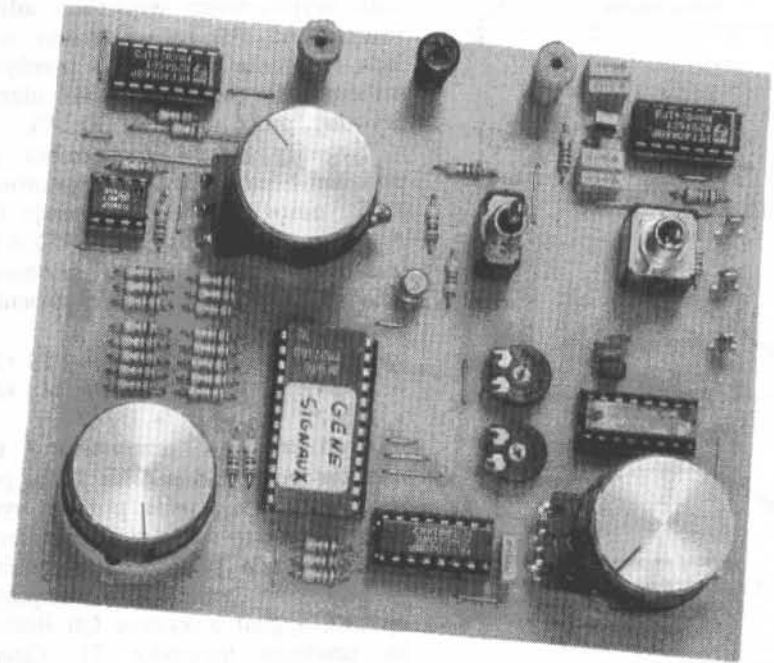


Generator zaprogramowanych sygnałów

Jeżeli pamięć typu EPROM może przechowywać informacje wykorzystywane przez komputer, to może również zawierać sygnały o bardzo zróżnicowanych formach - taka była myśl przewodnia towarzysząca powstawaniu prezentowanego układu. W oparciu o kształty pięciu podstawowych przebiegów generator ten umożliwia, przy zastosowaniu kilku dodatkowych rozwiązań, uzyskanie 15 różnych sygnałów w zakresie częstotliwości 20Hz...20kHz.



Schemat blokowy

Przedstawiony na **rysunku 1** schemat blokowy zawiera generator sterowany napięciem (VCO), którego częstotliwość jest 64-krotnie wyższa od częstotliwości sygnału wyjściowego i zależy od położenia suwaka potencjometru P1. Generator ten steruje licznik binarny, którego pięć wyjść służy do adresowania pamięci. Zaadresowane 8-bitowe dane są podawane na przetwornik C/A. 5 innych wejść adresowych pamięci, o stanach wy-

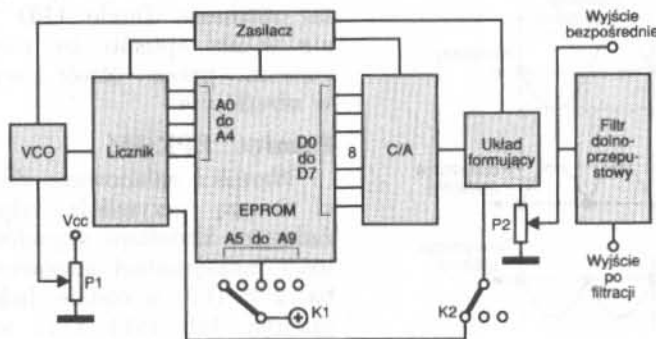
bieranych położeniem przełącznika K1, umożliwia selekcję kształtu sygnału. Szóste wyjście licznika może być połączone z układem formowania sygnału, który pozwala uzyskać sygnały standardowe lub wyprostowane, o dodatniej bądź ujemnej polaryzacji. Ponieważ sygnał, po wyprostowaniu, zawiera podwojoną częstotliwość sygnału wejściowego, generator umożliwia wytworzenie sygnału w pasmie 40Hz...40kHz. Po uformowaniu sygnał może zostać poddany filtracji dolnoprzepustowej.

Generator

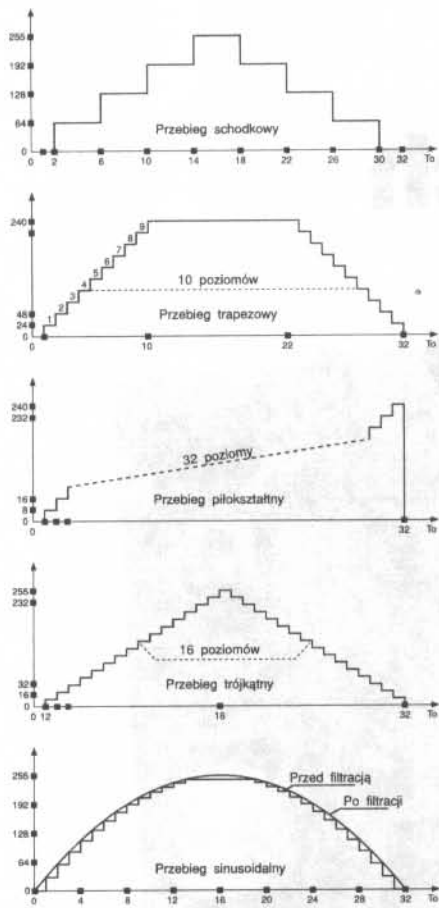
Pięć podstawowych generowanych kształtów to przebiegi: schodkowy, trapezoidalny, piłokształtny, trójkątny i sinusoidalny (**rysunek 2**). Każdy sygnał jest zapamiętany w 32 bajtach, które określają pół okresu. Wynika z tego, że pełnemu okresowi odpowiadają 64 próbki. Liczba ta, pod warunkiem zastosowania odpowiedniej filtracji, pozwala uzyskać sygnały o jakości nie ustępującej sygnałom z generatora analogowego. Amplituda sygnału, bez względu na jego kształt, jest stabilna i może być regulowana w zakresie 0...2,5V. Zakres częstotliwości jest podzielony na trzy pasma 20Hz...200Hz, 200Hz...2000Hz i 2000Hz...20kHz. Przełącznik K2 umożliwia uzyskanie trzykrotnie większej liczby przebiegów poprzez wprowadzenie różnego rodzaju prostowania (**rysunek 3**).

Schemat

Pełny schemat elektryczny układu pokazano na **rysunku 4**. Jako generator sterowany napięciem wykorzystano VCO stanowiący część



Rys. 1. Schemat blokowy generatora



Rys. 2. Kształty zaprogramowanych przebiegów

układu scalonego CD4066 (IC1), często używanego w układach prezentowanych na łamach naszego pisma. Potencjometry P2 i P3 ustalają odpowiednio maksymalną i minimalną częstotliwość pracy VCO. Pojemności kondensatorów C1, C2 i C3 wyznaczają trzy zakresy pracy VCO w pasmie 1280Hz...1,28MHz (VCO pracuje z częstotliwością 64-krotnie wyższą niż częstotliwość sygnału wyjściowego). Użyty licznik binarny to CD4040 (IC2), w którym wykorzystuje się

tylko 6 młodszych wyjść. Na wejściu zerującym licznika utrzymywany jest stan niski. Kondensator C14 zapewnia odspzęgnięcie zasilania układów IC1 i IC2.

Ponieważ pamięć EPROM pracuje wyłącznie w trybie odczytu, jej wejścia E/PROG i G są zwarte z masą, a wejście Vpp - z zasilaniem. Na określających kształt sygnału wyjściowego wejściach adresowych A5...A9 (z wyjątkiem wejścia aktualnie wybranego przełącznikiem K2) jest stan niski utrzymywany przez rezystory R1...R5.

Sygnały z 8 wyjść pamięci są podawane na drabinkę rezystorową R-2R, umożliwiającą konwersję C/A zapamiętanych w EPROM-ie wartości. Prąd płynący w obwodzie sprzężenia zwrotnego wzmacniacza IC4b wynosi:

$$I_s = V_{cc} / R \cdot (D_0 \cdot 2^0 + D_1 \cdot 2^1 + D_2 \cdot 2^2 + D_3 \cdot 2^3 + D_4 \cdot 2^4 + D_5 \cdot 2^5 + D_6 \cdot 2^6 + D_7 \cdot 2^7)$$

Prąd ten jest przetwarzany na napięcie przez wzmacniacz IC4b; potencjometr P4 określa poziom sygnału wyjściowego, a wzmacniacz IC4a odwraca polaryzację sygnału.

Jeśli przełącznik K3 jest w pozycji „a”, sygnał z wyjścia Q6 licznika przełącza tranzystor T1. Cztery przełączniki elektroniczne układu CD4066 (IC5) sterowane napięciem kolektora T1 dokonują odpowiednich przełączeń, dzięki którym sygnały S1 (IC4b) i S1\ (IC4a) pojawiają się na zmianę na wyjściu układu co 32 okresy VCO. W ten sposób sygnał o jednej polaryzacji zostaje przetransformowany na sygnał o polaryzacji podwójnej. Należy przy tym zauważyć, że przełączniki „3” i „4” powodują podanie odpowiednich poziomów na wejścia sterujące przełączników „1” i „2”, a te powodują odpowiednie przełączenie sygnałów S1 i S1\.

Położeniu „b” przełącznika K1 towarzyszy stan zatkania tranzystora T1, co pociąga za sobą stan ciągłego zwarcia przełącznika „1” i obecność na wyjściu sygnału o polaryzacji ujemnej. Położeniu „c” przełącznika K1 odpowiada stan włączenia tranzystora T1, a w dalszej konsekwencji - ciągła obecność na wyjściu sygnału o polaryzacji dodatniej.

Filtr dolnoprzepustowy, przeznaczony do filtracji sygnałów sinusoidalnych, składa się dwóch stopni pierwszego rzędu, połączonych kaskadowo. Cztery przełączniki elektroniczne, sterowane przez drugą część przełącznika K1, włączają jeden z kondensatorów C4, C5, C6 do pierwszej i jeden z kondensatorów C7, C8, C9 do drugiej sekcji filtru. W ten sposób modyfikowana jest częstotliwość odcięcia filtru dolnoprzepustowego, co pozwala uniknąć nadmiernej bądź niedostatecznej filtracji sygnału wyjściowego.

Układ jest wyposażony w zasilacz sieciowy. Za transformatorem sieciowym TR1 znajdują się dwa prostowniki jednopółkwekowe, kondensatory filtrujące, regulatory dodatniego i ujemnego napięcia oraz wskaźnik włączenia - dioda LED.

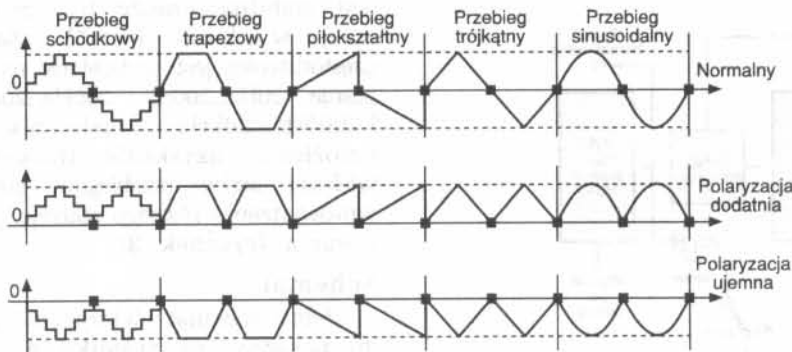
Wykonanie

Rezystory zastosowane w przetworniku C/A powinny mieć tolerancję 1%, aby zapewnić dostateczną dokładność przetwarzania.

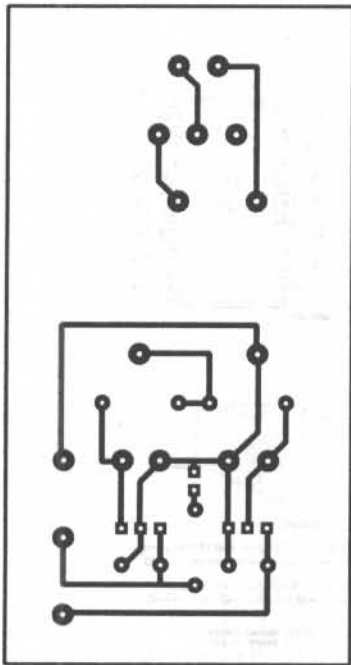
Całość montowana jest na dwóch płytkach drukowanych - odrębnie zasilacz i pozostała część układu. Odpowiednie mozaiki ścieżek i rozmieszczenie elementów przedstawione są na rysunkach 5, 6, 7 i 8. Umocowanie płytek do obudowy zrealizowano za pośrednictwem osi potencjometrów i przełączników. Obie płytki są połączone trzema przewodami doprowadzającymi zasilanie. Diodę LED montuje się w taki sposób, by nieco wystawała przez otwór wykonany w obudowie.

Pamięć EPROM

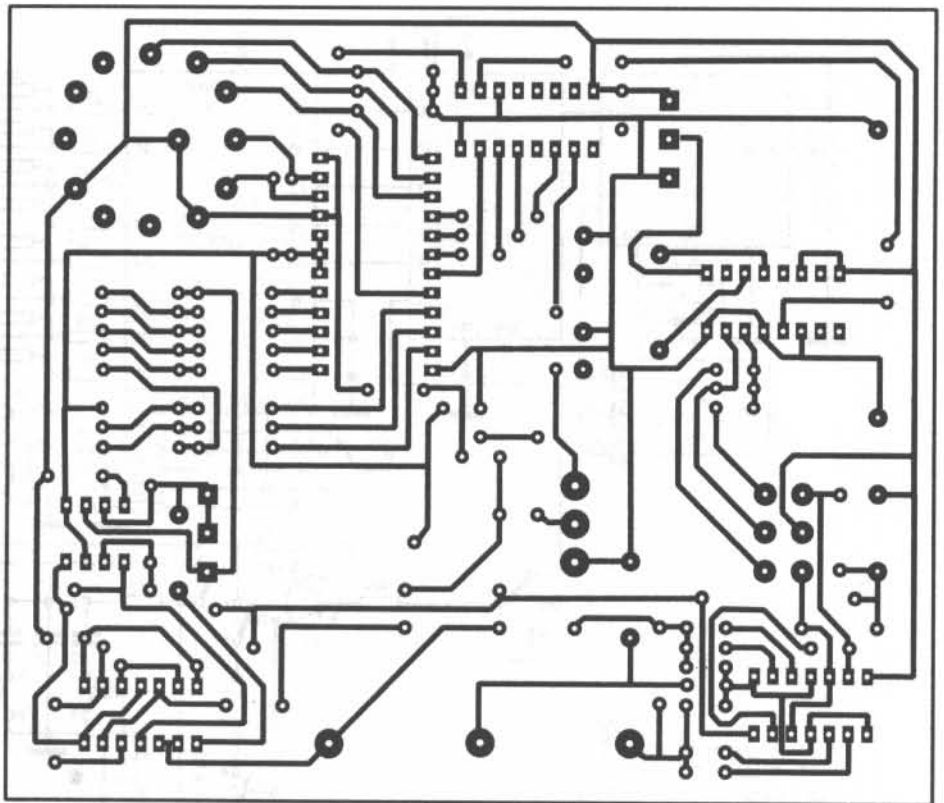
Wartości załadowane do pamięci muszą oczywiście odpowiadać żądanym kształtom sygnałów. Wartości maksymalnej odpowiada liczba 255 (FF w kodzie heksadecymalnym lub 1111 1111 w kodzie binarnym). W przypadku sinusoidy maksimum występuje dla 1/4



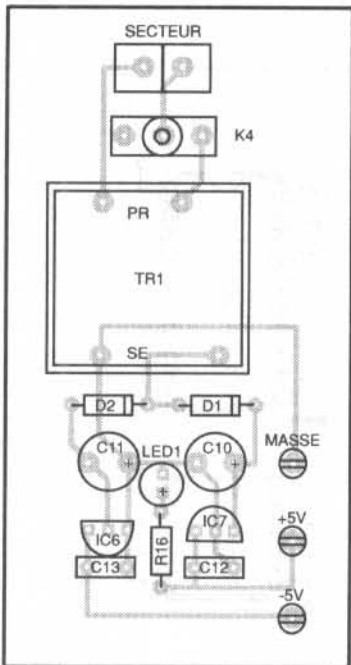
Rys. 3. Kształt przebiegu w zależności od położenia przełącznika K3



Rys. 5. Mozaika ścieżek płytki zasilacza

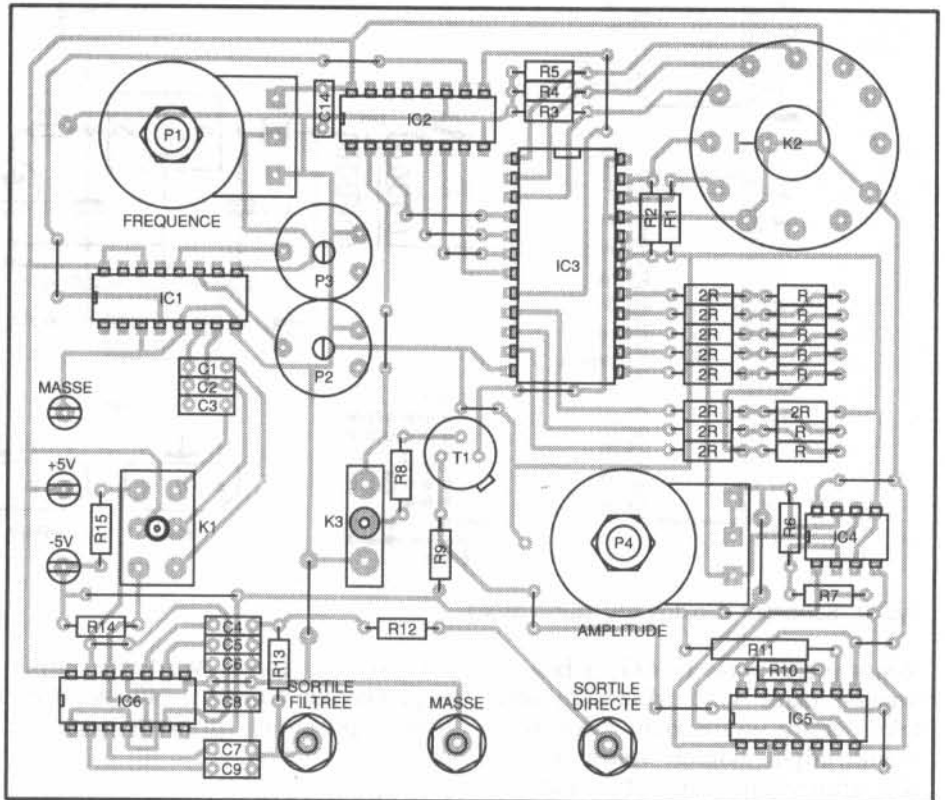


Rys. 7. Mozaika ścieżek płytki generatora



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów zasilacza

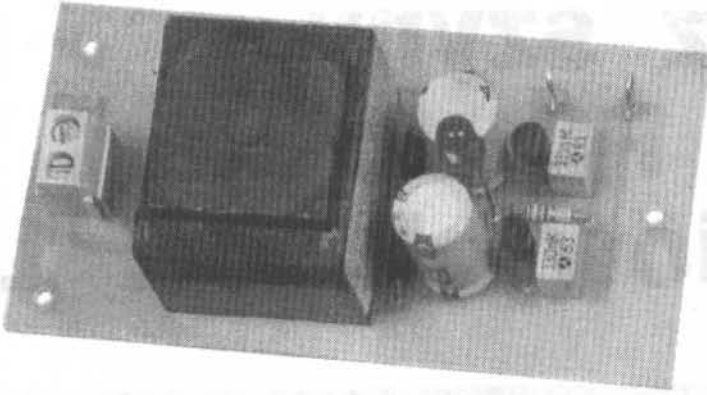
najniższemu zakresowi częstotliwości, a potencjometr P1 - w skrajnym położeniu od strony masy. Po podłączeniu częstotliciemierza do wyprowadzenia 4 układu IC3, poprzez regulację P3 uzyskać wartość częstotliwości 1280Hz. Przełączyć K1 w położenie „c” i przestawić P1 w skrajne położenie od strony napięcia zasilania. Regulując P2



Rys. 8. Rozmieszczenie elementów na płycie generatora

uzyskać częstotliwość 1,280MHz. Jeśli nie można uzyskać tej wartości, należy zmniejszyć pojemność C3, a nawet wylutować ten konden-

sator (wówczas pojemnością generatora będzie pojemność rozproszona). Sprawdzić, czy trzy zakresy pokrywają pasmo 20Hz...20kHz i jeśli



Rys. 9. Zmontowana płytka zasilacza

tak jest, zamontować układ w obudowie.

Informacje uzupełniające Częstotliwość próbkowania

Sygnaly otrzymywane bezpośrednio na wyjściu można określić mianem próbkowanych, ponieważ składają się na nie wartości określone w dyskretnych momentach czasowych. Także amplituda - szczególnie w przypadku sinusoidy - jest poddana pewnej dyskretyzacji, ponieważ w pamięci można umieścić tylko liczby całkowite z pewnego przedziału. Oba te czynniki powodują, że w sygnale pojawiają się „schodki” (rys. 2). Rozwiązaniem ograniczającym ten efekt byłoby skrócenie przedziału czasowego między kolejnymi próbkami, równoważne zwiększeniu częstotliwości pracy VCO. W przypadku 1000 próbek na okres odtwarzanego sygnału, przebieg wyjściowy byłby zbliżony do swego analogowego odpowiednika. Niestety, oznaczałoby to także, że maksymalna częstotliwość pracy VCO wynosi 20MHz, czego nie można zrealizować w przypadku układu 4066. Niemniej jednak, z punktu widzenia elektronika-amatora, rezultaty uzyskiwane przy 64 próbkach na okres są już zupełnie zadowalające. Gdyby nie istniała potrzeba przestrajania generatora w zakresie kilku dekad, problem byłby prostszy, a odpowiednie rozwiązania układowe są dobrze znane.

Filtracja sygnałów

Celem filtracji jest oczywiście wyeliminowanie harmonicznym wynikających z próbkowania. Procesowi próbkowania z częstotliwością nF1 (odtworzenia sygnału o częstotliwości F1 przy użyciu n próbek na okres) towarzyszy bo-

wiem pojawienie się harmonicznym nF1, 2nF1, 3nF1 itd. Jeśli np. odtwarzany jest sygnał o częstotliwości 1000Hz, to częstotliwość pierwszej harmonicznym wynosi 64kHz i filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości odcięcia 2kHz stłumi amplitudę tej harmonicznym 50...60-cio krotnie. Jeśli częstotliwość sygnału wyniesie 2kHz, to - w przybliżeniu - takiemu samemu jak poprzednio tłumieniu harmonicznym towarzyszyć będzie jednak 3dB spadek amplitudy składowej o częstotliwości 2kHz. Podniesienie częstotliwości odcięcia filtru poprawi poziom tej składowej, ale spowoduje spadek tłumienia harmonicznym. Sytuacja jest jeszcze bardziej skomplikowana w przypadku sygnałów o złożonym widmie, kiedy istnieje ryzyko stłumienia harmonicznym sygnału.

Rozwiązaniem kompromisowe polega na odpowiednim doborze częstotliwości próbkowania (im wyższa, tym łatwiejsza filtracja) i odpowiednim usytuowaniu częstotliwości odcięcia filtru, zapewniającym odfiltrowanie częstotliwości nF1 i przepuszczenie harmonicznym sygnału odtwarzanego. Podniesienie rzędu filtru oczywiście ułatwia filtrację. W przypadku filtru drugiego rzędu uzyskuje się zadowalające rezultaty dla sygnałów o nieskomplikowanym kształcie, takich jak sinusoida, przebiegi trójkątne, piłokształtne i trapezoidalne, jednak w przypadku sygnału schodkowego lepiej jest wykorzystywać wyjście bezpośrednie. Dla wyższych częstotliwości (2kHz...20kHz) na wyjściu bezpośrednim mogą się pojawić stany przejściowe, całkowicie eliminowane przez filtr.

EP

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1...R7, R9...R11, R14, R15: 10kΩ
R8: 4,7kΩ
R16: 560Ω
R: 10kΩ, 1%
2R: 20kΩ, 1%
P1, P4: potencjometr 10kΩ
P2: potencjometr montażowy 10kΩ
P3: potencjometr montażowy 470kΩ

Kondensatory

C1: 1nF, ceramiczny
C2: 10nF, ceramiczny
C3: 47pF, ceramiczny
C4, C7: 10nF
C5, C8: 1nF
C6, C9: 200nF
C10, C11: 470μF/16V
C12, C13: 330nF
C14: 47nF

Półprzewodniki

D1, D2: 1N4001
T1: 2N2906
IC1: HEF4046 BP
IC2: HEF4040 BP
IC3: MM2716Q
IC4: TL082 CP
IC5, IC6: HEF4066 BP
IC7: 78L05
IC8: 79L05
dioda LED czerwona 5mm

Różne

Tr1: transformator sieciowy 8V/1,6VA
K1: przelącznik dwusekcyjny, trójpozycyjny, długość osi 6,3mm
K2: przelącznik obrotowy, jednosekcyjny, dwunastopozycyjny
K3: przelącznik jednosekcyjny, trójpozycyjny, długość osi 6,3mm
K4: przelącznik o działaniu chwilowym, długość osi 6,3mm
3 gniazda φ2mm
3 pokręta, otwór φ6mm
złącze podwójne 1szt.
obudowa PCW 35x45x170mm