

Zdalnie sterowany regulator siły głosu do wzmacniacza High-End

AVT-5040

Temat tego artykułu może wydawać się błahym i nie wartym większej uwagi. Zdalne sterowanie nie tylko siłą głosu, ale także barwą tonu, balansem wzmocnienia w dwóch kanałach, a także wszelkimi innymi funkcjami we wzmacniaczach mocy nie jest obecnie zbyt trudne. Mamy do dyspozycji szeroką gamę wyspecjalizowanych układów scalonych, regulujących zarówno parametry torów elektroakustycznych wzmacniaczy, jak i przechwytyjących sygnały nadawane przez piloty IR.

Wiele takich układów opisano już w EP, ale żaden z nich nie mógłby usatysfakcjonować pewnej, nielicznej i elitarniej grupy odbiorców: audiofili.

We wzmacniaczach najwyższej klasy, przeznaczonych dla szczególnie wymagających odbiorców, nie ma mowy o stosowaniu jakiegokolwiek elektronicznej regulacji wzmocnienia. Tor transmisyjny sygnału audio musi być jak najkrótszy, ponieważ każdy dodatkowy element może wnosić niepożądane zniekształcenia. W takich wzmacniaczach nie stosuje się także żadnych regulacji barwy tonu ani nawet regulacji balansu. Jedynymi elementami regulacji poziomu sygnału wyjściowego mogą być tylko „klasyczne” potencjometry.

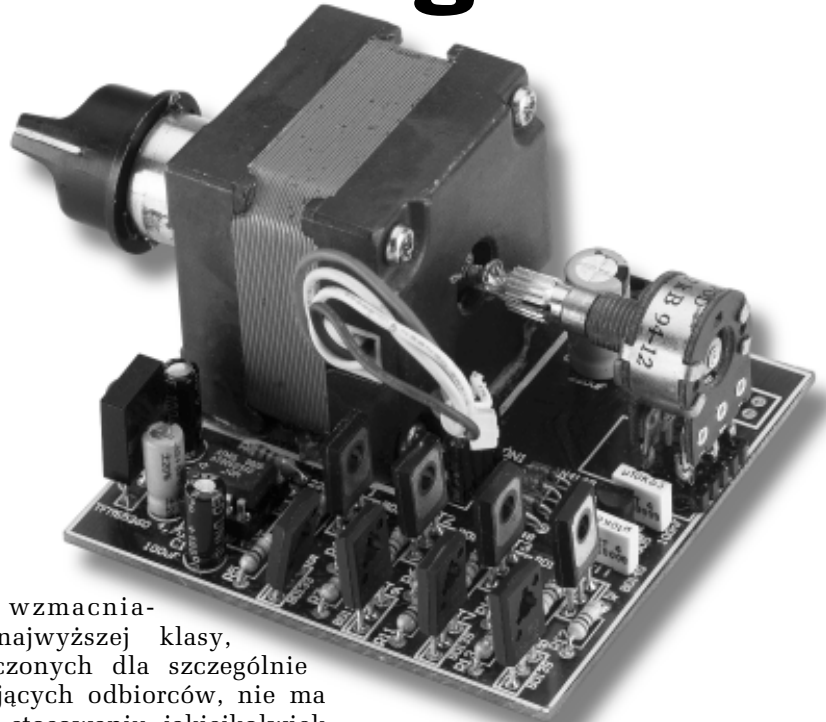
Z drugiej strony audiofile, podobnie jak my wszyscy, są ludźmi ceniącymi sobie wygodę i podobnie jak inni amatorzy muzyki, chętnie widzą w swoich wzmacniaczach mechanizmy pozwalające zmieniać siłę głosu z pewnej odległości, bez konieczności podchodzenia do aparatury. Oczywiście, „audiofilski” układ zdalnego sterowania musi spełniać niesłychanie wysokie wymagania, a przede wszystkim nie może być źródłem jakichkolwiek zakłóceń.

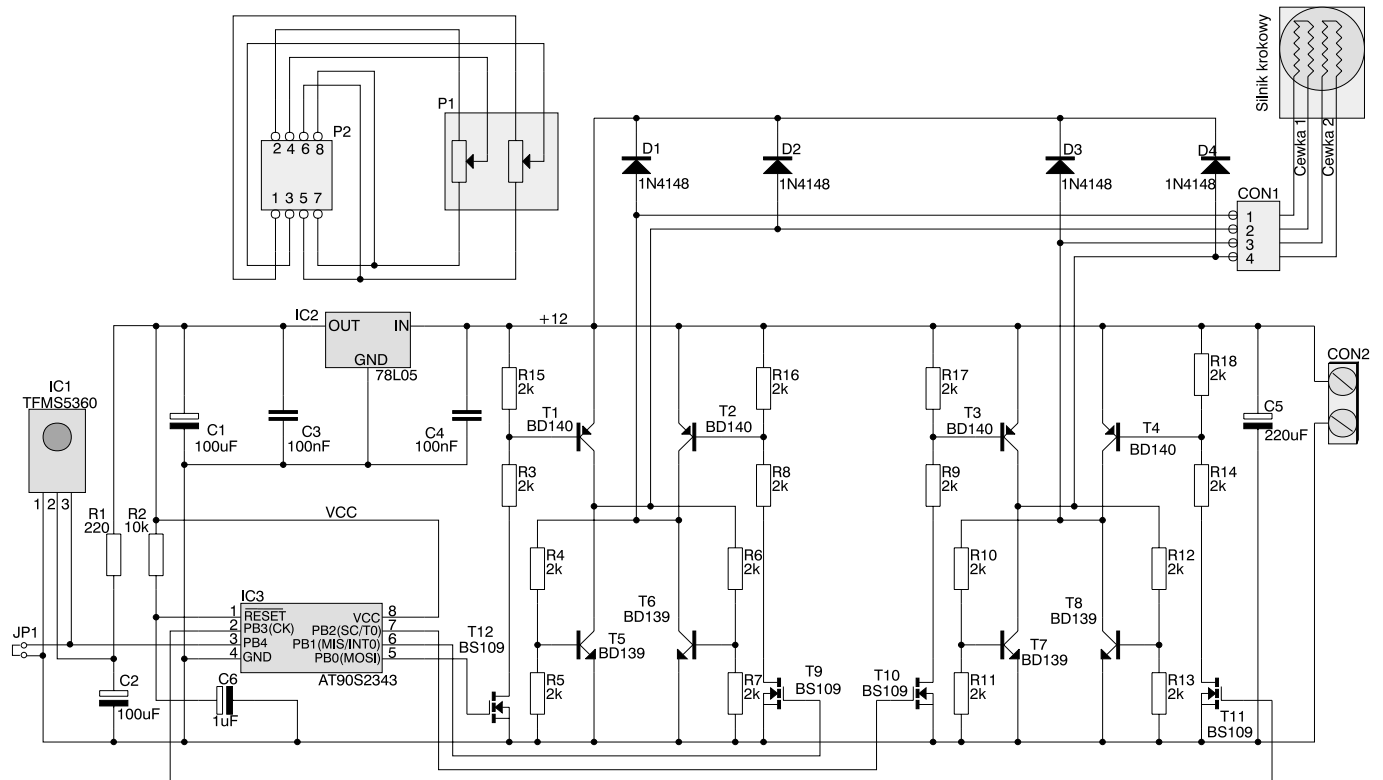
A zatem wiemy już jakie zadanie postawiliśmy sobie. Musimy skonstruować urządzenie, które ste-

rowane zdalnie za pomocą wiązki podczerwieni będzie obracać ośką potencjometru w zadanym kierunku i o zadany kąt. Zdalne sterowanie nie może wykluczać sterowania ręcznego, które musi być realizowane w tradycyjny sposób: za pomocą gałki osadzonej bezpośrednio na ośce potencjometru. Układ musi działać absolutnie bezszelestnie i rzecz jasna cechować się ogromną niezawodnością.

Urządzenia spełniające te wymagania są oczywiście produkowane fabrycznie. Miałem nawet okazję zapoznać się z takimi potencjometrami, będącymi cudami mechaniki precyzyjnej. Jednak ich cena jest także cudem, ale wyobraźni firm je produkujących!

Postanowiłem więc przynajmniej spróbować samodzielnie wykonać taki potencjometr. Rzecz jasna, nie unikniemy w ten sposób konieczności zakupienia jednego kosztownego elementu: potencjometru najwyższej klasy. Jednak koszt takiego podzespołu przeznaczonego wyłącz-





Rys. 1. Schemat elektryczny układu zdalnego sterowania potencjometrem.

nie do sterowania ręcznego, jest o rząd wielkości niższy, niż potencjometru zablokowanego z elektrycznym układem napędowym.

To zadanie tylko z pozoru wydawało się łatwe: na pierwszą trudność natrafiłem podczas projektowania części mechanicznej układu. Jedynym elementem nadającym się do poruszania potencjometrem jest oczywiście silnik elektryczny, a ze względu na łatwość sterowania, najlepiej silnik prądu stałego. Jednak takie silniki rozwijają odpowiedni moment obrotowy dopiero przy dużej prędkości obrotowej, co wymaga zastosowania przekładni mechanicznej. Wykonanie takiej przekładni w warunkach amatorskich jest praktycznie niemożliwe. Być może, wykorzystując kółka zębate z demontażu, udałoby się nawet skleić coś odpowiedniego, jednak taka przekładnia z całą pewnością nie działałaby bezszelestnie! Z tego samego powodu - nadmiernej hałaśliwości - odrzuciłem koncepcję zastosowania do budowy urządzenia jednego z najwspanialszych „przełożeń” pomiędzy elektroniką a mechaniką, czyli serwomechanizmu. Potencjometr sterowany serwem działałby z pewnością rewelacyjnie, powtarzając z idealną precyzją i ogromną szybkością

każde poruszenia gałki w pilocie. Jednak charakterystyczne odgłosy wydawane przez pracujące serwo na pewno spowodowałyby u każdego melomana atak serca!

Z tego powodu silnik prądu stałego nie może być użyty do napędu potencjometru. Z bólem serca byłem zmuszony odłożyć na bok także serwomechanizm. Na szczęście pozostał nam do dyspozycji jeszcze jeden element elektromechaniczny, o którym tak często wspominaliśmy na łamach EP: silnik krokowy.

Jest to element idealnie nadający się do poruszania ośki potencjometru z następujących powodów:

- Silnik krokowy rozwija znaczny moment obrotowy nawet przy minimalnych obrotach. Ścisłej mówiąc - dla silnika tego rodzaju nie istnieje w ogóle pojęcie minimalnej prędkości obrotowej i może on obracać się dowolnie wolno, cały czas zachowując nominalny moment obrotowy i idealną stabilność. A zatem, konstruowanie jakiegokolwiek przekładni jest całkowicie zbędne i wał silnika może zostać połączony bezpośrednio z ośką potencjometru.
- Silnik krokowy nie wydaje podczas pracy żadnych odgłosów.

Przy małej szybkości obrotowej nawet szum łożysk kulkowych jest absolutnie nie do usłyszenia.

- Jeżeli żadna z cewek silnika nie jest zasilana, to jego wał może obracać się swobodnie, nie przeszkadzając w ręcznej regulacji potencjometru. Nie występują opory stawiane przez przekładnię mechaniczną i konieczność stosowania skomplikowanego układu sprzęgła. Więcej, obracany ręcznie wał silnika krokowego daje nawet słabo wyczuwalny opór, dając złudzenie pewnej „skokowości”. Jest to bardzo „sympatyczny” i „miły dla palców” efekt.
- Trwałość silnika krokowego jest duża i przy właściwej eksploatacji trudno jest taki silnik uszkodzić.
- Wadą silnika krokowego jest dość skomplikowane sterowanie. Jednak w epoce techniki mikroprocesorowej wada ta nie ma najmniejszego znaczenia.
- Drugą wadą tego silnika jest dość znaczny (w porównaniu z miniaturowymi silnikami DC) ciężar i wymiary. Jeżeli jednak układ ma zostać zamontowany wewnątrz z natury „nadmiarowej” obudowy wzmacniacza m.c., to i tej wady nie musimy brać pod uwagę.

```

List. 1.
Readeeprom Temp, 3          'odczytaj spod adresu 3 pamięci EEPROM zapisaną tam wartość
If Temp > 133 Then Learn    'jeżeli odczytana wartość nie wynosi 133, to wywołaj podprogram
                             'rejestracji komend sterujących
.....
Sub Learn                   'podprogram rejestracji komend sterujących
  Rotate_right              'wykonaj podprogram powodujący krótkotrwałe obracanie wału silnika
                             'w prawo
  Do
    Getrc5(address, Command) 'spróbuj odebrać sygnał RC5
    If Command < 64 Then     'jeżeli wartość odebranej komendy mieści się w standardzie RC5, to:
      Command = Command And &B10111111 'przelicz wartość komendy
      Writeeprom Command, 1 'zapisz odebraną wartość w pamięci EEPROM pod adresem 1
      Exit Do                'wyjdź z pętli programowej
    End If
  Loop

  Rotate_left               'wykonaj podprogram powodujący krótkotrwałe obracanie wału silnika
                             'w lewo
  Do
    Getrc5(address, Command) 'spróbuj odebrać sygnał RC5
    If Command < 64 Then     'jeżeli wartość odebranej komendy mieści się w standardzie RC5, to:
      Command = Command And &B10111111 'przelicz wartość komendy
      Writeeprom Command, 2 'zapisz odebraną wartość w pamięci EEPROM pod adresem 2
      Exit Do                'wyjdź z pętli programowej
    End If
  Loop

  Temp = 133                'zmienna TEMP przyjmuje umowną wartość 133
  Writeeprom Temp, 3        'zapisz w pamięci EEPROM wartość zmiennej TEMP, co ma świadczyć
                             'o zarejestrowaniu komend sterujących

Main
End Sub

```

- Nie bez znaczenia jest fakt, że do budowy układu możemy wykorzystać złomowy silnik krokowy pochodzący z demontażu przestarzałego sprzętu komputerowego. Silniki takie można kupić na giełdach i wyprzedazach za wręcz śmieszne pieniądze.

Układ zdalnej regulacji siły głosu jest kolejną prezentacją możliwości mojego faworyta: małego procesora AT TINY (AT90S2343). Wykorzystując ten ośmiopinowy procesor, nie wymagający nawet stosowania zewnętrznego rezonatora kwarcowego, można zbudować wiele interesujących urządzeń, o bynajmniej nie zabawkowym charakterze.

Opis działania regulatora

Schemat elektryczny układu zdalnego sterowania potencjometrem pokazano na rys. 1. Sercem i mózgiem układu jest, prawie giniący w gąszczu towarzyszących mu elementów dyskretnych, procesor typu AT90S2343. Ma on następujące zadania do wykonania:

- Odbieranie i identyfikowanie nadawanych z pilota sygnałów transmitowanych w standardzie RC5.
- Po zidentyfikowaniu odebranego sygnału, zadaniem procesora jest wprowadzenie w ruch silnika na czas określony czasem transmisji i w zadanym kierunku.
- Funkcją dodatkową jest „uczenie” urządzenia, jakie komendy będą wykorzystywane do sterowania potencjometrem.

Omawianie działania układu rozpoczniemy od momentu włączenia zasilania. Pierwszą czyn-

nością, jaką wykonuje procesor, jest sprawdzenie czy w pamięci danych EEPROM zostały już zapisane wartości dwóch komend, które będą wykorzystywane do sterowania potencjometrem. Jeżeli nie, to układ automatycznie przechodzi w tryb rejestracji komend, przeprowadzanej przez podprogram pokazany na list. 1.

Gotowość układu do zapisania wartości komendy powodującej obrót osi potencjometru w prawo jest sygnalizowana krótkotrwałym obracaniem się wału silnika w tym kierunku. Po zakończeniu ruchu silnika musimy nacisnąć ten przycisk w pilocie, któremu chcemy

przyporządkować funkcję zwiększania siły głosu. Przyjęcie transmisji sygnalizowane jest krótkotrwałym obrotem silnika w lewo, po czym musimy nacisnąć ten przycisk pilota, który będzie powodować zmniejszanie siły głosu. Od tego momentu regulator jest gotowy do eksploatacji. Jeżeli po jakimś czasie chcielibyśmy zmienić komendy sterujące potencjometrem, to ponowne wejście w tryb rejestracji komend jest możliwe po wyłączeniu zasilania, zwarciu jumpera JP1, ponownym włączeniu zasilania i usunięciu jumpera.

Przypomnijmy teraz, jakie czynności należy wykonać w celu wprowadzenia w ruch silnika krokowego. W naszym układzie został zastosowany silnik dwufazowy, wyposażony w dwie cewki. Aby spowodować obrót wału takiego silnika, przez jego cewki musi przepływać prąd w następującej sekwencji:

Krok	Cewka 1	Cewka 2
1	>	
2		>
3	<	
4		<

<, > - kierunki przepływu prądu

Taki sposób zasilania cewek silnika powoduje jednak wyraźną „skokowość” obrotów jego wału napędowego. Dlatego też w naszym układzie cewki silnika będą

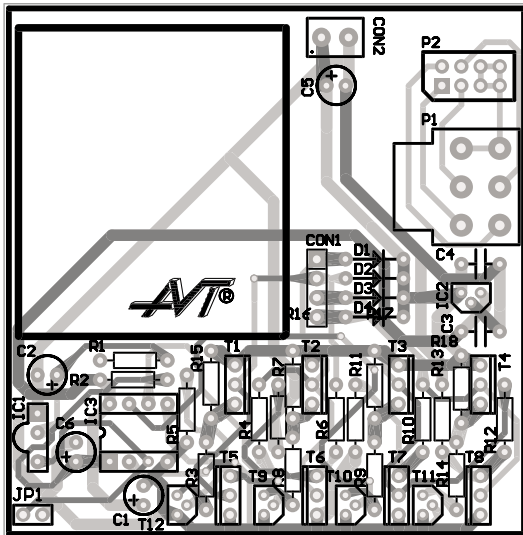
```

List. 2.
Sub Main
  Steps = 1
  Readeeprom Com1, 1        'odczytaj z pamięci EEPROM wartość komendy nakazującej obracanie
                             'silnika w prawo (umownie!)
  Readeeprom Com2, 2        'odczytaj z pamięci EEPROM wartość komendy nakazującej obracanie
                             'silnika w lewo (umownie!)

  Do
    Command = 255           'wstępne ustawienie niezeczywistej wartości odebranej komendy
    Getrc5(address, Command) 'spróbuj odebrać kod RC5
    'ustaw stan niski na pinach sterujących mostkami tranzystorowymi
    Reset Portb.0: Reset Portb.1: Reset Portb.2: Reset Portb.3
    If Command < 64 Then    'jeżeli odebrana została ważna komenda kodu RC5, to:
      Command = Command And &B10111111 'przelicz jej wartość
      If Command = Com1 Then Incr Steps 'jeżeli odebrana komenda nakazuje obracać
      'silnik w prawo, to zwiększ wartość licznika kroków o 1
      If Steps = 9 Then Steps = 1 'wartość licznika kroków staje się równa 1
      If Command = Com2 Then Decr Steps 'jeżeli odebrana komenda nakazuje obracać
      'silnik w lewo, to zmniejsz wartość licznika kroków o 1
      If Steps = 0 Then Steps = 8 'jeżeli wartość licznika kroków równa 0 to
      'wartość licznika kroków staje się równa 8

      'W zależności od wartości licznika kroków ustawiaj odpowiednie stany na wyjściach
      'procesora sterujących driverami silnika
      Select Case Steps
        Case 1:
          Reset Portb.3: Set Portb.0
        Case 2:
          Set Portb.2
        Case 3:
          Reset Portb.0: Set Portb.2
        Case 4:
          Set Portb.1
        Case 5:
          Reset Portb.2: Set Portb.1
        Case 6:
          Set Portb.3
        Case 7:
          Reset Portb.1: Set Portb.3
        Case 8:
          Set Portb.0
      End Select
    End If
  Loop
End Sub

```



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

zasilanie zgodnie z następującą sekwencją, co zapewnia dwukrotnie większą precyzję poruszania potencjometru.

Krok	Cewka 1	Cewka 2
1	>	
2	>	>
3		>
4	<	>
5	<	
6	<	<
7		<
8	>	<

<, > - kierunek przepływu prądu

Po zarejestrowaniu komend program sterujący pracą procesora pozostaje w niekończącej się pętli, przedstawionej na list. 2. Każde

odebranie zarejestrowanej uprzednio komendy kodu RC5 powoduje obrót silnika w nakazanym kierunku, za każdym razem o jeden krok.

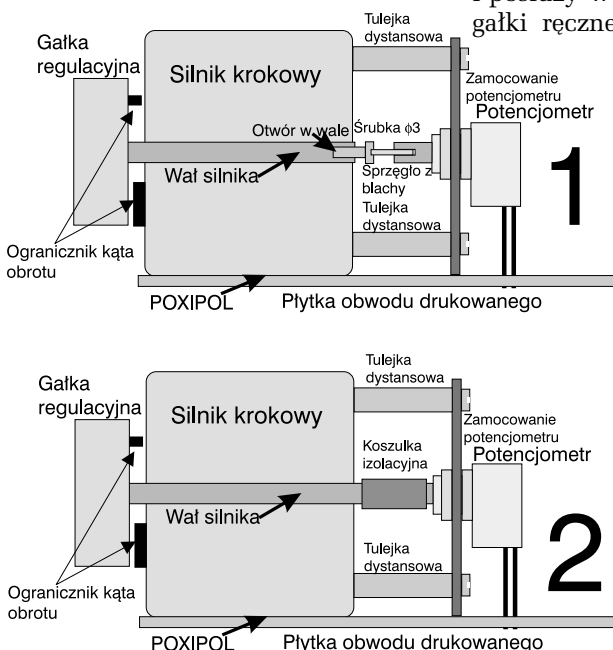
Montaż i uruchomienie

Na rys. 2 przedstawiono rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej regulatora. Ze względu na znaczną komplikację połączeń, płytka została zaprojektowana na laminacie dwustronnym z metalizacją. Montaż części elektronicznej nie powinien nastę-

żyć nikomu większych trudności. Wykonujemy go typowo, rozpoczynając od wlutowania w płytkę elementów o najmniejszych gabarytach, a kończąc na tranzystorach mocy, kondensatorach elektrolitycznych i układzie TFMS5360. Zastosowanie podstawki pod mikroprocesor jest obligatoryjne.

Trudności mogą zacząć się, jak zwykle, podczas montażu części mechanicznej regulatora. Możemy napotkać na dwa wykonania silników krokowych, identycznych pod względem elektrycznym, a różniących się drobnym, ale istotnym szczegółem mechanicznym: zakończeniem wału napędowego. Najczęściej wał napędowy wyprowadzony jest tylko z jednej strony silnika i posłuży wówczas do zamocowania gałki ręcznej regulacji potencjometru.

Napotkamy zatem na problem, w jaki sposób połączyć drugi koniec wału (prawie całkowicie ukryty wewnątrz obudowy) z osią potencjometru. Najprostszym rozwiązaniem wydaje się być przewiercenie wału silnika wiertłem o średnicy 3mm na głębokość 10...20mm i zamocowanie, w tak wykonanym otworze, zwykłej śrubki o średnicy 3mm. Do łebka tej śrubki możemy przylutować krótki pasek z blachy, który posłuży jako sprzęgło łączące wał silnika z osią potencjometru.



Rys. 3. Sposoby połączenia silnika z osią potencjometru.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- P1 potencjometr stereo 2x47kΩ
- R1: 220Ω
- R2: 10kΩ
- R3...R18: 2kΩ

Kondensatory

- C1, C2: 100μF/16V
- C3, C4: 100nF
- C5: 220μF/16V
- C6: 1μF/16V

Półprzewodniki

- D1...D4: 1N4148
- IC1: TFMS5360
- IC2: 78L05
- IC3: AT90S2343
- T1...T4: BD140
- T5...T8: BD139
- T9...T12: BS109

Różne

- CON1: 4 x goldpin
- CON2: ARK2 (3,5mm)

Szczegóły mechanicznego wykonania sterownika potencjometru zostały pokazane na rys. 3.

Należy jeszcze poruszyć sprawę najważniejszego elementu opisanego układu, jakim jest sam potencjometr. W układzie modelowym zastosowałem, zwykły potencjometr stereofoniczny, bliżej nieznanego producenta. Podczas testowania regulatora ważne było jedynie sprawdzenie poprawności działania części mechanicznej, a jakość dźwięku, jaką można byłoby uzyskać z tak wykonanym układem, była bez znaczenia. W wykonaniu docelowym, po zakończeniu wszystkich prac związanych z konstrukcją mechaniczną sterownika należy jako P1 zastosować potencjometr wysokiej klasy. Ponieważ jednak wybór typu potencjometru i jego producenta jest sprawą indywidualnych gustów i możliwości finansowych użytkowników, w kicie dostarczany będzie typowy potencjometr średniej klasy. Potencjometr ten ma służyć wyłącznie do przetestowania wykonanego układu, bez narażania na uszkodzenie kosztownego elementu wysokiej klasy.

Andrzej Gawryluk, AVT

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/listopad01.htm> oraz na płycie CD-EP11/2001B w katalogu PCB.