięku będzie miała wpływ na odczyt

wskazań. Po zamontowaniu analizatora w urządzeniu może okazać się konieczne skorygowanie ustawienia potencjometru P1, lub nawet dobranie wartości R3 i P1. Wszystko to zależy od poziomu znamionowego sygnału w torze elektroakustycznym wzmacniacza.

Podłączenie analizatora do wyjścia głośnikowego nie ma większego sensu, gdyż w większości przypadków kiedy słuca się muzyki z niewielką głośnością będą się zapalały tylko dolne diody pola wyświetlającego.

Układ posiada dwa wejścia umożliwiające sumowanie sygnałów lewego i prawego kanału. Możliwe jest wykonanie dwóch analizatorów oddzielnie dla każdego z kanałów. Można wtedy pominąć kondensator C2 i rezystor R2, a sygnał doprowadzić do wejścia WE1. Rozwiązanie takie jest znacznie droższe, a niewiele zmienia, gdyż zawartość składowych w sygnale akustycznym będzie praktycznie identyczna w obu kanałach.

Jeżeli układ analizatora będzie wykorzystywany w samochodzie nie ma potrzeby montowania mostka prostowniczego PR1. Napięcie doprowadza się wtedy bezpośrednio do pól lutowniczych pozostałych po wylutowanym mostku.

#### Wykaz elementów

US1, US2	– LM 324
US3, US7	– CD 4051
US4	– LM 7809
US5	– LM 3916 (LM 3915)
US6	– LM 358
US8	– CD 4060
T1÷T10	– BC 327-16
T11÷T18	– BC 337-16
D1÷D8	– 1N4148
PR1	– MG W006 1 A/50 V
MD1÷MD7	– matryca LED 1×10, kolor świecenia zielony

MD8	- matryca LED 1×10, kolor świecenia czerwony
R25	- 33 Ω/0,25 W
R30÷R39	- 100 Ω/0,25 W
R27	- 1,5 kΩ/0,125 W
R29, R42, R43	- 2,0 kΩ/0,125 W
R26	- 3,0 kΩ/0,125 W
R11	- 4,3 kΩ/0,125 W
R15, R17	- 4,7 kΩ/0,125 W
R13, R19, R23	- 5,1 kΩ/0,125 W
R21, R28	- 5,6 kΩ/0,125 W
R41	- 33 kΩ/0,125 W
R1, R2	- 47 kΩ/0,125 W
R3*	- 510 kΩ/0,125 W (patrz Tabela 1)
R4	- 75 kΩ/0,125 W
R6	- 82 kΩ/0,125 W
R5, R7÷R10	- 91 kΩ/0,125 W
R12	- 150 kΩ/0,125 W
R14, R18, R20,	
R22, R24	- 180 kΩ/0,125 W
R40	- 330 kΩ/0,125 W
RP1, RP2	- 8R-10k (drabinka rezystorowa 8×10 kΩ)
P3	- 4,7 kΩ TVP 1232
P2	- 47 kΩ TVP 1232

P1*	- 470 kΩ TVP 1232 (patrz Tabela 1)
C32	- 180 pF/50 V ceramiczny
C15, C16	- 330 pF/63 V/5% KSF-020-ZM
C13, C14	- 820 pF/160 V/5% KSF-020-ZM
C11, C12	- 2,2 nF/25 V/5% KSF-020-ZM
C9, C10	- 5,6 nF/63 V/5% KSF-020-ZM
C31	- 10 nF/50 V ceramiczny
C7, C8	- 15 nF/400 V/5% MKSE-20
C5, C6	- 33 nF/63 V/5% MKSE-20
C27	- 47 nF/50 V ceramiczny
C3, C4	- 100 nF/63 V/5% MKSE-20
C1, C2	- 470 nF/63 V/5% MKSE-20
C17÷C24	- 1 μF/63 V 04/U
C29, C30	- 10 μF/25 V 04/U
C26, C28	- 47 μF/16 V 04/U
C25	- 100 μF/16 V 04/U
WŁ1	- przełącznik suwakowy dwupozycyjny płytką drukowaną <b>numer 318</b>

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.  
Cena: 8,34 zł + koszty wysyłki.  
Podzespoły elektroniczne można zamawiać w firmie LARO – wykaz patrz strona 30 i 31 wewnątrz numeru.