

Pedał MIDI

Urządzenia współpracujące z interfejsem Midi zdobywają coraz większą popularność wśród muzyków posługujących się instrumentami elektronicznymi.

Po raz pierwszy w EP przedstawiamy opis elektronicznego pedału do modyfikacji dźwięku. Zaletą rozwiązania jest niska cena i duża uniwersalność. Układ można skonfigurować jako pedał *sostenuto*, *portamento* lub *moll*.



Synteza starszych typów są wyposażone w gniazda wejściowe dla pedału *sostenuto*, ewentualnie innych jeszcze rodzajów, jak *moll* lub *portamento*. W większości przypadków same pedały są zwykłymi przełącznikami nożnymi.

W nowoczesnych syntezatorach gniazda wejściowe dla pedałów nie są czymś nieznanym, obserwuje się jednak zdecydowany trend w kierunku zewnętrznego sterowania wyłącznie przez MIDI. Chociaż MIDI niewątpliwie zapewnia nieosiągalny przedtem stopień kontroli, to w zastosowaniu do pedałów wydaje się raczej „młotem kowalskim do łupania orzechów“.

Gdy przedtem wystarczał jedynie nożny przełącznik, to sterowanie poprzez MIDI wymaga oprócz nożnego przycisku jeszcze okazałej ilości elektroniki. Gotowe pedały MIDI stają się bardzo

kosztowne. Wiele z tych urządzeń jest dość wymyślnych, ale prawdopodobnie wykraczają znacznie poza potrzeby większości użytkowników.

Przedstawiony pedał MIDI może zostać wykonany stosunkowo niskim kosztem, a z odpowiednim syntezatorem działa jako pedał *sostenuto*. Może także zostać przystosowany do sterowania każdego przełącznikowego sterownika MIDI. Może więc zostać skonfigurowany do użytku jako pedał *moll*, pedał *portamento* itp.

Dokładnie co może a co nie może być sterowane za pośrednictwem takiego modułu zależy od implementacji MIDI danego syntezatora. Mapa implementacji MIDI powinna jasno wskazywać, na które funkcje sterujące MIDI instrument reaguje. Zwykły pedał włączający i wyłączający, jak opisywa-

ny, może sterować tylko funkcjami przełączającymi (liczby sterujące o kodach od 64 do 90).

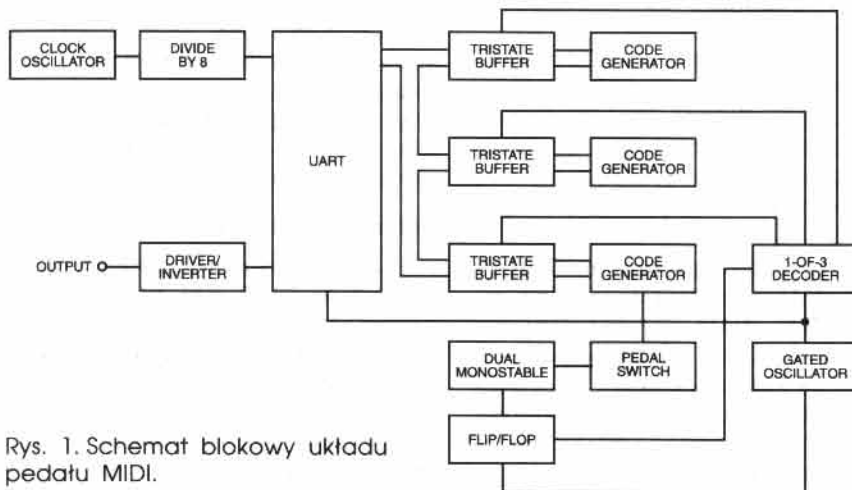
Działanie systemu

Schemat blokowy na **rysunku 1** wyjaśnia zasady działania pedału MIDI. Jest to niewiele uproszczony model rzeczywistego układu, obejmujący wszystkie jego podstawowe elementy.

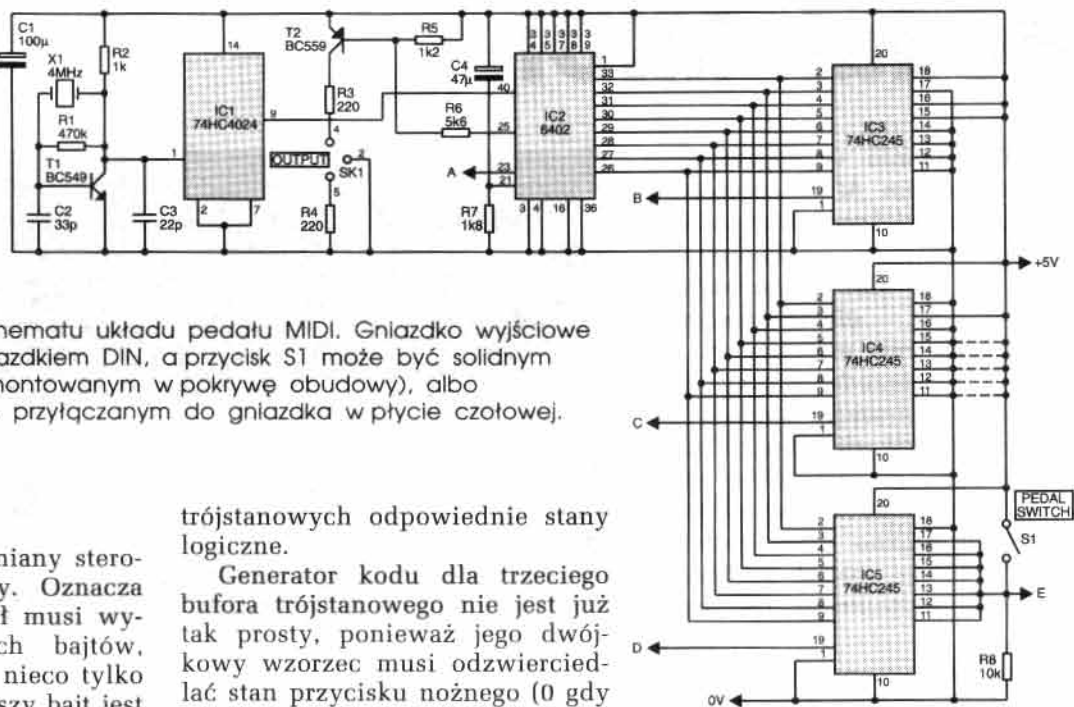
Sygnal MIDI jest sygnałem szeregowym, podobnym do zwykłego asynchronicznego sygnału szeregowego RS232C. Szybkość transmisji jest stosunkowo duża i wynosi 31250 bodów. W MIDI stosuje się pętlę prądową 5mA zamiast sygnałów napięciowych $\pm 12V$ sprzęgu RS232C.

Format słów sygnału jest konwencjonalny - jeden bit startu, osiem bitów danych, jeden bit stopu, bez parzystości. Sygnal szeregowy jest generowany za pomocą standardowego UARTu (uniwersalnego asynchronicznego odbiornika-nadajnika). W tym przypadku potrzebny jest jedynie nadajnik, odbiornik pozostaje zupełnie nie wykorzystany.

Szybkość transmisji wyznacza sygnał zegarowy, który musi być 16-krotnie od niego szybszy, w tym wypadku 500kHz. Sygnalu tego dostarcza oscylator kwarcowy 4MHz i dzielnik przez 8. Poziomy logiczny szeregowy sygnał wyjściowego UARTu wynosi 5V, a następnie w prostym sterowniku-inwerterze podlega konwersji do wymagań pętli 5mA.



Rys. 1. Schemat blokowy układu pedału MIDI.



Rys. 2. Część główna schematu układu pedału MIDI. Gniazdko wyjściowe SK1 jest 5-stykowym gniazdkiem DIN, a przycisk S1 może być solidnym przyciskiem nożnym (wmontowanym w pokrywę obudowy), albo przyciskiem pedałowym, przyłączanym do gniazdka w płycie czołowej.

Komunikaty MIDI

Komunikat MIDI zmiany sterowania jest trójbajtowy. Oznacza to, że naciśnięty pedał musi wysłać sekwencję trzech bajtów, a zwolniony podobną, nieco tylko zmodyfikowaną. Pierwszy bajt jest bajtem stanu. Jego starszy półbajt niesie kod zmiany sterowania, a młodszy, numer kanału MIDI.

Następny bajt zawiera kod sterowania MIDI, które ma zostać zmienione, przy czym dla pedału sostenuto przyjęto wartość 64. Trzeci bajt przyjmuje wartość 127 (włączenie funkcji), albo 0 (wyłączenie funkcji).

W obecnej wersji specyfikacji MIDI wartości 0 do 63 muszą być interpretowane jako wyłączające, a wartości od 64 do 127 jako włączające. Ponieważ jednak w użyciu jest jeszcze znaczna liczba urządzeń starszych, które jako sterowanie przełącznikowe interpretują wyłącznie wartości 0 i 127, więc poprawne działanie można zagwarantować tylko wtedy, gdy w trzecim bajcie znajdzie się jedna z tych dwóch wartości.

Kodowanie

Wejściami danych UARTu sterują trzy 8-bitowe bufony trójstanowe. Pierwszy z nich otrzymuje dane z generatora kodu, który dostarcza właściwego dwójkowego wzorca komunikatu zmiany programu w Kanale 1. Drugi otrzymuje dane z generatora kodu, który dostarcza dwójkowego wzorca wartości (dziesiątnej) 64, lub innej, odpowiadającej tej funkcji MIDI, którą pedał ma sterować. Te dwa kody dwójkowe przygotowuje się łatwo, doprowadzając do poszczególnych wejść buforów

trójstanowych odpowiednie stany logiczne.

Generator kodu dla trzeciego bufora trójstanowego nie jest już tak prosty, ponieważ jego dwójkowy wzorzec musi odzwierciedlać stan przycisku nożnego (0 gdy jest naciśnięty, a 127 gdy nie). Wymaganie to jest spełnione, gdy najstarszy bit jest utrzymywany w stanie wysokim, a stan pozostałych siedmiu jest wysoki lub niski w zależności od stanu przycisku nożnego.

Sterowanie

Pozostała część modułu zawiera logiczne układy sterujące. Po naciśnięciu pedału bufony trójstanowe muszą jeden po drugim zostać uruchomione we właściwej kolejności, a każdy z buforów w czasie swojej aktywności musi dostarczyć impulsu do UARTu.

Każdy z tych impulsów wywołuje załadowanie przez UART bajtu z aktywnego bufora i wysłanie go. Gdy przycisk pedału zostanie zwolniony, musi zostać powtórzona ta sama sekwencja, ale z wartością 0 zamiast 127 w ostatnim bajcie.

Przycisk pedału wywołuje układ podwójnego przerzutnika monostabilnego. Składa się on z przerzutnika wyzwalanego zboczem narastającym, przerzutnika wyzwalanego zboczem opadającym oraz zwykłej bramki.

Gdy pedał zostanie naciśnięty względnie zwolniony, to albo jeden albo drugi z przerzutników monostabilnych zostanie wyzwolony i z kolei wyzwoli przerzutnik bistabilny, sterujący bramkowanym oscylatorem. Wtedy zostanie uruchomiony oscylator.

Sygnal oscylatora pobudza dekodery „1 z 3” i wyzwala UART. Trzy sygnały wyjściowe dekodera udzielają zezwolenia trzem buforom trójstanowym.

W pierwszym cyklu oscylatora zostaje uruchomiony pierwszy bufor trójstanowy, oscylator wyzwala UART i bajt ten zostaje załadowany i wysłany. Bufory trójstanowe drugi i trzeci zostają uruchomione w drugim i trzecim cyklu oscylatora i ich bajty załadowane do UARTu i wysłane.

W trzecim cyklu oscylatora dekodery „1 z 3” sam się kasuje, a także kasuje przerzutnik dwustabilny, wyłączając oscylator i nie dopuszczając do załadowania do UARTu i wysłania następujących bajtów.

Seqwencja ta zostaje niemal w całości powtórzona, gdy pedał zostaje zwolniony. Jedyną różnicę stanowi inny kod dwójkowy, dostarczony trzeciemu buforowi trójstanowemu, dzięki czemu w ostatnim bajcie komunikatu zostaje wysłana wartość zerowa.

Działanie układu

Schemat głównej części modułu pedału MIDI jest przedstawiony na rysunku 2, a części zawierającej sterujące układy logiczne na rysunku 3. IC2 jest to UART standardu przemysłowego, typu 6402 (lub jego dokładny odpowiednik). Obwód C4-R7 zapewnia

jego skasowanie w momencie włączenia zasilania.

UART może obsłużyć każdy normalny format słów, wystarczy tylko jego wyprowadzenia 34...39 połączyć z odpowiednimi dla danego formatu poziomami logicznymi. W niniejszym przypadku IC2 jest oczywiście skonfigurowany dla ośmiu bitów danych, jednego bitu stopu, bez parzystości.

Tranzystor T2 wchodzi w skład stopnia inwertera-sterownika, będącego zwykłym przełącznikiem ze wspólnym emitorem. Rezystory R3 i R4 ograniczają jego prąd wyjściowy. T1 tworzy konwencjonalny generator zegarowy 4MHz.

Podział tej częstotliwości przez 8 następuje w IC1, który dostarcza do IC2 sygnału 500kHz. IC1 jest 7-stopniowym dzielnikiem dwójkowym, z którego wykorzystuje się tylko trzy pierwsze stopnie. Do tej roli jest konieczny 74HC4024, której zwykły 4024BE przy częstotliwości 4MHz i zasilaniu 5V mógłby nie podołać.

Półbajty i bajty

Rolę trzech buforów trójstanowych IC3, IC4 i IC5 pełnią ósemkowe nadajniki-odbiorniki 74HC245, które w układzie zostały połączone w tryb odbiorczy i działają jako 8-bitowe bufor trzystanowe.

Wejścia IC3 są połączone jako starszy bajt na 1011 i jest to kod zmiany sterowania. Młodszy bajt otrzymał połączenia na 000, co oznacza, że moduł nadaje na Kanale 1 MIDI (zgodnie z konwencją, numer kanału jest o 1 większy od dwójkowej wartości przesyłanej w bajcie stanu MIDI).

Nadanie modułowi nastawialnego numeru nie byłoby zbyt

trudne, ale prawdopodobnie nieoptyczne. W praktyce nie powinno być trudności w używaniu modułu na Kanale 1. W wielu przypadkach syntetyzer może być używany w Trybie 1 (omni\ on/poly) i kanał działania pedału nie ma wtedy znaczenia.

Najstarszy bit bajtów danych MIDI jest zawsze zerowy, są więc one łatwo odróżnialne od bajtów stanu, których najstarszy bit jest zawsze jedynką. Dlatego więc najwyższe wejścia IC4 i IC5 muszą być utrzymywane w stanie niskim. W IC4 bit 6 jest utrzymywany w stanie wysokim, a 0 i 5 w stanie niskim. Wyznacza to wartość dziesiątą 64, która jest liczbą kontrolną MIDI dla pedału sostenuto. Zworki z drutu na płytce drukowanej pozwalają w razie potrzeby na doprowadzenie stanu wysokiego do każdego z wejść od 0 do 5, moduł może zatem zostać użyty do sterowania innych przełącznikowych sterowników MIDI.

Wejścia 0 do 6 IC5 są utrzymywane w stanie niskim przez rezystor R8. Gdy przycisk S1 pedału zostanie naciśnięty, wszystkie 7 zostają wprowadzone w stan wysoki, przekazując do trzeciego bajtu danych wartość 127. Rezultatem jest włączenie funkcji sostenuto (czy innej). Gdy S1 zostanie zwolniony, R8 ściąga te wejścia ponownie do stanu niskiego, i w trzecim bajcie komunikatu zostanie wysłana wartość 0. Funkcja sostenuto lub inna zostanie więc wyłączona.

Logiczny układ sterowania

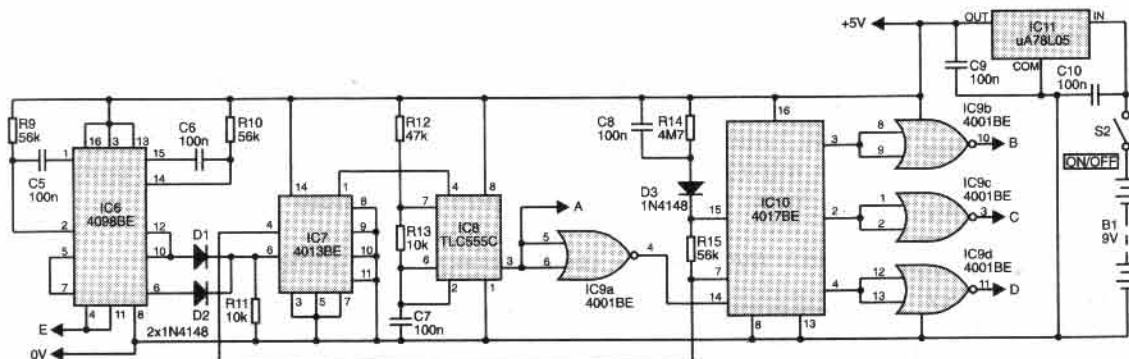
Schemat układu sterowania stopni logicznych jest pokazany na rys. 3. IC6 jest układem dwóch przerzutników monostabilnych

CMOS 4098BE, z których oba są wyzwalane przez obwód przycisku pedału S1 i rezystora R8 (rys. 2).

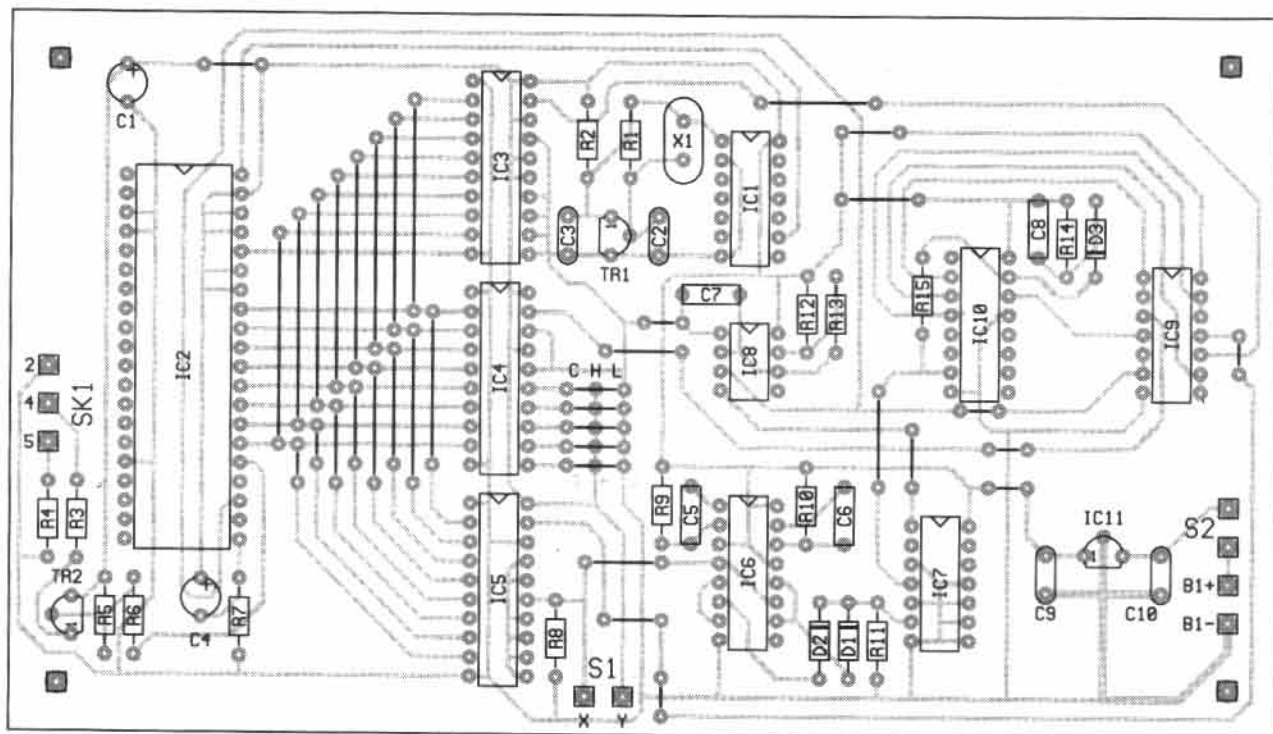
Teoretycznie, zwarcie przycisku S1 wyzwała prawą część IC6, a zwolnienie lewą. W praktyce, odbicia styków przycisku w trakcie ich ruchu wywołują wyzwolenie obu przerzutników monostabilnych tak przy zwieraniu, jak i przy rozwieraniu S1. Nie ma to jednak znaczenia i układ będzie działał poprawnie, jeżeli za każdą zmianą stanu S1 choć jeden z przerzutników zostanie wyzwolony. Czas trwania impulsów wyjściowych obu przerzutników wynosi około 2,8ms.

Diody D1 i D2 oraz rezystor R11 tworzą na wyjściach IC6 prostą bramkę OR, zatem IC7 otrzymuje impuls wyzwalający niezależnie od tego, czy został wyzwolony jeden z przerzutników, czy oba. IC7 zawiera dwa przerzutniki CMOS typu D, ale tylko jeden z nich jest wykorzystany w roli zwykłego przerzutnika. Wejścia drugiego zostały połączone z masą dla zapobieżenia jego przypadkowemu przełączeniu.

Oscylator IC8 jest standardowym bramkowanym układem 555. Zastosowano wersję o małym poborze prądu dla zminimalizowania poboru prądu przez moduł. IC8 oscyluje na częstotliwości około 215Hz, wystarczająco dużej aby bardzo szybko wysłać trzy grupy bajtów, gdy pedał zostanie naciśnięty, ale wystarczająco niskiej aby UART nie został przeciążony danymi. UART (IC2) jest sterowany wprost z IC8, natomiast do wejścia zegarowego dekodera IC10 sygnał oscylatora jest kierowany przez inwerter utworzony z jednej (IC9a) z bramek NOR.



Rys. 3. Schemat logicznego układu sterującego pedału MIDI.



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej i połączenia z podzespołami płyty czołowej. Jeżeli stosuje się przycisk pedałowy jako S1, to punkty X i Y łączą się z gniazdkiem w płycie czołowej.

Dekoder

Jako dekodera „1 z 3” użyto dekodera „1 z 10” IC10, układu CMOS 4017BE. Sygnał z jego wyjścia „3” został użyty do zerowania układu, eliminując tym samym wyjścia „3” do „9” i tworząc w ten sposób dekodery „1 z 3”. Sprzężenie wyjścia „3” z wejściem kasującym jest zapewnione przez rezystor R15.

Obwód R14-C8-D3 generuje impuls kasujący IC10 w momencie włączania zasilania, układ startuje zatem poprawnie z wyjściem „0” w stanie wysokim. Już więc po pierwszym naciśnięciu przycisku S1 pedału (rys. 2) zostanie wysłany poprawny sygnał i działanie syntetyzera nie będzie zakłócone.

Wyjścia IC10 stają się aktywne w stanie wysokim, ale bufor tryjstanowe wymagają sygnałów w stanie niskim. Do ich sterowania użyto więc inwerterów utworzonych z pozostałych trzech bramek (IC9b, IC9c i IC9d).

Do zasilania układu jest wymagane stabilne napięcie 5V przy obciążeniu kilku mA. Służy do tego bateria 9V i mały monolityczny stabilizator napięcia (IC11). W module użyto przeważnie układów scalonych CMOS, więc pobór prądu jest niewielki i wynosi od

5mA do 6mA. Bateria typu PP3 wystarcza zatem do jego zasilania.

Wykonanie

Rysunek 4 przedstawia rozmieszczenie elementów układu na płytce drukowanej oraz mozaikę ścieżek tej płytki. Płytkę jest jednostronna, ale wymaga wykonania sporej liczby zworek z drutu. Wykonuje się je z ocynowanego drutu miedzianego o średnicy 0,6 lub 0,7mm. Zworki nie wymagają izolacji jeżeli są dobrze naciągnięte.

Układy scalone są typu CMOS, wymagają więc ostrożności podczas montażu i ochrony przed ładunkami elektrostatycznymi. Powinny być umieszczone w podstawkach, ale dopiero po całkowitym zmontowaniu układu. Należy unikać niepotrzebnego ich dotykania.

Rezonator kwarcowy X1 powinien być typu HC-49/U (czyli z wyprowadzeniami z drutu, o rozstawie 7,5mm). Niektóre kwarcy są mało odporne na ciepło, nie należy więc podgrzewać ich przy

lutowaniu dłużej niż to absolutnie konieczne.

Kondensatory C5 do C8 powinny być typu miniaturowego do druku, o rozstawie wyprowadzeń 7,5mm. W tych punktach płytki, które mają łączyć się z innymi podzespołami, należy umocować jednostronne końcówki lutownicze. Pięć zworek na prawo od IC4 służy do określenia funkcji pedału. Na rys. 4 widać, że wszystkie pięć programowanych wejść jest połączonych z masą. Jak już podano, w wyniku tego w drugim bajcie każdego komunikatu jest przesyłana wartość 64, oznaczająca że moduł działa jako pedał sostenuto.

Układ można przystosować do innych funkcji wprowadzając jedno lub więcej tych wyjść w stan wysoki. Wystarczy w tym celu połączyć daną końcówkę C ze ścieżką H zamiast L (zob. rys. 5). W tabeli 1 podano szczegóły połączeń dla pedału portamento, sostenuto i moll.

Tabela 1. Wybór efektu obsługiwanego przez pedał.

Funkcja IC4	Liczba kontrolna (dziesiętna)	Połączenia
portamento	65	11 H, 12...15 L
sostenuto	66	12 H, 11 i 13...15 L
moll	67	11 i 12 H, 13...15 L

Obudowa

Układ mieści się w średniej wielkości metalowej obudowie przyrządowej. Płytkę drukowaną mocuje się czterema śrubami M3, lub plastikowymi wspornikami, do dolnej płyty obudowy. Śruby wymagają użycia tulejek dystansowych o wysokości 6 do 10mm, aby odsunąć ścieżki i połączenia płytki od metalowej obudowy. Wylłącznik S2 i gniazdko DIN SK1 montuje się w płycie czołowej. SK1 wymaga wywiercenia jednego większego otworu o średnicy około 15mm i dwóch mniejszych (Ø3,3mm) dla krótkich wkrętów M3 z nakrętkami i podkładkami. Nie są one zwykle dostarczane razem z gniazdkiem. Po wykonaniu większego otworu mniejsze można wytrasować używając gniazdka jako szablonu.

Przycisk nożny S1 można wykonać na dwa sposoby. Tańszy sposób polega na użyciu dużego, nie blokującego się, przycisku z aktywnymi stykami i wmontowaniu go w górną płytę obudowy. W tym przypadku trzeba oczywiście użyć mocnej obudowy i dobrej jakości, odpornego, przycisku S1.

Lepszym ale droższym sposobem jest użycie konwencjonalnego pedału z wbudowanym przyciskiem S1, jak w syntezatorach starszego typu. Łączy się go z układem za pośrednictwem gniazdka 6,35mm wmontowanego w płytę czołową obudowy.

Podłączenie

Gniazdko SK1 pedału MIDI łączy się z gniazdkiem IN syntezatora za pomocą standardowego przewodu MIDI. Syntezator musi zostać przełączony na odbiór Kanalu 1 MIDI, albo przełączony w Tryb (Mode) 1, aby mógł odbierać komunikaty na każdym kanale MIDI. Moduł jest gotowy do sprawdzania i użytku.

W ofercie AVT dostępna jest płytka drukowana do pedału MIDI, oznaczona AVT-608.

Robert Penfold

Artykuł publikujemy na postawie umowy z redakcją „EVERYDAY WITH PRACTICAL ELECTRONICS”.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

0,25W, 5%, węglowe warstwowe

R1: 470kΩ

R2: 1kΩ

R3, R4: 220Ω

R5: 1,2kΩ

R6: 5,6kΩ

R7: 1,8kΩ

R8, R11, R13: 10kΩ

R9, R10, R15: 56kΩ

R12: 47kΩ

R14: 4,7MΩ

Kondensatory

C1: 100μF/10V, stojący

C2: 33pF, ceramiczny

C3: 22pF, ceramiczny

C4: 47μF/16V, stojący

C5...C10: 100nF, poliestrowy

C9, C10: 100nF, ceramiczny

Półprzewodniki

D1...D3: 1N4148

TR1: BC549 npn

TR2: BC559 pnp

IC1: 74HC4024

IC2: 6402, UART

IC3...IC5: 74HC245

IC6: 4098

IC7: 4013

IC8: TLC555C lub podobny

IC9: 4001

IC10: 4017

IC11: μA78L05

Różne

B1: bateria 9V z zatraskiem (PP3)

S1: przycisk nożny (zob. tekst)

S2: wylłącznik 1-obwodowy

X1: rezonator kwarcowy 4MHz,

wyprowadzenia drutem

SK1: 5-stykowe kątowe gniazdko

DIN do druku

płytki drukowanej

metalowa obudowa przyrządowa, wymiary około: 230 x 133 x 63mm

8-stykowa podstawka DIL

3 szt. 14-stykowe podstawki DIL

2 szt. 16-stykowe podstawki DIL

3 szt. 20-stykowe podstawki DIL

40-stykowa podstawka DIL

przewód montażowy