

Analizator widma

kit AVT-210

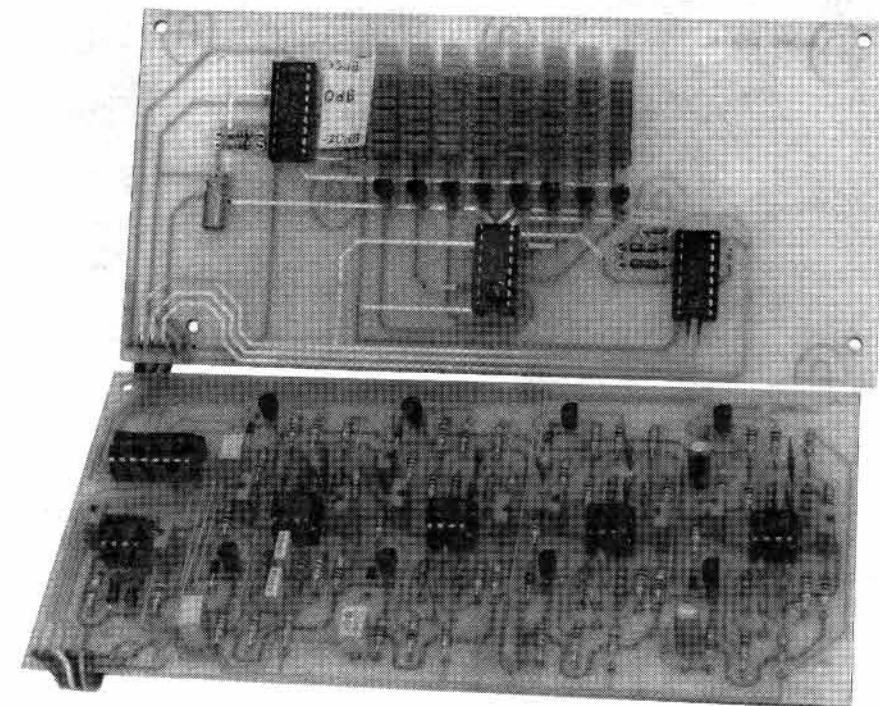
Niektórych Czytelników nazwa proponowanego układu może nieco zdezorientować, nie ma on bowiem nic wspólnego z wywoływaniem duchów, chyba że ducha muzyki i dźwięku. Jego działanie polega na graficznej prezentacji odtwarzanego dźwięku jako zbioru ośmiu wybranych częstotliwości.

Każdej częstotliwości odpowiada pionowy słupek składający się ze świecących diod LED. Zestaw takich słupków tworzy dynamicznie zmieniający się obraz chwilowej charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej odtwarzanej piosenki, muzyki czy dźwięku. Analizator widma można zastosować łącznie z dobrym mikrofonem (liniowym w zakresie 20Hz...20kHz) i generatorem „szumu różowego” do wyregulowania equalizera i dopasowania zestawu audio do akustyki pomieszczenia.

Można go również zainstalować we wzmacniaczu.

Taka wizualizacja jest stosowana w profesjonalnych studiach nagrań, aby realizator mógł polegać nie tylko na własnym słuchu, lecz także miał w miarę obiektywną informację o jakości dźwięku. Ułatwia to korektę i świadomą obróbkę zapisywanego materiału polegającą na celowym uwypukleniu lub stłumieniu wybranych częstotliwości w celu otrzymania możliwie najlepszego brzmienia. Podobne wyświetlacze graficzne coraz częściej można spotkać w domowym sprzęcie audio, a obecność wskaźników ma nie tylko znaczenie praktyczne, ale także estetyczne. Proponowany układ wskaźnika widma sygnału akustycznego na pewno będzie cennym uzupełnieniem posiadanego zestawu audio.

Podczas konstruowania układu przyjęto założenie, że ma to być układ możliwie prosty i tani, który przy montażu i uruchomieniu nie sprawi trudności nawet mniej wprawnemu elektronikowi-amatorowi. Układ widma składa się



z dwóch płytek tworzących rodzaj pakietu, który łatwo można przymocować do przedniej ścianki obudowy wzmacniacza.

Część analogowa

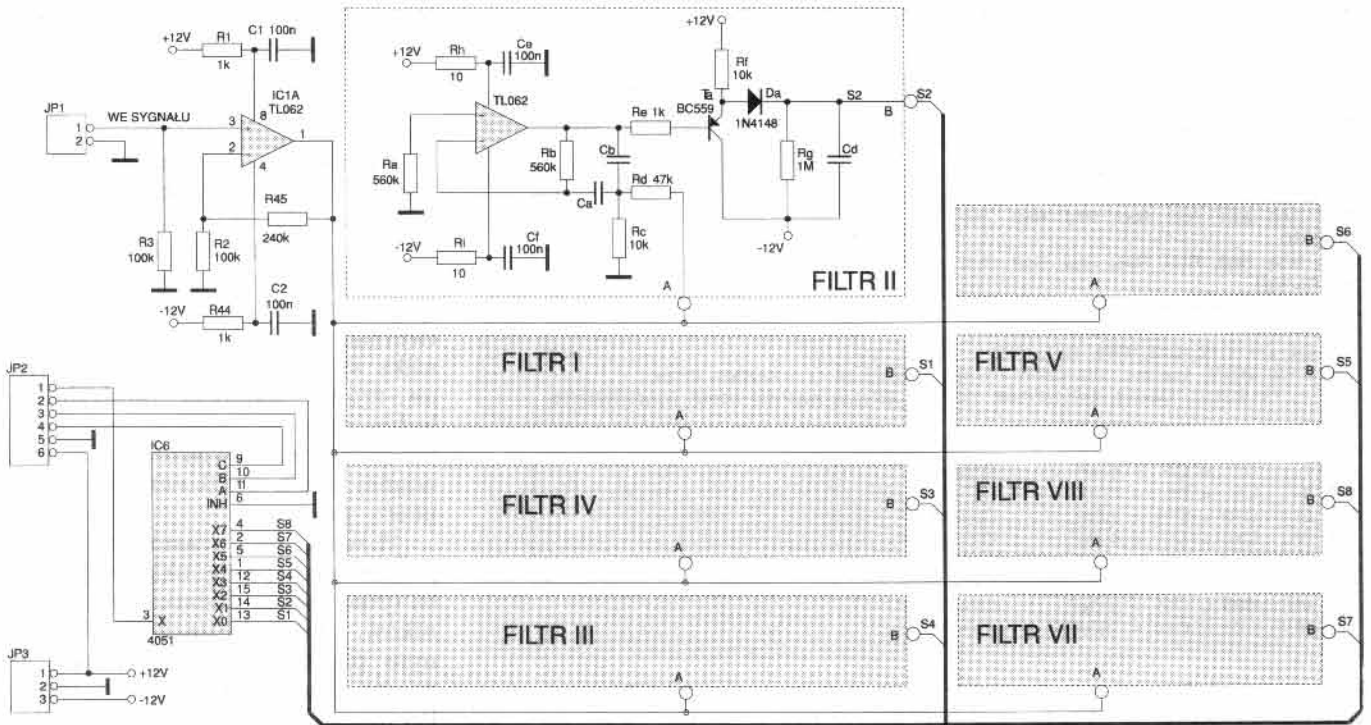
Opis urządzenia zaczniemy od płytki analogowej, której schemat elektryczny przedstawiono na rysunku 1. Sygnał wejściowy jest podawany poprzez gniazdo JP1-1 na wejście nieodwracające wzmacniacza wstępnego IC1A. Amplituda sygnału wejściowego powinna być zgodna z ogólnie przyjętą normą i wynosić 0,707Vpp dla sygnału 0dB i 1Vpp dla sygnału o poziomie większym o 3dB. Wzmocnienie stopnia wejściowego można dobrać zmieniając wartość opornika R45; zwiększenie jego oporności spowoduje zwiększenie wzmocnienia sygnału.

Z wyjścia układu IC1A sygnał jest podawany na wejścia ośmiu aktywnych filtrów środkowo-przepustowych. Ich zadaniem jest rozdzielenie sygnału wejściowego na osiem składowych częstotliwości,

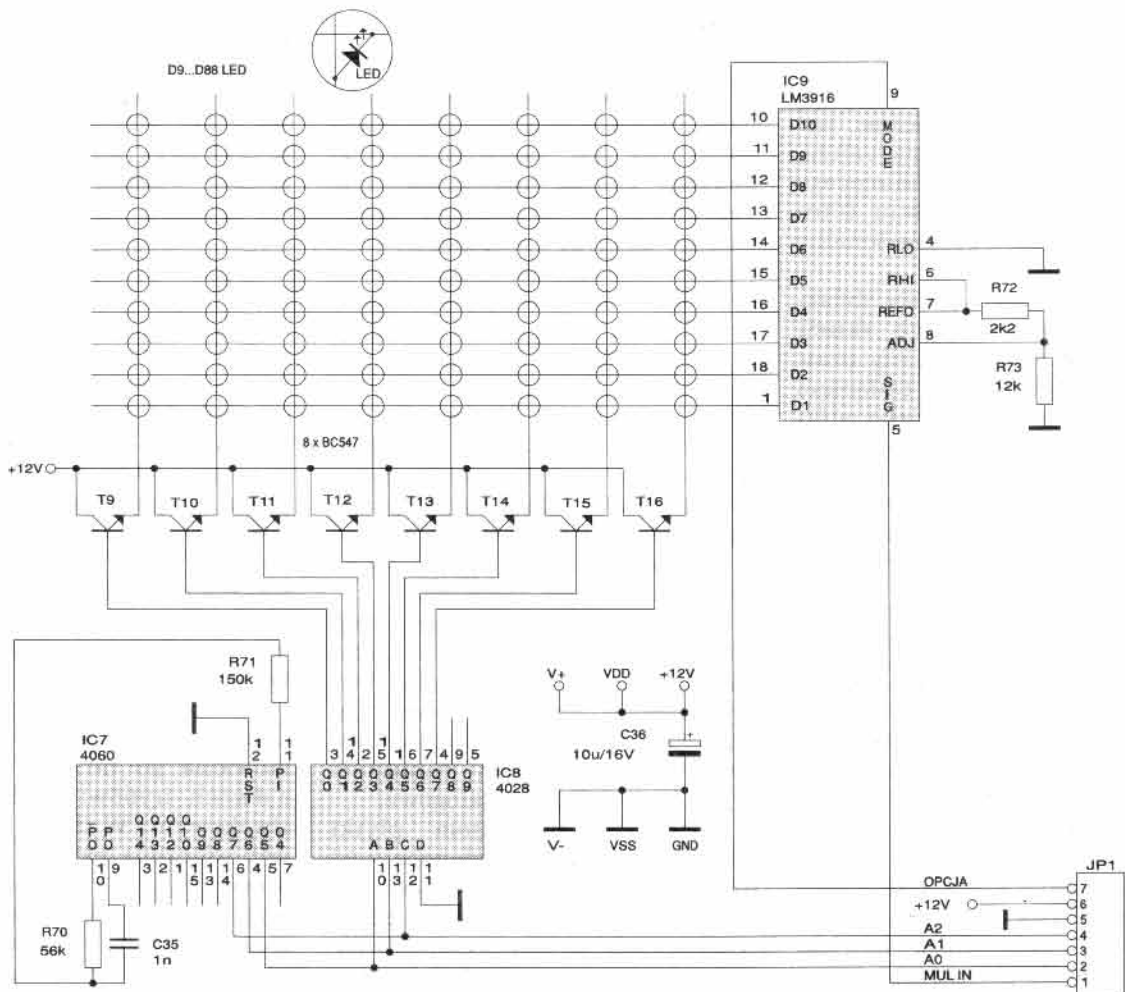
których chwilową amplitudę będą odwzorowywały zapalające się słupki z diod LED. Zastosowano popularny układ filtru z operacyjnym wzmacniaczem odwracającym i wielokrotną pętlą sprzężenia zwrotnego. Dla naszych celów układ ma wystarczająco dobre parametry, dlatego zrezygnowano ze znacznie droższych, specjalizowanych układów scalonych takich jak np. LA3600.

Częstotliwości środkowe filtrów zostały dobrane arbitralnie; przyjęto założenie, że zmiana wysokości dźwięku w niższej części pasma jest bardziej odczuwana przez ucho ludzkie i dlatego zakres tonów niskich i średnich jest rozbity na większą ilość przedziałów niż częstotliwości wyższe. Przybliżone częstotliwości środkowe poszczególnych filtrów są następujące: IC2B - 40Hz, IC2A - 160Hz, IC3B - 300Hz, IC3A - 560Hz, IC4B - 920Hz, IC4A - 1,9kHz, IC5B - 6,8kHz, IC5A - 13,7kHz.

Sygnały uzyskane na wyjściach



Rys. 1. Schemat elektryczny części analogowej analizatora widma



Rys. 2. Schemat elektryczny części cyfrowej analizatora widma

Tabela 1. Wartości elementów w poszczególnych filtrach

Ra=Rb=560kΩ	R5, R7, R10, R11, R15, R16, R20, R21, R25, R26, R28, R29, R33, R35, R38, R39
Rc=Rf=10kΩ	R8, R46, R12, R61, R17, R62, R22, R64, R42, R54, R31, R57, R37, R68, R40, R67
Rd=47kΩ	R9, R13, R18, R23, R43, R30, R36, R41
Re=1kΩ	R47, R48, R51, R52, R53, R56, R58, R60
Rg=1MΩ	R49, R50, R63, R65, R55, R69, R59, R66
Rh=Ri=10Ω	R4, R6, R14, R19, R24, R27, R32, R34
Ce=Cf=100nF	C3, C4, C9, C12, C15, C18, C21, C22
Wszystkie układy scalone, tranzystory i diody są takie same w każdym filtrze: Ta=T1...T8=BC559, Da=D1...D8=1N4148. Różnice dotyczą wartości trzech kondensatorów:	
	Ca Cb Cd
Filtr I	C7 = C8 = 47nF, C28=1μF
Filtr II	C5 = C6 = 15nF, C27=1μF
Filtr III	C13 = C14 = 8,2nF, C30=680nF
Filtr IV	C10 = C11 = 4,7nF, C29=470nF
Filtr V	C19 = C20 = 2,7nF, C33=220nF
Filtr VI	C16 = C17 = 1nF, C34=150nF
Filtr VII	C25 = C26 = 330pF, C31=100nF
FiltrVIII	C23 = C24 = 180pF, C32=100nF

filtrów mogłyby od razu zostać podane na wejście układu sterującego wyświetlaniem poszczególnych słupków, jednak próby wykazały, że nie jest to rozwiązanie najlepsze: graficzna prezentacja spektrum częstotliwości składowych dźwięku była rozmazana, nieczytelna i mało efektowna. Okazało się, że konieczne jest zastosowanie choćby najprostszego prostownika zamieniającego sygnał zmienny na wyjściu filtru na napięcie stałe, proporcjonalne do amplitudy sygnału.

Układ każdego z ośmiu detektorów jednopółkwykowych składa się z tranzystora pnp, diody prostowniczej i układu RC. Zadaniem tranzystora, pracującego jako wtórnik emiterowy, jest skompensowanie spadku napięcia na diodzie prostowniczej. Dzięki temu, że napięcie emiter-baza powoduje podniesienie składowej stałej na anodzie diody o wartość prawie równą spadkowi napięcia na tej diodzie, wizualizacja sygnałów nawet o małych amplitudach będzie prawidłowa. Stała czasowa układów RC na wyjściach detektorów jest dobierana w zależności od częstotliwości środkowej filtru.

Dla filtrów o częstotliwościach najniższych składowa zmienna na wyjściu detektora nie jest całkowicie odfiltrowana, pojemność kondensatora nie może bowiem być nadmiernie zwiększana z powodu rosnącej „ospałości“ układu, która objawia się przedłużo-

nym świeceniem LEDów po wybrzmieniu sygnału. Eksperymentalnie dobrano więc wartości optymalne, zapewniające poprawną pracę urządzenia.

Część cyfrowa

Sygnał z wyjść detektorów może już bezpośrednio sterować układem wyświetlającym. Ponieważ układ ten jest najdroższym elementem całego urządzenia, zrezygnowano z oddzielnego sterowania każdym słupkiem LED. Dzięki multipleksowaniu można sterować pracą całego wyświetlacza tylko jednym układem LM3916. Okazało się, że ta metoda nie pogarsza pracy wyświetlacza a znacznie obniża koszty. Z tego powodu sygnały ze wszystkich detektorów są podawane na wejścia multipleksera analogowego, który w bieżącej chwili wybiera do wyświetlenia tylko jeden sygnał z jednego detektora.

Układ IC6 jest sterowany trójprzewodową szyną adresową z drugiej, cyfrowej płytki układu. Wyprowadzenie napięcia polaryzującego U_{ee} (k. 7 IC6) powinno być połączone z ujemnym napięciem zasilającym płytki analogowej.

Głównym elementem płytki cyfrowej jest matryca złożona z 80 diod LED. Na matrycę składa się osiem pionowych słupków odpowiadających ośmiu częstotliwościom środkowym filtrów środkowo-przepustowych. Każdy słupek jest zbudowany z dziesięciu LE-

Dów. Najniższy z nich zaświeci się przy minimalnej wartości amplitudy sygnału wydzielonej częstotliwości, zaś najwyższy - przy maksymalnej.

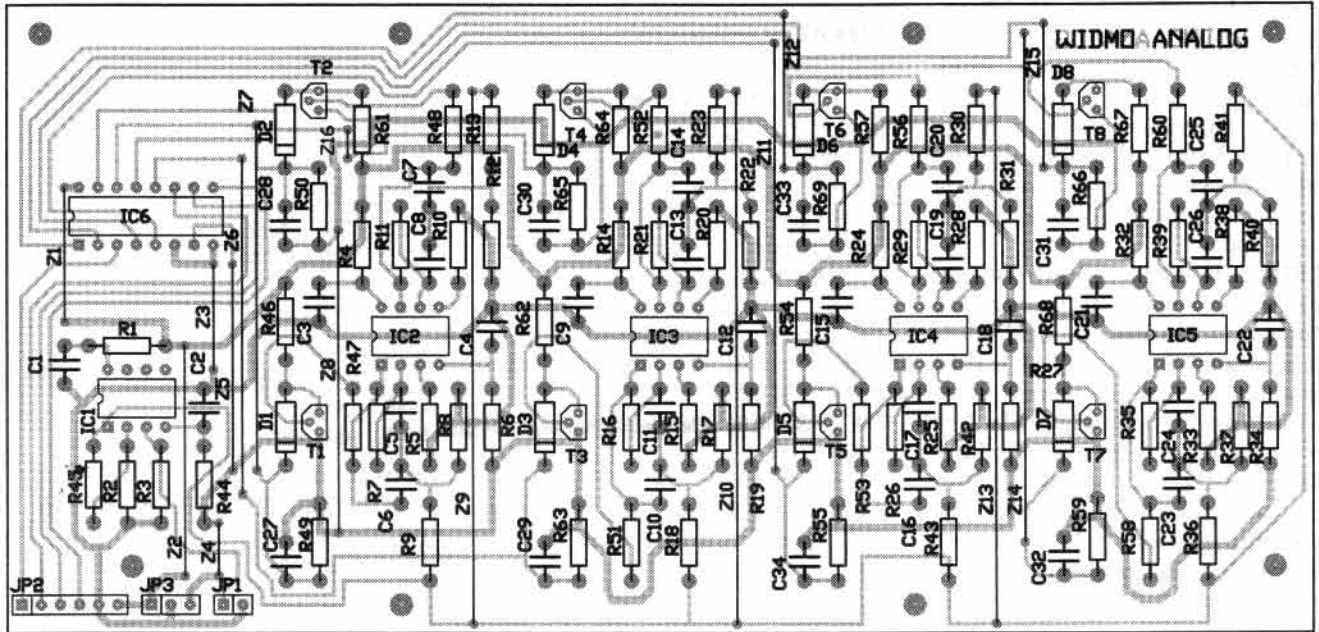
Zapalaniem diod steruje układ LM3916. Ten monolityczny układ scalony został skonstruowany specjalnie dla sterowania wskaźników LED, wyświetlaczy ciekłokrystalicznych i fluorescencyjnych tworzących dziesięciopunktową liniijkę świetlną. Zawiera precyzyjne źródło napięcia odniesienia, bufor sygnału wejściowego oraz wzmacniacze wyjściowe o ustawianej przez użytkownika wydajności prądowej.

W większości zastosowań dla prawidłowej pracy układu potrzeba tylko dwóch dodatkowych oporników. Na schemacie elektrycznym płytki cyfrowej (rysunek 2) są one oznaczone jako R72 i R73. Przy pomocy tych rezystorów ustawia się dwa parametry: napięcie odniesienia określające poziom sygnału wejściowego, przy którym zapalą się wszystkie diody oraz programowany prąd LEDów, który ma wpływ na jasność ich świecenia. Posługując się oznaczeniami przyjętymi na schemacie płytki cyfrowej, napięcie odniesienia można obliczyć korzystając ze wzoru:

$$U_{odn} = V_{ref} \left(1 + \frac{R73}{R72} \right) + I_{adj} \cdot R73$$

gdzie V_{ref} jest napięciem źródła odniesienia i wynosi 1,25V, zaś I_{adj} jest prądem wypływającym z końcówki 8 układu (najczęściej 80...120μA). Prąd świecenia diod jest ok. 10-krotnie większy od prądu wypływającego z końcówki 7 układu i zależy od sumy rezystancji R72 i R73. Oporniki zostały tak dobrane, aby napięcie odniesienia wynosiło 9V, a prąd płynący przez pojedynczą diodę wynosił około 10mA.

Dodatkową zaletą układu LM3916 jest możliwość zaprogramowania go do pracy w jednym z dwóch trybów: punktowym lub słupkowym. W trybie punktowym jest włączona zawsze tylko jedna dioda słupka, zaś pozostałe są wygaszone, natomiast w trybie słupkowym są włączone wszystkie LEDy, począwszy od diody najniższej aż po diodę oznaczającą aktualny poziom sygnału.



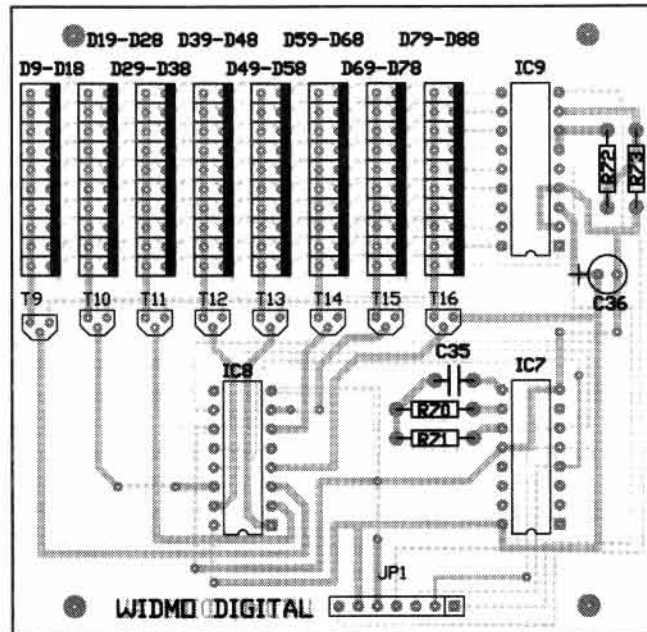
Rys. 3. Rozmieszczenie elementów na płytce analogowej

Przełączanie trybów odbywa się przez pozostawienie wejścia 9 niepodłączonego lub połączenie go z napięciem +12V.

Progi przełączania kolejnych diod w zależności od poziomu napięcia wejściowego są następujące: -20dB, -10dB, -7dB, -5dB, -3dB, -1dB, 0dB, +1dB, +2dB, +3dB.

Procesem multipleksowania diodowej matrycy wyświetlacza sterują układy IC7 i IC8. Pierwszy z nich pełni rolę zegara taktującego, którego sygnał po odpowiednich podziałach tworzy trzy sygnały adresowe A0...A2. Sygnały te sterują multiplekserem IC8, który poprzez wtórnik emiterowy T9...T16 przełącza kolejne słupki matrycy. Te same sygnały sterują synchronicznie działaniem analogowego multipleksera na płytce filtrów.

Kiedy zatem zostanie włączony kolejny słupek, sygnał z odpowiadającego mu filtru poprzez prostownik i multiplekser analogowy zostanie podany na wejście układu IC9 i na słupku zapali się sekwencja diod odpowiadająca poziomowi napięcia. Duża szybkość próbkowania kolejnych sygnałów i bezwładność oka sprawiają, że odnosi się wrażenie jednoczesnego świecenia wszystkich słupków. Oczywiście, wypadkowa jasność świecenia każdego elementu będzie osiem razy mniejsza niż gdyby świecił światłem ciągłym, ale pewne zwiększenie prądu LE-



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytce cyfrowej

Dów (do 30mA) sprawia, że świecenie diod jest dobrze widoczne nawet przy świetle dziennym.

Montaż

Rozmieszczenie elementów na płytce analogowej i płytce cyfrowej pokazano narysunkach 3 i 4. Mozaika ścieżek obu płytek jest przedstawiona na wkładce.

Ponieważ układy wszystkich filtrów pasmowych w części analogowej są zbudowane w ten sam sposób, dla uproszczenia schematu szczegółowo przedstawiono tylko jeden z nich, zastępując ukła-

dy pozostałych blokami narysowanymi linią przerywaną. W tabeli 1 wymieniono wartości wszystkich takich samych elementów filtrów pasmowych.

Montaż obydwu płytek należy tradycyjnie rozpocząć od elementów najmniejszych, takich jak zwory i rezystory, zaś zakończyć wlotowaniem układów scalonych. Szczególną uwagę należy poświęcić montażowi matrycy diodowej. Wydaje się, że do jej budowy najwłaściwsze będą LEDy prostokątne.

Elementy na płytce drukowa-

nej modułu cyfrowego rozmieszczono w ten sposób, że diody tworzą osiem położonych obok siebie słupków. Trzy najwyższe LEDy w każdym słupku mogą mieć inny kolor niż pozostałe; ich zapalenie wskazuje, że amplituda sygnału wejściowego przekroczyła poziom 0dB.

LEDy u podstawy plastikowego korpusu mają niewielki kołnierzyk. Należy go delikatnie spiłować, gdyż w przeciwnym wypadku diody nie zmieszczą się obok siebie. Dla uniknięcia podświetlania LEDów wyłączonych przez zapalone można rozdzielić poszczególne diody paskami nieprzezroczystego plastra lub papieru, choć nie jest to bezwzględnie konieczne. Każdą diodę należy wlutować oddzielnie zwracając uwagę na polaryzację. Po przylutowaniu jednego wyprowadzenia należy położenie diody tak skorygować, aby wraz z pozostałymi tworzyła prosty pionowy słupek. Przylutowanie drugiego wyprowadzenia praktycznie uniemożliwia przeprowadzenie takiej korekty.

Obie płytki należy połączyć taśmą sześcioprzewodową tak, aby kolejne styki gniazda JP2 płytki analogowej łączyły się z odpowiadającymi im stykami JP1 płytki cyfrowej. Styk JP1-7 służy do wyboru trybu pracy wyświetlacza.

Zasilanie doprowadza się do gniazda JP3. Potrzebne są dwa symetryczne napięcia zasilające +12V i -12V. Układ pobiera do 50mA ze źródła napięcia ujemnego i do 150mA (zależnie od ustawionego prądu LEDów) ze źródła napięcia dodatniego.

Do uruchomienia układu potrzebny jest generator sinusoidalnego sygnału akustycznego o regulowanej częstotliwości wyjściowej. Pomocny może się także okazać oscyloskop, ale wystarczy też zwykły przyrząd uniwersalny. Sygnał z generatora o amplitudzie 0,7Vpp należy dołączyć do gniazda JP1. Na wyjściu IC1A-1 powinien pojawić się sygnał sinusoidalny o amplitudzie ok. 2,1Vpp. Po ustawieniu na generatorze częstotliwości np. 920Hz na wyjściu IC4B-7 powinien pojawić się sygnał sinusoidalny, którego amplituda maksymalna wyniesie ok. 12Vpp w momencie, gdy częstotliwość generatora będzie równa

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1, R44, R47, R48, R51...R53, R56, R58, R60: 1kΩ
- R2, R3: 100kΩ
- R4, R6, R14, R19, R24, R27, R32, R34: 10Ω
- R5, R7, R10, R11, R15, R16, R20, R21, R25, R26, R28, R29, R33, R35, R38, R39: 560kΩ
- R8, R12, R17, R22, R31, R37, R40, R42, R46, R54, R57, R61, R62, R64, R67, R68: 10kΩ
- R9, R13, R18, R23, R30, R36, R41, R43: 47kΩ
- R45: 240kΩ
- R49, R50, R55, R59, R63, R65, R66, R69: 1MΩ
- R70: 56kΩ
- R71: 150kΩ
- R72: 2.2kΩ
- R73: 12kΩ

Kondensatory

- C1...C4, C9, C12, C15, C18, C21, C22, C31, C32: 100nF
- C5, C6: 15nF

- C7, C8: 47nF
- C10, C11: 4.7nF
- C13, C14: 8.2nF
- C16, C17, C35: 1nF
- C19, C20: 2.7nF
- C23, C24: 180pF
- C25, C26: 330pF
- C27, C28: 1μF, unipolarny
- C29: 470nF
- C30: 680nF
- C36: 10μF/16V
- C33: 220nF
- C34: 150nF

Półprzewodniki

- D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8: 1N4148
- D9...D88: LED
- IC1...IC5: TL062
- IC6: 4051
- IC7: 4060
- IC8: 4028
- IC9: LM3916
- T1...T8: BC559
- T9...T16: BC547

częstotliwości środkowej filtru. Na katodzie diody D6 napięcie stałe wyniesie 6V.

Na płycie cyfrowej, na nóżce 10 układu IC7, musi być obecny sygnał prostokątny o częstotliwości ok. 8kHz. Częstotliwość sygnału A2, mierzona na końcówce 6 tego samego układu, będzie wtedy większa od 50Hz. Podczas płynnej zmiany częstotliwości sygnału wejściowego powinno być obserwowane zapalenie i gaśnięcie kolejnych słupków. Po ustawieniu na generatorze częstotliwości środkowej jednego z filtrów i zwiększeniu amplitudy sygnału wejściowego do 1Vpp powinny zaświecić się wszystkie diody odpowiedniego słupka. Ewentualną korekcję można przeprowadzić dobierając wartość rezystora R45.

Ze względu na określoną dobroć filtrów świecenie najniższych segmentów sąsiednich słupków jest zjawiskiem naturalnym, także migotanie najwyższych segmentów słupków niskich częstotliwości nie świadczy o usterce.

Sygnał do układu powinien być doprowadzony przewodem ekranowanym. Jeżeli obie płytki nie będą montowane jako jeden pakiet, połączenie między stykami 1 gniazd JP1 i JP2 trzeba popro-

wadzić przewodem w ekranie.

Płytką cyfrową może być z powodzeniem wykorzystywana samodzielnie jako ośmiokanałowy wskaźnik napięć stałych. W takim przypadku wskazana jest wymiana układu LM3816 na układ LM3914, którego charakterystyka przełączania kolejnych segmentów jest liniowa.

Ryszard Szymaniak

Płytki drukowane oraz kompletne zestawy są dostępne w ofercie AVT (str. 97) jako kit o symbolu AVT-210.