

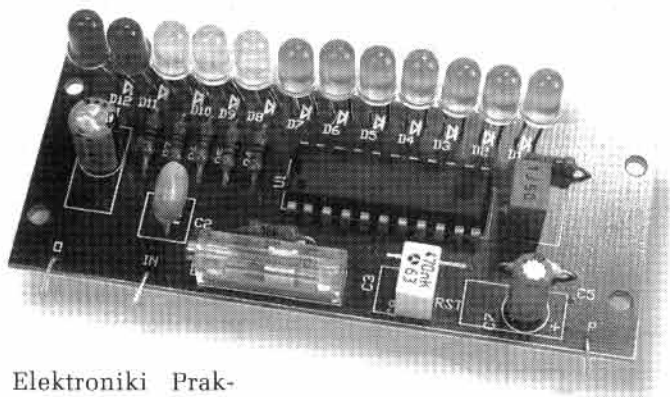
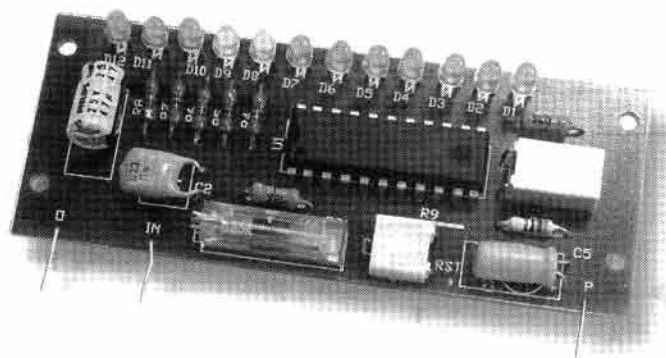
Wskaźnik wysterowania z funkcją *peak hold*

kit AVT-234

Wskaźnik wysterowania jest niezbędnym wyposażeniem każdego miksera czy magnetofonu. Często występuje we wzmacniaczach.

W artykule przedstawiono wskaźnik wysterowania z dwunastoma diodami LED, w którym wykorzystano układ scalony LB1412. Z pomocą tej kostki można w bardzo prosty sposób zrealizować użyteczną funkcję pamiętania wartości szczytowej (*peak hold*). Zaletą proponowanego rozwiązania jest prostota konstrukcji i mała liczba użytych elementów.

Artykuł zawiera również krótką analizę właściwości wskaźników wysterowania pod kątem specyficznych potrzeb sprzętu audio. Materiał ten pozwoli dokonać właściwego wyboru wskaźnika do danego zastosowania.



Na łamach Elektroniki Praktycznej przedstawiliśmy już kilka różnych wskaźników wykorzystujących linijkę diod LED. Obecnie, niewątpliwie najczęściej używane są do tego celu układy scalone rodziny LM391X, które dzięki przemyślanej budowie są rzeczywiście najbardziej uniwersalne. Jednakże w układzie wskaźnika wysterowania audio kostki te wymagają zewnętrznego prostownika, co nieco komplikuje konstrukcję. Istnieje także wiele typów wskaźników wysterowania, szczególnie produkcji firm dalekowschodnich, które mają taki prostownik „na pokładzie”. Niestety, są to zwykle sterowniki 5...7 diod, a taka liczba punktów świetlnych nie zapewnia dostatecznej rozdzielczości i, co również istotne, także efekt wizualny nie jest rewelacyjny.

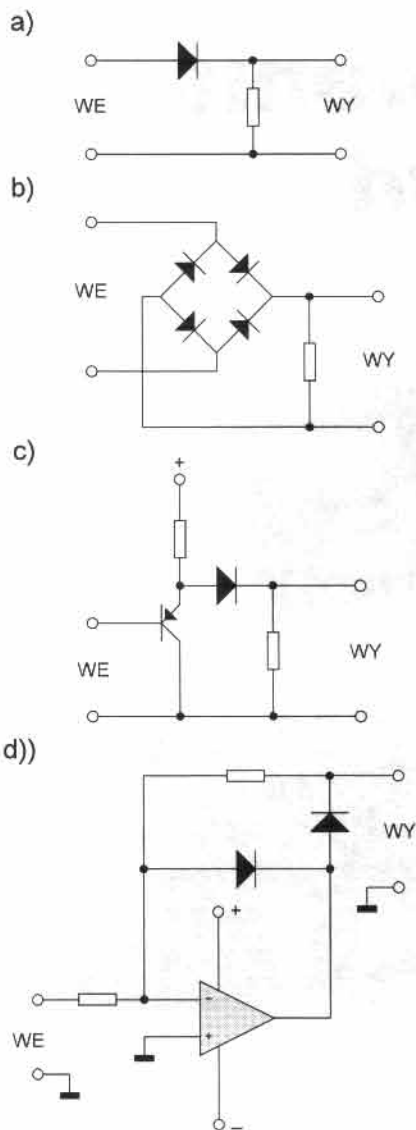
W ofercie firmy Sanyo znajduje się ciekawy układ, oznaczony LB1412, który jest sterownikiem dwunastu diod LED. Zawiera on prostownik i, co najciekawsze, wy-

posażony jest w obwody realizujące funkcję *peak hold*. Wskaźniki z funkcją *peak hold* można spotkać w magnetofonach wyższej klasy, w których umożliwiają precyzyjne dobranie optymalnego poziomu zapisu. Proponowany układ ma wiele istotnych zalet: bardzo łatwo go zmontować, a parametrami przewyższa większość amatorskich opracowań. Może być zastosowany w konstruowanej aparaturze audio, lub może też służyć jako wyposażenie uzupełniające w posiadanych urządzeniach.

Żeby w pełni docenić zalety funkcji *peak hold* warto przypomnieć sobie pewne wiadomości podstawowe dotyczące wskaźników.

Właściwości wskaźników wysterowania

Bieżąca kontrola poziomu przetwarzanego sygnału jest w elektroakustyce bardzo ważna. Pozwala



Rys. 1. Przykłady prostowników liniowych.

uniknąć przesterowania i wiążących się z tym zniekształceń. Tematyka wskaźników wysterowania wcale nie jest tak łatwa jak mogłoby się wydawać na pierwszy rzut oka.

W literaturze opisano wiele wskaźników wysterowania. Nie jest sztuką zrobić układ z mrugającymi, kolorowymi diodami. Niestety, często zapomina się o trzech istotnych problemach:

- dokładności prostownika przy małych poziomach sygnału,
- właściwościach dynamicznych (stałych czasowych narastania i opadania),
- charakterystyce wskazań (liniowa, logarytmiczna lub jeszcze inna).

Na początku wspomnijmy o prostowniku. Zastosowanie najprostszego prostownika diodowe-

go nie zapewnia wystarczającej dokładności przy małych sygnałach, ze względu na spadek napięcia na przewodzącej diodzie prostowniczej. Wykluczone są tu zwykle diody krzemowe, a niewiele lepsze są diody Schotky'ego - jedynie archaiczne diody germanowe dostatecznie nadają się do takich zastosowań. Dziś diod germanowych już nie stosuje się. Dla uzyskania dobrej liniowości, także przy małych sygnałach, stosuje się powszechnie prostowniki aktywne zawierające wzmacniacz operacyjny i diody lub tranzystory. Taki mniej więcej, aktywny prostownik występuje w omawianej kostce. Różne przykłady prostowników pokazano na rysunku 1.

Ściśle rzecz biorąc, powinniśmy tu wspomnieć także o przetworniku wartości skutecznej. Wiadomo, że parametry danego przebiegu, takie jak moc i napięcie charakteryzuje się w sposób wiarygodny podając jego wartość skuteczną, a nie wartość średnią czy szczytową. Na przykład w dokładnych miernikach natężenia dźwięku, zamiast prostowników liniowych, powinny być stosowane przetworniki wartości skutecznej. W sprzęcie audio nie jest wymagana tak duża dokładność i dlatego wykorzystuje się tu powszechnie prostowniki liniowe.

W zastosowaniach audio potrzebny jest jeszcze filtr zamieniający jednokierunkowe impulsy występujące na wyjściu prostownika na w miarę wygładzone napięcie stałe. W zależności od zastosowanego filtra otrzymamy układ:

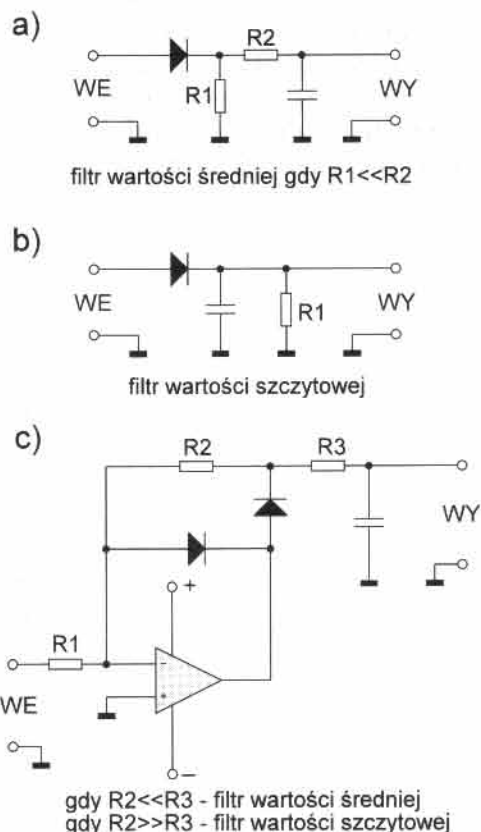
- wskaźnika wartości średniej przebiegu;
- wskaźnika wartości szczytowej przebiegu;
- wskaźnika o jeszcze innej charakterystyce.

Przy tego typu filtrach mówimy o czasie narastania i czasie opadania wskazań. Jeśli stała czasowa ładowania jest mniej więcej równa stałej czasowej rozładowania, to otrzymujemy wskaźnik wartości średniej. Gdy czas narastania jest dużo mniejszy od czasu opadania, to otrzy-

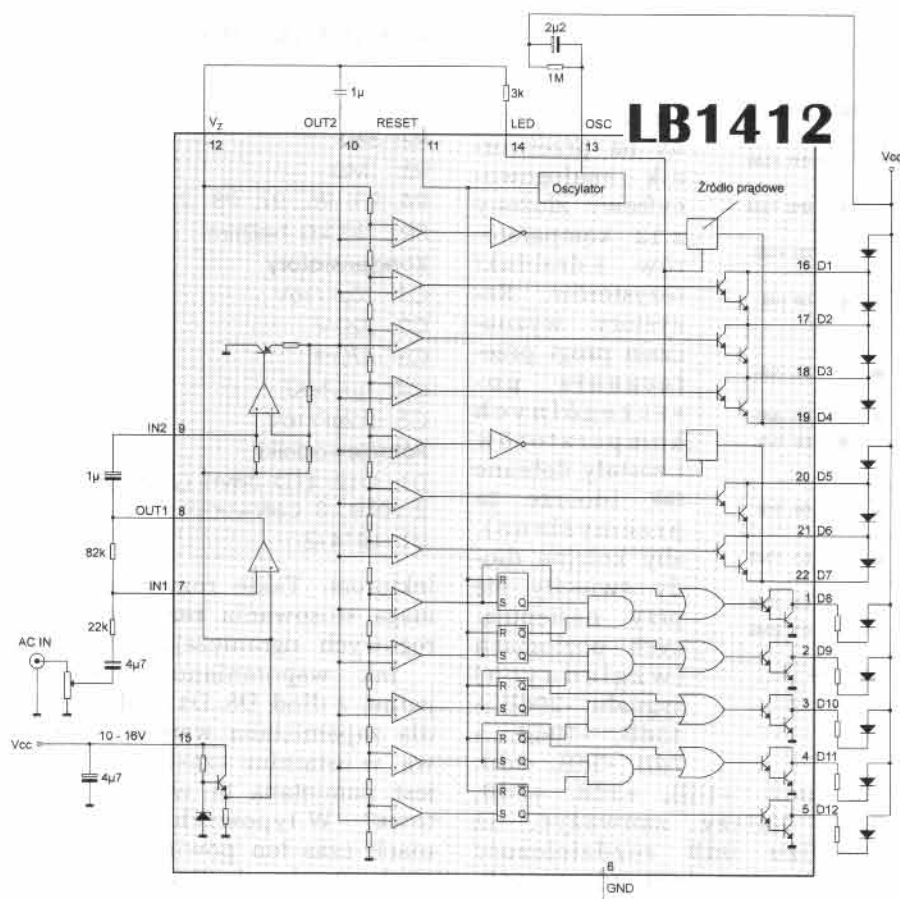
mujemy wskaźnik wartości szczytowej, który w istocie zapamiętuje wartości szczytowe. Oczywiście, efekt wizualny zależy od wartości stałych czasowych. Gdy są one rzędu sekund, to wskazanie zmienia się powoli, a gdy rzędu dziesiątek milisekund, wtedy zmiany są tak szybkie, że oko może nie zdążyć je rejestrować. Przykłady realizacji filtrów podano na rysunku 2.

Filtr wartości średniej o dużej stałej czasowej stosuje się jedynie w miernikach natężenia dźwięku (pozycja SLOW), dla określenia przeciętnego natężenia dźwięku (głośności). Trzeba mieć świadomość, że jego wskazanie nie nadąża za szybkimi zmianami poziomu sygnału. Dlatego w większości zastosowań audio, wskaźnik wartości średniej zupełnie nie spełnia wymagań stawianych wskaźnikom wysterowania - wcale nie informuje on o dużych, krótkich impulsach, które mogą przesterować tor akustyczny.

Okazuje się jednak, że przed laty opracowano szczegółowe wymagania, wręcz normy, dotyczące wskaźników dla sprzętu elektroakustycznego. Wskaźniki spełniające te wymagania nazywa się



Rys. 2. Przykłady filtrów.



Rys. 3. Uproszczony schemat układu scalonego LB1412.

VU-metrami. Wymagania dotyczą stałych czasowych narastania i opadania oraz charakterystyki wskazań, która jest zbliżona do liniowej, ale skalowana w jednostkach napięcia (ang. Voltage Units) w układzie logarytmicznym. „Prawdziwy” VU-metr powinien zawierać pełnookresowy prostownik i dość wolny, dwubiegunowy filtr uśredniający, zapewniający wskazanie 99% mierzonej wartości w czasie 300ms, z przerzutem 1...1,5%. VU-metry królowały w początkowym okresie rozwoju techniki audio. Obecnie, w związku z wprowadzeniem dynamicznych, cyfrowych urządzeń rejestrujących, VU-metry straciły swoje znaczenie. Z czasem okazało się, że „prawdziwy” VU-metr jest zbyt wolny - nie jest w stanie zobrazować szybkich zmian sygnału i szczytów wysterowania. Dlatego powszechnie stosuje się dziś „szybsze” wskaźniki, rejestrujące szybkie zmiany sygnału i krótkie impulsy - są to właściwie mierniki wartości szczytowej.

Z tego co powiedzieliśmy jednoznacznie wynika, że nie każdy wskaźnik wysterowania jest VU-

metrem. Mało tego, prawdziwego VU-metru nie znajdzie się dziś nawet ze świecą. Przyczajenie jednak pozostało i wskaźniki wysterowania audio nadal potocznie nazywa się VU-metrami.

Trzeba przypomnieć, że charakterystyka czułości ucha ludzkiego jest w przybliżeniu logarytmiczna. Dlatego w zasadzie charakterystyka wskaźnika wysterowania również powinna być logarytmiczna, żeby odzwierciedlała głośność zapisanego sygnału. Z kolei nośnik zapisu, na przykład taśma magnetofonu, wymaga dokładnego dobrania poziomu zapisu. Wskazuje to na zastosowanie wskaźnika liniowego, mającego dobrą rozdzielczość „w okolicach” poziomu maksymalnego. Wiadomo przecież, że na danej taśmie można zapisać bez zniekształceń sygnały o pewnej maksymalnej amplitudzie - taśma ma pewien liniowy zakres poziomu zapisu. Zapisywane sygnały powinny więc mieć wartość szczytową na granicy liniowości taśmy. Próba zapisu sygnałów o większej amplitudzie spowoduje powstanie zniekształceń. Ewentualny pomysł, że-

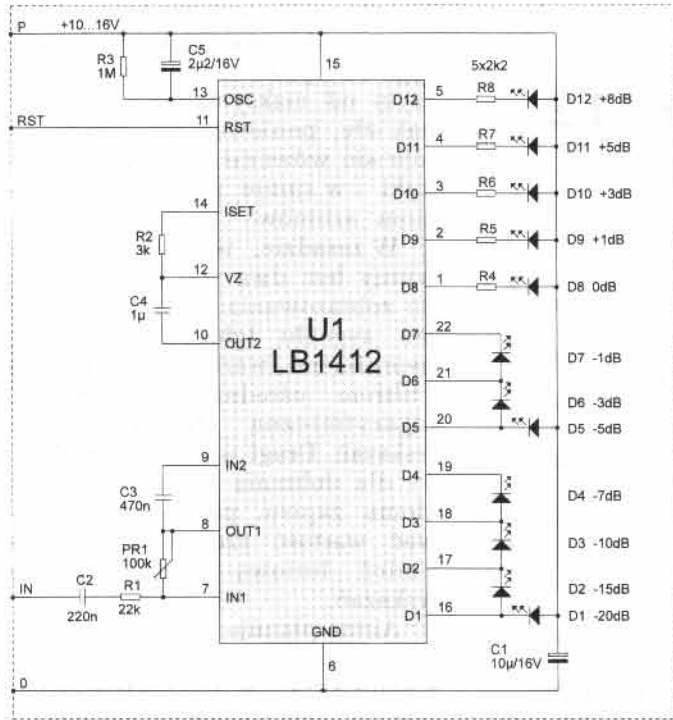
by dla uniknięcia zniekształceń, na wszelki wypadek zapisywać sygnał o poziomie znacznie niższym od maksymalnego jest jednak zły, ponieważ nie wykorzystuje się wówczas dostępnej dynamiki i w sumie zwiększa się poziom szumów.

W zasadzie, w urządzeniu powinny być dwa wskaźniki. Jeden do zobrazowania średniego poziomu sygnału (głośności), z przetwornikiem wartości skutecznej i filtrem uśredniającym, mający logarytmiczną charakterystykę wskazań. Drugi wskaźnik, potrzebny dla dobrania optymalnego poziomu zapisu, powinien pokazywać wartość szczytową sygnału i mieć liniową charakterystykę wskazań.

Autor planuje zastosowanie takich oddzielnych wskaźników wysterowania w projektowanym obecnie półprofesjonalnym mikserze. W typowym sprzęcie zazwyczaj stosowane są wskaźniki pojedyncze.

Dobry wskaźnik powinien mieć logarytmiczną charakterystykę wskazań dla sygnałów mniejszych od połowy (-6dB) umownie przyjętego poziomu nominalnego. Natomiast „w okolicach” 0dB charakterystyka powinna być rozciągnięta, dla uzyskania dużej dokładności. Dobrym przykładem układu o takiej charakterystyce jest kostka LM3916, w której progi zaświecania poszczególnych diod dobrano właśnie według podanej zasady. Podobnie jest w opisanym tu kostce LB1412. Czy jednak można jakoś połączyć dwie opisane wcześniej funkcje miernika wartości średniej i wartości szczytowej w jednym wskaźniku? Można, choć nie w sposób doskonały. Robi się to właśnie we wskaźnikach z funkcją peak hold. Są to w zasadzie dość szybkie wskaźniki wartości szczytowej, które pracują jak typowa linijka świetlna. Dzięki niewielkim czasom narastania i opadania, ich wskazanie daje informację o średnim poziomie nagrania.

Określenie peak hold można przetłumaczyć jako podtrzymywanie wartości szczytowej. Chodzi o to, żeby wskaźnik niejako zapamiętywał i pokazywał wartości szczytowe. Układ musi więc zawierać jakieś obwody pamiętające, pod-



Rys. 4. Schemat modułu AVT-234.

trzymujące świecenie „najwyższej” diody po zmniejszeniu się sygnału. Przy sterowaniu diodami LED sprawa jest względnie prosta, bowiem stosuje się po prostu przetrzutniki (znane z techniki cyfrowej) ustawiane i zerowane w zależności od chwilowego poziomu sygnału.

Opis układu LB1412

Schemat układu przedstawiono na rysunku 3. Kostka zawiera wewnętrzny stabilizator napięcia odniesienia, potrzebny do właściwej pracy stopni analogowych. Napięcie odniesienia dostępne jest na nóżce nr 12. Część analogowa zawiera dwa wzmacniacze operacyjne, z których pierwszy wykorzystuje się w typowej konfiguracji odwracającej do uzyskania właściwej czułości wskaźnika. Drugi wzmacniacz operacyjny, współpracujący z tranzystorem, tworzy prostownik liniowy. Zastosowanie prostownika liniowego pozwala zachować dużą dokładność także przy małych sygnałach wejściowych, przy których najprostszy prostownik okazałby się nieprzydatny z uwagi na spadki napięcia na diodach. Kondensator dołączony do nóżki 10 stanowi element filtru. Charakterystykę tego filtru określają wewnętrzne rezystory. W sumie, charakterystyka jest zbliżona do charakterystyki

filtru wartości szczytowej.

Sygnal po filtracji jest podany na przetwornik analogowo-cyfrowy złożony z 12 komparatorów i drabinki rezystorów. Rezystory wyznaczają progi przełączania poszczególnych komparatorów i zostały dobrane tak (dobrze to przemyślano), aby kolejne diody świeciły się przy następujących poziomach (względnych) sygnału: -20dB, -15dB, -10dB, -7dB, -5dB, -3dB,

-1dB, 0dB, +1dB, +3dB, +5dB, +8dB. Należy zauważyć, iż w pobliżu 0dB rozdzielczość wskaźnika jest duża, równa 1dB, co pozwala dokładnie ustawić poziom nominalny. Zwraca uwagę zakres przesterowania równy +8dB, co umożliwi zobrazowanie wartości szczytowych sygnału, prawie trzykrotnie większych od poziomu nominalnego.

Diody świecące podzielono na trzy grupy. Grupy diod D1..D4 i D5..D7 pracują w typowym układzie linijki świetlnej (a nie biegnącej punktu świetlnego) i są sterowane przy pomocy dwóch źródeł prądowych i tranzystorów zwierających poszczególne diody. Zastosowanie takiego rozwiązania pozwala znacznie zmniejszyć prąd pobierany przez te diody. Prąd diod ustalany jest przez rezystor włączony między napięcie odniesienia (n. 12) a nóżkę 14.

Pozostałe pięć diod współpracuje z układami logicznymi realizującymi funkcję peak hold. Tu nie można już dla oszczędności prądu połączyć szeregowo diod i sterowanie odbywa się przy pomocy tranzystorów w układzie Darlingtona z otwartym ko-

WYKAZ ELEMENTÓW:

Rezystory

- R1: 22kΩ
- R2: 3kΩ
- R3: 1MΩ
- R4, R5, R6, R7, R8: 2.2kΩ
- PR1: 100kΩ hellitrim

Kondensatory

- C1: 10µF/16V
- C2: 220nF
- C3: 470nF
- C4: 1µF/MKT
- C5: 2,2µF/16V

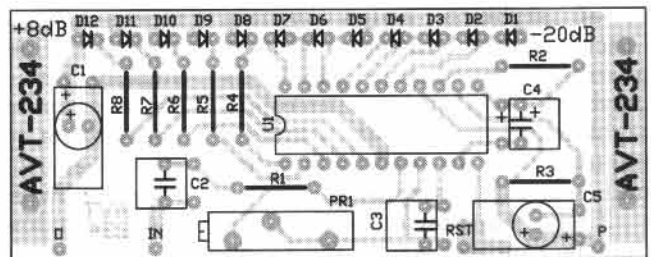
Półprzewodniki

- D1...D12: LED 3mm (7 zielonych, 2 żółte, 3 czerwone)
- U1: LB1412

lektorem. Takie rozwiązanie wymaga stosowania rezystorów szeregowych ograniczających prąd.

Jak wspomniano, wskazanie jednej z diod D8..D12 odzwierciedla zapamiętaną wartość szczytową w ostatnim czasie. Jak długo jest pamiętana ta wartość szczytowa? W typowych zastosowaniach czas ten powinien wynosić około 2 sekund. Decyduje o tym stała czasowa wbudowanego oscylatora, określona wartościami zewnętrznych elementów RC dołączonych do końcówki 13. Możliwe jest także zerowanie ręczne, przez zwarcie do masy końcówki Reset (n. 11). W tym przypadku (bez elementów RC oscylatora) można sprawdzić, jaki największy chwilowy poziom wystąpił w czasie całej audycji.

W tab.1 podano istotne parametry kostki LB1412. Warto też wiedzieć, że do zaświecenia diody nr 8, która wskazuje poziom nominalny 0dB, należy podać napięcie około -0,55V (-0,465... -0,625) między wejście prostownika (n.9), a napięcie odniesienia (n.12). Znajomość tego napięcia pozwoli dobrać wzmocnienie wstępnego wzmacniacza, stosownie do potrzeb.



Rys. 5. Schemat montażowy.

Tab. 1. Parametry układu LB1412

Zakres napięć zasilania: 10...16V
Spoczynkowy prąd zasilania (LED wygaszone): typ. 9mA max 15mA
Zakres temperatur pracy: -30...+75°C
Dopuszczalna moc strat ($T_a=60^\circ\text{C}$): 650mW
Napięcie odniesienia (n.12): typ. 6,3V (5,6...6,8V)
Maksymalny prąd diod LED: 30mA
Wejściowy prąd polaryzacji wzm. op. (n.7): typ. -0,2 μA (max -3 μA)
Rezystancja wejściowa prostownika (n.9): typ. 12k Ω (8...16k Ω)
Wzmocnienie prostownika: typ. 2 (+6dB)

Układ umieszczony jest w rzadko spotykanej 22-nóżkowej obudowie DIL o standardowym rozstawie 2,54mm, i nietypowym odstępem między rzędami nóżek równym 10mm.

Opis modułu wskaźnika

Schemat ideowy modułu AVT-234 jest pokazany na **rysunku 4**. Jest to w zasadzie aplikacja firmowa, zmieniono jedynie nieco obwody wzmacniacza wstępnego. Zastosowanie wieloobrotowego potencjometru montażowego pozwala ustawić czułość wskaźnika w bardzo szerokich granicach.

Wartości elementów podane na schemacie ideowym nie są krytyczne. Rezystory R2 oraz R4..R8, ustalające prąd diod, można dobrać stosownie do potrzeb. Warto też przekonać się, jak na działanie wskaźnika wpływają elementy C4 (stałe czasowe filtru) i C5 (czas pamiętania wartości szczytowej).

Montaż i uruchomienie

Widok płytki drukowanej pokazano na **rysunku 5**. Montaż elementów można przeprowadzić w dowolnej kolejności. Układ scalony wykonany jest w technologii bipolarnej i nie wymaga specjalnych środków ostrożności. Jeśli ktoś chciałby zastosować podstawkę, musi przeciąć wzdłuż typową podstawkę o rozstawie rzędów 7,5mm i włutować obie części oddzielnie.

Jak widać, przewidziano różne możliwości wlotowania kondensatorów. Można je montować w klasyczny sposób - na stojąco, ale w zastosowaniach, w których wymagana jest płytka zajmująca jak najmniej miejsca, można je montować na leżąco. Wtedy całkowita wysokość płytki nie przekracza 9mm i można ją umieścić płasko

tuż pod płytą czołową.

Diody mogą być wlotowane wprost w płytkę. Można też wygiąć wyprowadzenia diod o 90° i umieścić moduł pionowo.

Modele pokazane na fotografiach mają nieco inny opis płytki, niż pokazano na **rysunku 5**. Przy montażu diod należy zwrócić uwagę, że kierunek wlotowania diod D1..D7 jest inny niż diod D8..D12.

Moduł zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchamiania i powinien od razu pracować poprawnie. Należy jedynie, za pomocą potencjometru wieloobrotowego PR1, ustawić potrzebną czułość wskaźnika. W tym celu należy podać na punkt IN napięcie zmienne odpowiadające założonemu poziomowi 0dB, a następnie pokręcając helitrimem PR1 doprowadzić do zaświecenia diody D8.

W przypadku wskaźnika stereofonicznego należy zastosować dwa moduły AVT-234 i przeprowadzić regulację czułości, podając ten sam sygnał na wejścia obu modułów.

Piotr Górecki, AVT