

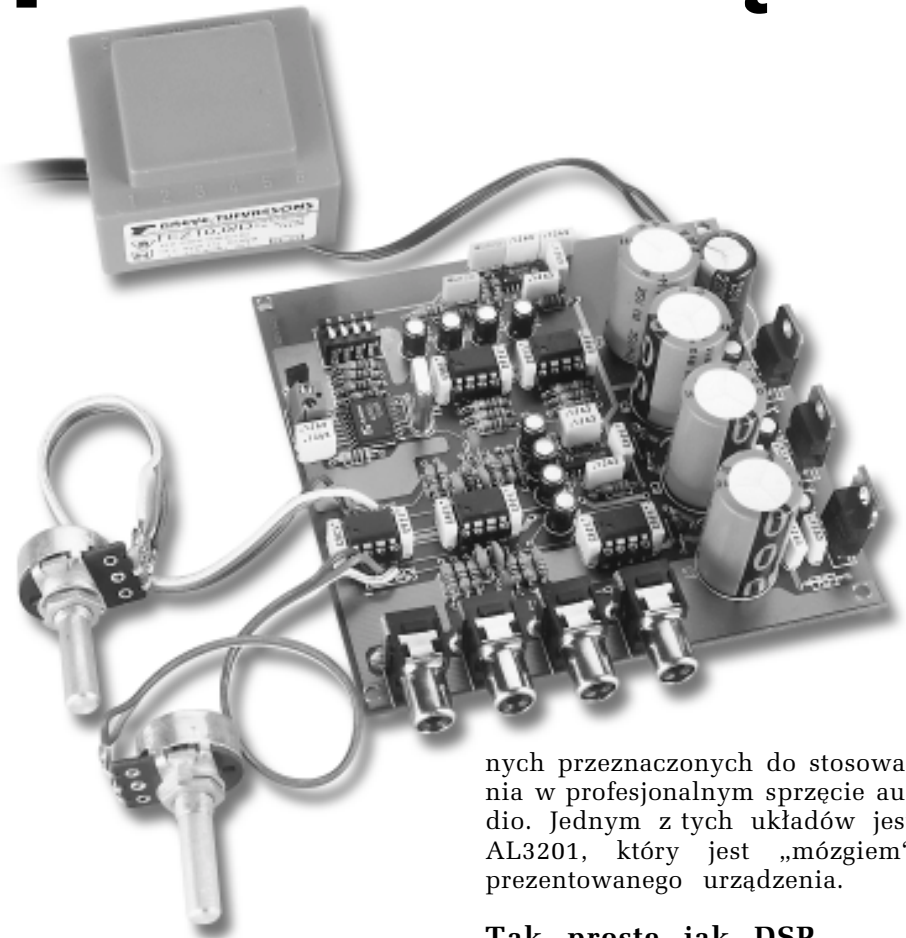
# Cyfrowy procesor dźwięku

## AVT-5082

*Jedną z największych przyjemności dla elektroników jest słuchanie muzyki przez samodzielnie wykonany wzmacniacz. Bardziej zaangażowani budują sobie także odtwarzacze CD (często z możliwością odtwarzania plików w formacie MP3), tunery, a nawet magnetofony. Największą trudność sprawiały dotychczas procesory audio umożliwiające kształtowanie przestrzeni dźwiękowej oraz prawdziwe dekodery surround.*

*Rozwiązanie pierwszego problemu przedstawiamy w artykule. O prawdziwym dekodzie surround napiszemy już niedługo!*

*Rekomendacje: przede wszystkim dla DJ-ów, muzyków, i audiofilów nie stroniących od prowadzenia zaawansowanych eksperymentów z dźwiękiem.*



W sierpniowym wydaniu EP opisaliśmy procesor sygnałowy produkowany przez amerykańską firmę Alesis. Firma ta jest legendarnym producentem studyjnego sprzętu audio, w tym przede wszystkim różnego rodzaju procesorów wykorzystywanych do modyfikacji dźwięku. W bliżej niewyjaśnionych okolicznościach powstała firma-córka Alesis Semiconductors, która opracowała i produkuje kilka układów scalo-

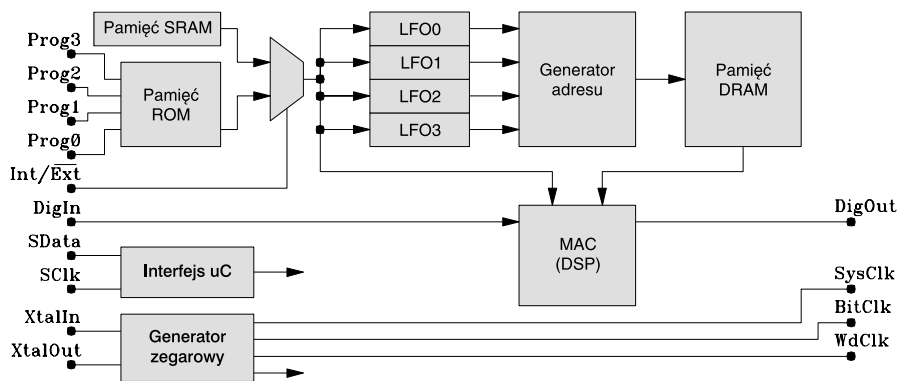
nych przeznaczonych do stosowania w profesjonalnym sprzęcie audio. Jednym z tych układów jest AL3201, który jest „mózgiem“ prezentowanego urządzenia.

### Tak proste jak DSP

AL3201 to prawdziwy procesor DSP, którego architektura wewnętrzna została zoptymalizowana pod kątem aplikacji audio. Do poprawnej pracy procesor wymaga zastosowania zewnętrznych, stereofonicznych przetworników: A/C i C/A. Specjalnie do tego celu firma opracowała własne układy (AL1201 i AL1101), ale można w ich miejsce stosować także przetworniki innych producentów.

Schemat blokowy układu AL3201 pokazano na rys. 1. Jak każdy procesor jest on programowany. Producent udostępnił na swojej stronie internetowej bezpłatny kompilator asemblera (opublikowaliśmy go na CD-EP8/2002B), który umożliwia także ładowanie przygotowanych programów do pamięci programu SRAM, w którą wyposażono AL3201. Jej pojemność wynosi 130 bajtów i jest wystarczająca do uzyskania bardzo zaawansowanych efektów. Lista rozkazów zawiera kilkanaście poleceń, za pomocą których można wpływać na

**Firma Alesis Semiconductors otworzyła niezwykle wygodną drogę dla projektantów cyfrowych urządzeń audio. Opracowali oni bowiem procesor efektów audio (oznaczony jako AL3201), w pamięci którego znajduje się 16 gotowych programów (opracowanych przez producenta i zapisanych w pamięci typu ROM) realizujących mniej i bardziej zaawansowane efekty audio. Jakość tych programów jest bardzo wysoka, ponieważ projektowali je doświadczeni elektroakustycy mający do dyspozycji doskonale wyposażone laboratorium. Dzięki wbudowanemu w procesor interfejsowi szeregowemu, do dodatkowej pamięci programu typu SRAM można wpisać dowolny własny program, realizujący indywidualnie zaprojektowane efekty audio. Pomimo dużych możliwości i zaawansowanej budowy wewnętrznej, układ AL3201 zamknięto w niepozornej obudowie SOIC16.**



Rys. 1. Schemat blokowy układu AL3201

modyfikacje (wprowadzane całkowicie na drodze cyfrowej) kolejnych próbek dźwięku, a tym samym na końcowe brzmienie odtwarzanego utworu. Należy pamiętać o tym, że programy wprowadzone do pamięci SRAM procesora zanikają po wyłączeniu zasilania, tak więc każdorazowo po włączeniu zasilania trzeba je ponownie ładować. Wyboru pamięci programu dokonuje się za pomocą wejścia INT/!EXT (widoczne na rys. 1). Chcąc ułatwić samodzielne eksperymenty akustyczne, firma Alesis przygotowała kilka przykładowych efektów (z podanymi źródłami programów), których dość pobieżne opisy wraz z kodami źródłowymi zostały udostępnione w Internecie (opublikowaliśmy je także na CD-EP8/2002B).

Problem z ładowaniem programów może być o tyle nieistotny, że w większości przypadków programy przygotowane przez producenta są wystarczające do większości typowych aplikacji. Szczególnie mówiąc, podjęte próby przygotowania własnych efektów nie dały zbyt dobrych rezultatów. Wynika to przede wszystkim z faktu, że do ich projektowania niezbędna jest wiedza akustyka, a nie elektronika...

W pamięci programu ROM układu AL3201 przechowywane są programy realizujące efekty audio przygotowane przez firmę Alesis. Lista tych programów znajduje się w tab. 1. Cyfrowe dane o sygnale audio do i z procesora są przesyłane szeregowo, w związku z czym aplikację układu AL3201 trzeba wzbogacić o stereofoniczne przetworniki A/C i C/A,

które odpowiadają za konwersję sygnałów do/z postaci cyfrowej na analogową.

## Opis układu

Schemat elektryczny procesora pokazano na rys. 2. Jest to redakcyjna adaptacja standardowej aplikacji układu AL3201, w której zastosowano przetworniki A/C i C/A firmy Alesis.

**Układy firmy Alesis wykorzystywane w prezentowanym projekcie można kupić za ok. 16,49 EUR w sklepie internetowym brytyjskiej firmy Profusion ([www.profusionplc.com](http://www.profusionplc.com)). Możliwe jest wiele sposobów płacenia za zamówione podzespoły, w tym np. za pomocą kart lub przelewem. Warto wiedzieć, że niektóre banki (m.in. [www.mbank.com.pl](http://www.mbank.com.pl)) oferują specjalne karty przeznaczone do realizacji płatności drogą elektroniczną.**

Stereofoniczny sygnał audio jest podawany na wejścia JP1 i JP2. Wtórnik napięciowy wykonany na wzmacniaczach IC7A i IC7B zapewniają dopasowanie impedancji źródła sygnału do impedancji wejściowej kolejnego stopnia - wzmacniacza konwertującego sygnał asymetryczny na sygnał różnicowy. Rolę wzmacniaczy-konwerterów spełniają układy IC5 i IC6. Sygnał z ich wyjść (o amplitudzie ok. 4V<sub>pp</sub>) jest poddawany konwersji A/C przez układ IC3 (AL1101), na wyjściu którego pojawia się spróbkowany sygnał stereofoniczny. Próbkki mają rozdzielczość 24 bitów, a dynamika zapewniana przez przetwornik jest nie mniejsza niż 107dB. Przetwornik wyposażono w cyfrowy filtr górnoprzepustowy o częstotliwości granicznej 2,5 Hz, którego zadaniem jest likwidacja napięcia

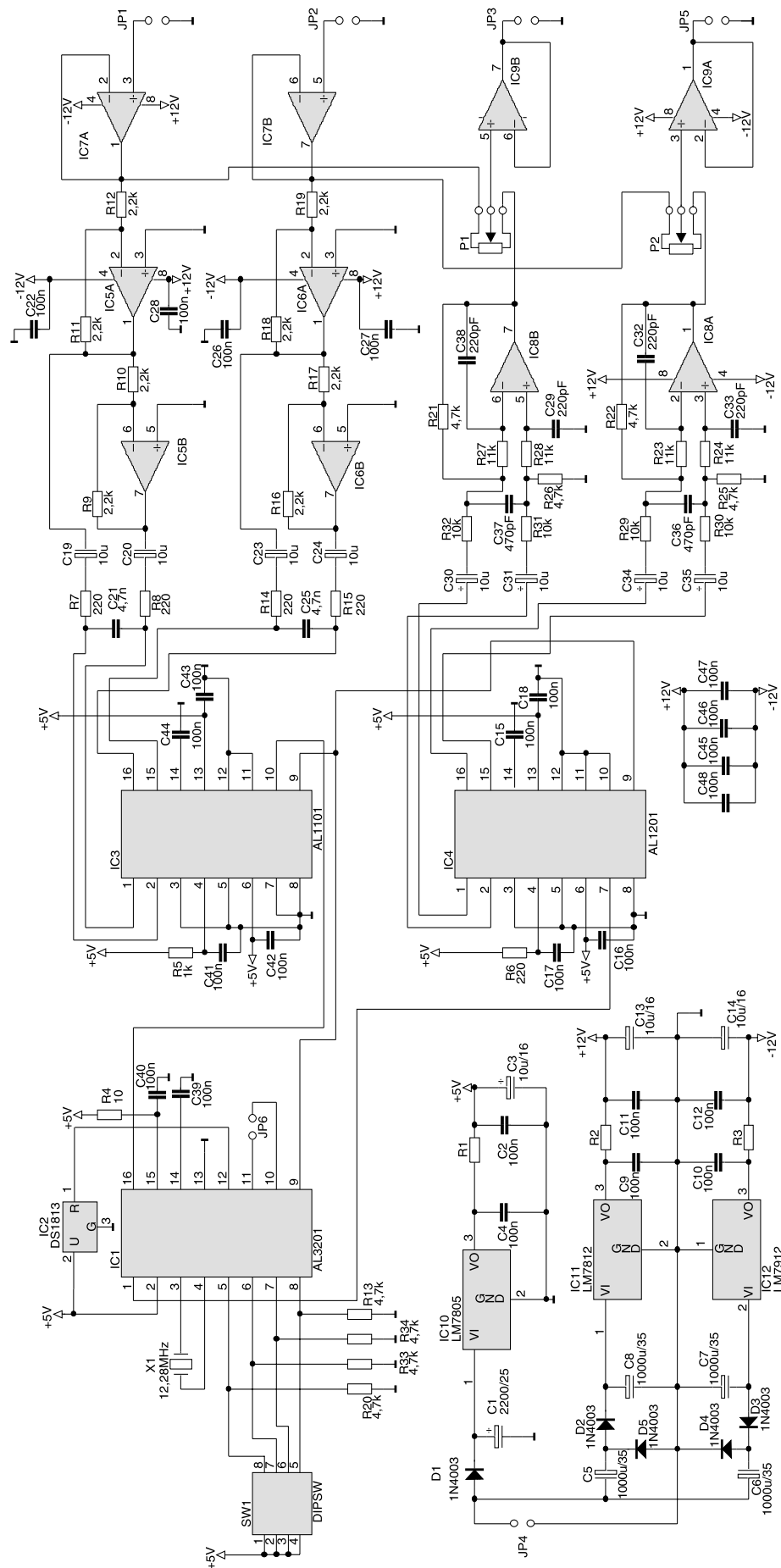
offsetu wbudowanych wzmacniaczy operacyjnych, który mógłby ograniczać rzeczywistą rozdzielczość próbek.

Przetworzone do postaci cyfrowej dane o sygnale audio są następnie wprowadzane do procesora sygnałowego IC1, który wykonuje na nich operacje przewidziane programem. Jak wcześniej wspomniano, można korzystać z programów predefiniowanych (wtedy ich wybór umożliwia binarny nastawnik SW1), można także ładować do pamięci IC1 własne programy. W takiej sytuacji konieczne jest przełączenie wyprowadzenia 2 IC1 do masy (trzeba to zrobić przecinając ścieżkę na płytce drukowanej), konieczne jest także wyprowadzenie złącza do wyprowadzeń 5 i 6 IC1, które spełniają rolę interfejsu wejściowego.

Po poddaniu próbek sprzętowej obróbce są one przesyłane do 24-bitowego przetwornika C/A IC4 (AL1201), na wyjściu którego występuje analogowy sygnał różnicowy. Zastosowanie takiego sposobu transmisji sygnału analogowego minimalizuje możliwość powstawania w nim zakłóceń. Sygnały te są poddawane filtrowaniu dolnoprzepustowemu i konwertowane do postaci asymetrycznej. Obydwa zadania są realizowane przez wzmacniacz IC8. Na jego wyjściach występują sygnały obydwu

**Tab. 1. Predefiniowane programy procesora AL3201**

| Numer programu | Nazwa programu |
|----------------|----------------|
| 0              | Delay 1        |
| 1              | Chorus/Room 2  |
| 2              | Hall 2         |
| 3              | Vocal Cancel   |
| 4              | Delay 2        |
| 5              | Chorus/Room 1  |
| 6              | Hall 1         |
| 7              | Rotary speaker |
| 8              | Flange         |
| 9              | Plate 2        |
| 10             | Room 1         |
| 11             | Plate 1        |
| 12             | Chorus         |
| 13             | Plate 3        |
| 14             | Room 2         |
| 15             | Room 3         |



Rys. 2. Schemat elektryczny cyfrowego procesora dźwięku

przetworzonych kanałów, które są poddawane mieszaniu z sygnałem oryginalnym. Do tego celu służą liniowe potencjometry P1 i P2 - w zależności od położenia suwaka zmieniają udziały w sygnale wyjściowym sygnałów: oryginalnego i przetworzonego. Suwaki potencjometrów dołączono do wejść nieodwracających wtórników IC9A i IC9B, których zadaniem jest odseparowanie potencjometrów od obwodów wejściowych wzmacniacza dołączonego do wyjść procesora dźwięku. Układ IC2 odpowiada za prawidłowe wyzerowanie procesora IC1 po włączeniu zasilania.

Jak łatwo zauważyć, cała część analogowa procesora dźwięku jest zasilana napięciem symetrycznym ±12V. Standardowo do wytworzenia takiego napięcia są stosowane transformatory z symetrycznym uzwojeniem. Ponieważ znacznie łatwiej jest zdobyć transformatory z pojedynczym uzwojeniem, zasilacz został zaprojektowany w taki sposób, aby możliwe było uzyskanie napięcia symetrycznego ±12V oraz +5V do zasilania części cyfrowej. W tym celu zastosowano diody podwajacz napięcia składający się z elementów: D2...D5 oraz C5...C8, z wyjścia którego są zasilane klasyczne stabilizatory liniowe IC11 i IC12. Napięcie +5V jest uzyskiwane z wyjścia stabilizatora IC10, na wejściu którego napięcie zmienne jest prostowane jednopółkowo (stąd konieczność zastosowania kondensatora filtrującego C1 o relatywnie dużej pojemności).

### Montaż i uruchomienie

Pomimo znacznego stopnia skomplikowania, uruchomienie procesora jest dość proste, w większości przypadków polega na włączeniu zasilania. Nieco gorzej, lecz wcale nieźle, wygląda montaż układów IC1, IC3 i IC4. Alesis produkuje te układy wyłącznie w obudowach SMD, ale szczęśliwie odstępstwa między ich wyprowadzeniami są dość duże. Montaż urządzenia warto rozpocząć od tych właśnie układów. Najprostszym sposobem ich przyłutowania jest pozycjonowanie układu za pomocą pensety i, po ułożeniu układu w odpowiednim miejscu płytki drukowanej, przygrzanie jego skraj-

nych wyprowadzeń do cyny znajdującej się na polu lutowniczym. Dopiero teraz można rozpocząć lutowanie wszystkich wyprowadzeń. Konieczne jest delikatne postępowanie z układem tak, aby go zbyt mocno nie poruszyć, należy także zwrócić uwagę na możliwość przegrzania struktury półprzewodnikowej, w związku z czym czas lutowania należy ograniczyć do minimum.

Inną możliwością jest przyklejenie obudowy układu do płytki za pomocą niewielkiej kropli kleju (jak np. butapren) i lutowanie wyprowadzeń po jego zaschnięciu. Utrudnia to jednak ewentualny demontaż układu.

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

R1, R2, R3: zwory  
 R4: 10Ω  
 R5: 1kΩ  
 R6...R8, R14, R15: 220Ω  
 R9...R12, R16...R19: 2,2kΩ  
 R13, R20...R22, R25, R26, R33, R34: 4,7kΩ  
 R23, R24, R27, R28: 11kΩ  
 R29...R32: 10kΩ  
 P1, P2: 1kΩ/A

#### Kondensatory

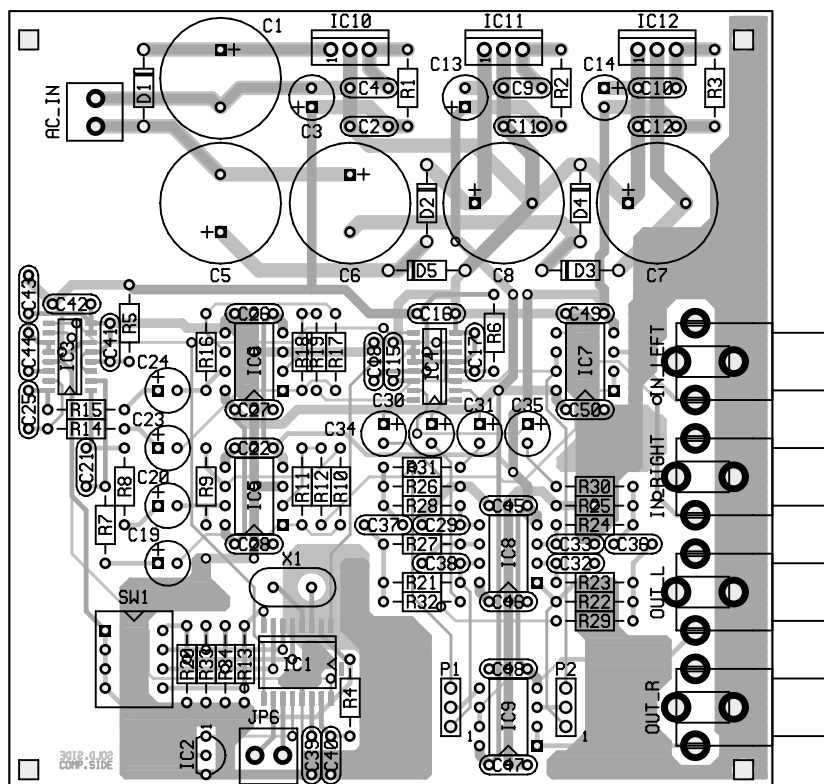
C1: 2200μF/16V  
 C2, C4, C9...C12, C15...C18, C22, C26...C28, C39...C48: 100nF  
 C3, C19, C20, C23, C24, C30, C31, C34, C35: 10μF/10V  
 C5...C8: 1000μF/25V  
 C13, C14: 10μF/16V  
 C21, C25: 4,7nF  
 C29, C32, C33, C38: 220pF  
 C36, C37: 470pF

#### Półprzewodniki

IC1: AL3201  
 IC2: DS1813  
 IC3: AL1101  
 IC4: AL1201  
 IC5...IC9: NE5532  
 IC10: 7805  
 IC11: 7812  
 IC12: 7912

#### Różne

X1: 12,28MHz  
 JP1, JP2, JP3, JP5: pojedyncze gniazda Cinch do druku  
 SW1: DIP-switch 4  
 Opcjonalnie: radiator(y) do stabilizatorów IC10...IC12, podstawki DIP8 do układów IC5...IC9, transformator 220/9VAC o mocy ok. 5W



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

Po przyłutowaniu układów IC1, IC3 i IC4 można rozpocząć montaż pozostałych elementów, zgodnie ze schematem montażowym pokazanym na rys. 3.

Do zasilania procesora dźwięku konieczny będzie transformator o napięciu wyjściowym 8...9 VAC i mocy co najmniej 5 W. Przy wyższych napięciach na wtórnym uzwojeniu transformatora może okazać się konieczne przykręcenie do obudów stabilizatorów IC10...IC12 radiatora (lub radiatorów). W przypadku zamontowania pojedynczego radiatora trzeba odizolować elektrycznie od niego IC12!

Potencjometry P1 i P2 są montowane poza płytką. Połączenia można dokonać za pomocą zwykłego przewodu nieekranowanego pod warunkiem zminimalizowania długości połączenia i zmaksymalizowania odległości pomiędzy przewodami i transformatorem zasilającym.

### Obsługa procesora...

...sprowadza się do wyboru rodzaju efektu za pomocą nastawnika SW1. W egzemplarzu modelowym zastosowano niewygodny DIP-Switch, ale w docelowych rozwiązaniach warto się

postarać o zastosowanie elektronicznego lub mechanicznego nastawnika binarnego. Konfiguracja stanów logicznych na wejściach wyboru programu układu IC1 jest taka, że zwarcie styków nastawnika powoduje podanie na jego odpowiednie wejście logicznej „1”.

Rolę styków wejściowych i wyjściowych spełniają bardzo wygodne w praktyce, klasyczne Cinche montowane bezpośrednio na płytce drukowanej. Na płytę czołową obudowy należy wprowadzić także obydwie potencjometry.

**Andrzej Gawryluk, AVT**

*Dodatkowe informacje o układzie AL3201 można znaleźć na płycie CD-EP8/2002B oraz w Internecie pod adresami:*

*<http://www.alesis-semi.com/datasheets/3201Dev.zip> - kompilator asmeblera,*

*<http://www.alesis-semi.com/Appnote3201.htm> - link do dokumentacji i not aplikacyjnych układu AL3201.*

*Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/pdf/wrzesien02.htm>.*