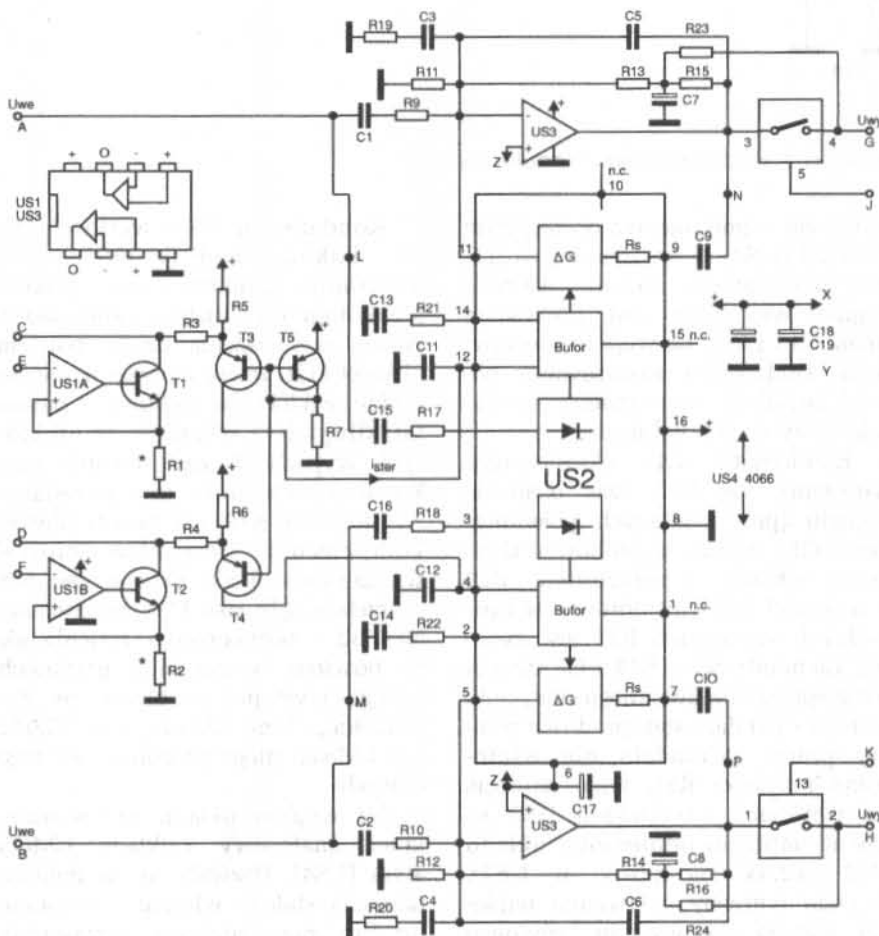
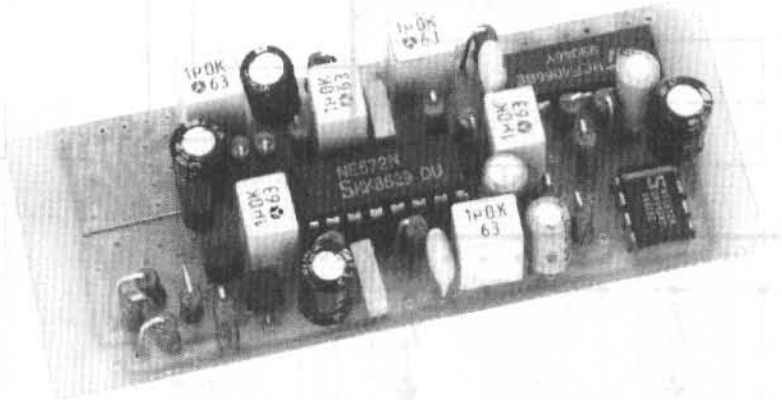


W drugiej części artykułu przedstawiamy praktyczne wykorzystanie układu NE572. Opisane rozwiązanie pozwala wykonać dwa niezależne tory kompresora, ekspandora lub układu ARW, w dowolnej konfiguracji.

Kolejnym „klockiem” audio w naszym piśmie będzie moduł 9-punktowego equalizera.

Uniwersalny komparator audio, część 2

kit AVT-180

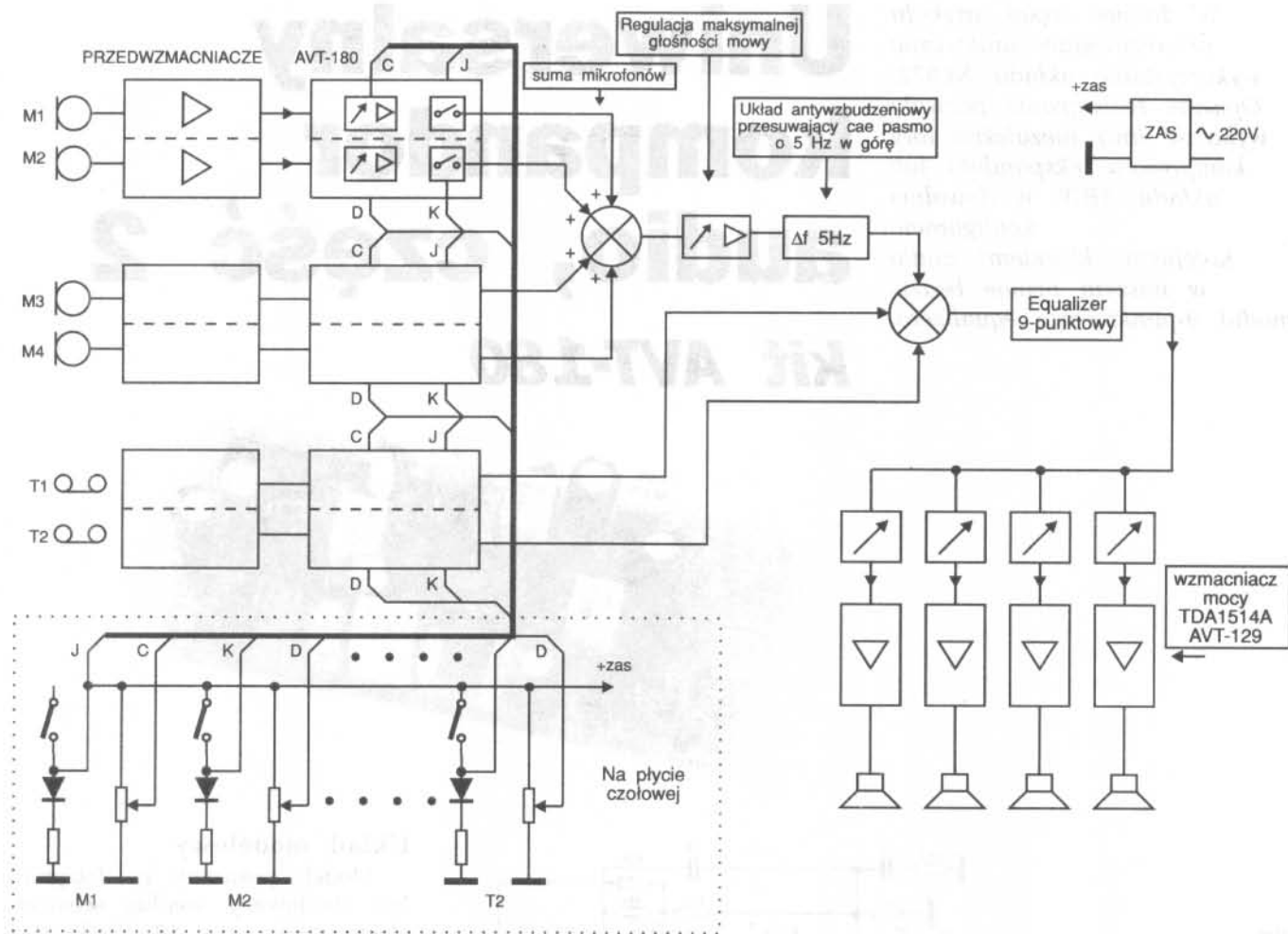


Rys. 10. Schemat elektryczny komparatora

Układ modelowy

Model, pokazany na fotografii, jest zbudowany według schematu elektrycznego z rys. 10. Płytkę drukowaną jest zaprojektowana w sposób uniwersalny i pozwala - w zależności od potrzeb - wykonać w dowolnej kombinacji dwa tory ekspandora, kompresora lub ARW. W wersji podstawowej moduł ma jednak ściśle określone przeznaczenie. Przewidziany jest do pracy w torze mikrofonowym systemu nagłośnieniowego, którego schemat blokowy pokazano na rys. 11. Autor w ciągu kilku lat wielokrotnie wypróbował praktyczną przydatność układu. Okazało się, że w wielu przypadkach takie rozwiązanie jest dużo lepsze niż użycie klasycznego miksera. W większości tanich mikserów stosuje się potencjometry suwakowe niskiej jakości; po pewnym czasie zaczynają one „trzeszczeć”. Drugim problemem jest przenikanie sygnałów radiowych (szczególnie CB) do torów mikrofonowych. Jeżeli wszystkie regulacje są przeprowadzane za pomocą napięcia stałego, zdecydowanie łatwiej jest opanować wymienione problemy.

Nasz moduł w systemie nagłośnienia pełni rolę wzmacniacza sterowanego napięciem stałym oraz



Rys. 11. Schemat blokowy systemu nagłośnienia z wykorzystaniem modułu AVT-180

ogranicznika amplitudy. Najistotniejszą cechą modułu jest jego zdolność do utrzymywania stałego poziomu sygnału wyjściowego niezależnie od tego, czy mówca oddalony jest o 3 czy 30cm od mikrofonu. W realnych warunkach należy ustawić takie maksymalne wzmocnienie, przy którym układ jeszcze się nie wzbuja; układ w czasie pracy nie wymaga żadnej regulacji - pełni funkcję „autopilota”, a obsługa... może spokojnie wypić piwo. Płytkę drukowaną z rysunku na wkładce przewidziana jest właśnie dla tej proponowanej wersji.

Szczegółowy opis modułu

Spośród dwóch jednakowych torów omówimy działanie tego, który ma nieparzystą numerację elementów. Moduł przeznaczony jest do zasilania pojedynczym napięciem 10...18V (typ. 10...11V), ograniczonym dopuszczalnym napięciem układu CMOS 4066. Układ scalony NE572 (US2) współpracuje z nisko-

szumnym wzmacniaczem operacyjnym NE5532 (US3) w omówionej wcześniej konfiguracji układu ARW - sygnał wejściowy jest podawany przez C15 i R17 na wejście prostownika. Dodatkowo zastosowano obwód regulacji wzmocnienia o charakterystyce wykładniczej.

Kondensator C11 określa czas narastania, zaś C13 czas opadania sygnału (przy większych pojemnościach C13 można wypróbować działanie układu z rezystorem R21 o wartości kilkuset omów - w normalnych warunkach R21 jest zwarty). Elementy R13, R15 i C7 tworzą pętlę sprzężenia zwrotnego dla prądu stałego - ustalają stałoprądowe punkty pracy. W modelu nie wlutowano rezystora R11, więc napięcia na wejściach i wyjściach US3 są równe napięciu odniesienia układu US2 (+2,5V na nóżce 6 US2). W razie potrzeby ustawienia napięcia stałego na wyjściu, równego połowie napięcia zasilającego, trzeba dobrać odpowiednio wartość R11.

Kondensator C5 o wartości kilku - kilkunastu pF (w modelu nie stosowany) ogranicza pasmo przeniesienia toru. Przy małym wzmocnieniu pasmo przeniesienia osiąga bowiem kilkaset kHz, zatem z uwagi na ewentualne zakłócenia radiowe z pasma fal długich i średnich w niektórych wypadkach zastosowanie tego kondensatora może być pożądane.

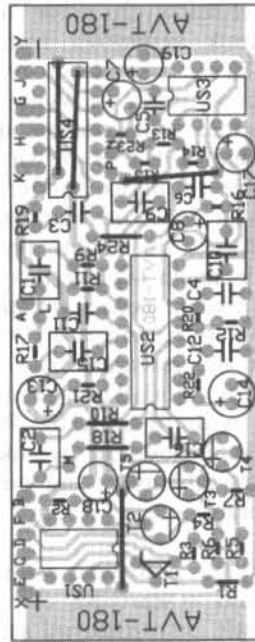
Elementy R19, C3 tworzą obwód kompensacji częstotliwościowej wzmacniacza US3. Obwód ten jest potrzebny, gdy jako US3 zastosujemy NE5532 - wzmocnienie zmienia się tu bowiem w szerokich granicach i mogą wystąpić problemy ze stabilnością. Inne układy, np. TL072 czy LM833, mogą pracować bez tego obwodu.

Na wyjściu układu zastosowano klucz analogowy z układu CMOS 4066 (US4). Pozwala to za pomocą napięcia stałego włączać i wyłączać tor (np. przy zdalnym sterowaniu). Rezystor R23 zapobiega stukom przy przełączaniu - zapewnia to samo

napięcie stałe na wyjściu przy otwartym i zamkniętym kluczu US4. Trzeba zaznaczyć, że działa to prawidłowo tylko przy braku R11 - napięcia we wszystkich punktach charakterystycznych wynoszą wtedy bowiem +2,5V. Gdy zastosujemy R11, należy zamiast R23 włączyć obwód analogiczny do tego, jaki tworzą R13, R15, C7 (na płytce nie przewidziano miejsca), lub zrezygnować z kluczy US4.

Sam układ ARW nie wystarcza do praktycznych zastosowań w sprzęcie nagłaśniającym, bowiem przy braku sygnału na wejściu wzmocnienie wzrasta, co doprowadziłoby do wzbudzenia. Konieczne jest zatem wprowadzenie obwodu ręcznej regulacji wzmocnienia maksymalnego. Realizuje to układ zwierciadła prądowego z tranzystorami T3 i T5. Napięcie między bazą a emitern tranzystora T5 jest wyznaczone wartością prądu płynącego przez R7. Z kolei napięcie między bazą a emiternem T3 jest mniejsze o wartość spadku napięcia na rezystorze R5. Związane to jest liniowo z napięciem na wejściu sterującym (punkt C). Wiemy, że prąd kolektora tranzystora bipolarnego jest wykładniczą funkcją napięcia UBE. Tak więc liniowe zmiany napięcia w punkcie C wywołują wykładnicze zmiany prądu kolektora T3, duży wpływ ma też temperatura. Ponieważ oba tranzystory mają zbliżoną temperaturę, więc w tym zastosowaniu prąd sterujący jest wystarczająco stabilny w funkcji temperatury.

Układ scalony US1 i tranzystor T1 (w modelu nie zamontowane) dają dodatkowo możliwość prawdziwie zdalnego sterowania. O ile bowiem do punktów C i D można dołączyć potencjometry wg rys. 11 (może to być zdalne sterowanie przewodowe), to punkty E i F mogą współpracować z wysokoomowymi wyjściami układów scalonych zdalnego sterowania. Należy wówczas zewrzeć lub zmniejszyć wartość R3 i R4 oraz dobrać R1 i R2 w zależności od maksymalnego napięcia na wejściach E i F. Jako US1 koniecznie trzeba wtedy zastosować wzmacniacz operacyjny, który ma zakres napięć wejściowych sięgający aż do ujemnego napięcia zasilania (np. LM358); nie nadają się tu jednak np. popularne TL082. Przy wejściowym napięciu sterującym (w punkcie E) równym zero



Rys. 12. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

wzmocnienie ma najmniejszą wartość i zwiększa się wraz ze wzrostem napięcia sterującego.

Prąd sterujący jest doprowadzony do nóżki 12 - punktu dołączenia kondensatora narastania C11. Równie dobrze prąd sterujący mógłby wpływać do końcówki 14 (dołączony kondensator opadania C13) lub 13 (wejście prostownika). Podane w wykazie wartości elementów obliczone są dla napięcia zasilania +10V, przewidziano bowiem także możliwość zastosowania układu w warunkach polowych - przy zasilaniu z akumulatora 12V. Dla innych napięć należy odpowiednio zmienić wartości rezystorów R3 i R7. W licznych egzemplarzach wykonanych przez autora zakres regulacji wynosił ok. -15dB...+32dB. Nie należy stosować wzmocnienia znacznie większego od podanej wartości trzydziestu kilku decybeli (przez zmniejszenie R3, czyli stosowanie bardzo małych prądów sterujących), ponieważ pasmo zostanie wtedy niedopuszczalnie obcięte od góry. Dotyczy to sytuacji z układami US3 TL072. Stosując kostki NE5532 uzyskuje się nieco lepsze parametry i można zakres regulacji nieco rozszerzyć. Regulacja w zakresie ponad 40dB w dotychczasowych zastosowaniach okazała się zupełnie wystarczająca.

Wzmocnienie minimalne wyznaczone jest przez największy dopuszczalny prąd sterujący (300µA). Zauważmy, że na ten maksymalny prąd składa

się zarówno prąd sterujący kolektora T3, jak i prąd wynikający z wyprostowania sygnału wejściowego - gdy suma tych prądów w czasie pracy przekroczy 300µA, wtedy w sygnale wyjściowym pojawią się ogromne zniekształcenia.

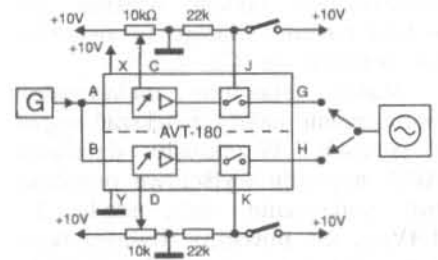
Trzeba tu podkreślić, że nie możemy całkowicie wyciszyć sygnału w torze za pomocą prądu sterującego. Do całkowitego wyciszenia służy wyjściowy klucz analogowy US4 - jest to więc zupełnie inna koncepcja, niż w mikserach; nasza regulacja przypomina raczej działanie potencjometru GAIN w konsoli mikserskiej. Gdy konieczna jest płynna regulacja „do zera”, należy zastosować opisany w EP 4/94 procesor dźwięku na układzie TDA4292.

Montaż i uruchomienie

Rysunek 12 przedstawia schemat montażowy płytki drukowanej. W pierwszej kolejności należy wykonać cztery zwory. Pod stosunkowo drogie układy US2 i US3 przewidziano podstawki - układy te można będzie w razie potrzeby przełożyć do innych płytek. Elementy na płytce upakowane są dość ciasno, dobrze byłoby więc wstępnie złożyć cały układ „na sucho” - bez lutowania. Gotowy, polutowany moduł należy sprawdzić w układzie według rysunku 13 - potrzebne będą zasilacz, generator (1kHz) i oscyloskop. Autor przy opracowaniu układu miał okazję skorzystać ze wspólnego analizatora sieci Hewlett Packard HP 3577; do sprawdzenia układu modelowego użyto oscyloskopu C1-131 i generatora GRN-3 litewskiej firmy Rimeda.

Prąd zasilania nie powinien przekroczyć wartości 20mA - w egzemplarzu modelowym pobór prądu bez sygnału wejściowego wyniósł 14mA, z sygnałem wejściowym o wartości 10Vpp - 17mA.

Dobrze zmontowany układ od razu działa poprawnie i nie wymaga



Rys. 13. Układ do sprawdzania modułu

dotychczasowych regulacji. W razie kłopotów należy przede wszystkim sprawdzić napięcia stałe na nóżkach układu US3 - na wejściach i wyjściach powinno występować napięcie +2,5V.

Konieczne należy sprawdzić jego podstawowe parametry układu dla częstotliwości 1kHz. Na początku trzeba ustawić potencjometry na minimum wzmocnienia (suwaki zwarte do plusa zasilania) i sprawdzić wzmocnienie minimalne (a właściwie osłabienie) obu torów. Powinno ono dla sygnałów wejściowych o wartości od kilkadziesiątu do kilkuset mVpp wynosić 0,16...0,25 (-16...-12dB). Ewentualną korekcję można przeprowadzić zmieniając wartość R7.

Następnie należy ustawić wzmocnienie maksymalne (suwaki potencjometrów zwarte do masy). Wzmocnienie maksymalne należy sprawdzić przy napięciu wejściowym nie większym niż 15...20mVpp, przy większym napięciu wejściowym nastąpi ograniczanie i uzyskamy fałszywy wynik. Wzmocnienie maksymalne powinno wynosić 30...45 razy (+30...+33dB). Gdyby było ono mniejsze, można nieco zmniejszyć R3 (R4).

Różnica wzmocnienia obu kanałów na poziomie 1...3dB nie gra żadnej roli; jeśli wzmacniane będą sygnały z mikrofonów monofonicznych, wzmocnienie i tak reguluje się niezależnie oddzielnymi potencjometrami. W rzadkich przypadkach, gdyby wymagana była ścisła współbieżność kanałów należy dobrać egzemplarze tranzystorów lub wartości rezystorów R3...R7.

Przy ustawionym wzmocnieniu maksymalnym i małym sygnale wejściowym można, choć nie jest to niezbędne, sprawdzić pasmo przenoszenia. Dla mniejszych wartości wzmocnienia pasmo poszerza się i osiąga wartości do 1MHz. Może się zdarzyć, że wzmocnienie poza pasmem akustycznym będzie większe niż w tym pasmie, dlatego pozostawiono miejsce na C5, C6.

Mając ustawione maksymalne wzmocnienie należy zwiększać sygnał wejściowy. W zakresie działania ARW napięcie wyjściowe powinno być praktycznie stałe, rzędu 1...1,4Vpp, nie powinny również wystąpić widoczne zniekształcenia nieliniowe. W modelu, przy częstotliwości 1kHz, dla wszystkich wartości

napięć wejściowych autor uzyskał współczynnik zawartości harmonicznyc 0,35%, co dla tego typu układu należy uznać za wynik dobry. Należy jednak sobie zdawać sprawę, że w dynamicznych warunkach pracy kompresora lub ekspandora wystąpią pewne dodatkowe zniekształcenia wynikające ze stanów przejściowych. Między innymi w takt zmian poziomu sygnału będzie zmieniać się napięcie stałe na wyjściu (DC level shift), co jest równoznaczne z pojawieniem się dodatkowych składowych w widmie sygnału. Według danych katalogowych, w układzie ekspandera zmiany te nie powinny nigdy przekroczyć $\pm 50\text{mV}$ (typ. $\pm 20\text{mV}$).

Układ ma pracować poprawnie z sygnałami o wartości do ponad 10Vpp, czyli „mieszczącymi się” między masą a plusem zasilania. Napięcie wyjściowe nie powinno przy tym przekroczyć 1,4Vpp.

Parametry szumowe najlepiej jest tu oceniać „na słuch”. Praktycznie wszystko zależy od poziomu szumów własnych zastosowanego wstępnego wzmacniacza mikrofonowego. Natomiast w układzie ekspandora powinno się udać osiągnięcie dynamiki całkowitej 90...100dB.

Jak wspomniano, płytkę można w prosty sposób wykorzystać do budowy kompresora lub ekspandora. Kompresor powstanie w prosty sposób - wystarczy przeciąć ścieżki między wejściem a punktem L i połączyć punkty L i N.

Ekspandor wymaga nieco więcej zmian. Nie należy montować C1, R9, R13, R15, C7. Trzeba przeciąć ścieżkę między R15 a punktem N (w drugim torze między R16 a C6). Kondensator C9 (C10) należy dołączyć do wejścia, czyli punktu L (M) - można wykorzystać wolne oczko lutownicze R15 (R16). Przy sygnałach wejściowych większych niż 1,9Vpp konieczne będą dodatkowe rezystory włączone w szereg z C9 i C10 - wlotujemy je w miejsce R15 i R16. W układzie ekspandora najprawdopodobniej trzeba będzie zastosować R11 (R12); usuniemy wtedy z konieczności R23 i US4.

W takich układach nie trzeba będzie montować US1 i tranzystorów, potrzebny jednak pewnie będzie pojedynczy rezystor ograniczający wzmocnienie, wlotowany zamiast R5 i T3.

Autor zachęca do eksperymental-

nego dobrania wartości C11-C14 (oraz R21, R22) - trzeba dobrać, w zależności od warunków, odpowiednie stałe czasowe. Przy zwiększonych wartościach pojemności wymienionych kondensatorów mogą występować znaczne szpilki prądu ładowania, dlatego należy zadbać o odpowiednio małą impedancję źródła zasilania.

Kto chciałby zastosować komparator jako układ dbx w magnetofonie, powinien we własnym zakresie opracować system przełączania kompresor/ekspandor; najprostszym nasuwającym się rozwiązaniem jest wykorzystanie analogowych kluczy 4066.

Piotr Górecki, AVT

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2: dobierane
R3, R4: 12k Ω
R5, R6: 200 Ω
R7: 62k Ω
R9, R10, R17, R18: 27k Ω
R13...R16: 10...22k Ω
R19, R20: 270 Ω
R21, R22: 0 Ω (zwora)
R23, R24: 100k Ω ...1M Ω

Kondensatory

C1, C2, C9, C10, C15, C16: 1 μF
C3, C4: 2,2nF
C7, C8, C13, C14, C17: 10 μF
C11, C12: 100nF
C18, C19: 22...100 μF

Półprzewodniki

T3...T5: dowolne PNP np. BC558
US2: NE572
US3: NE5532 lub TL072
US4: CMOS 4066