

Trójwejściowy przedwzmacniacz HiFi

AVT-5066



Konstruktorzy urządzeń audio mają obecnie dwie możliwości: mogą konstruować je z cyfrowymi torami audio - wówczas można łatwo uzyskiwać bardzo dobre parametry dzięki gotowym, specjalizowanym układom - lub - zastosować analogowe, ale cyfrowo sterowane tory audio. Konstruowanie urządzeń o budowie klasycznej jest oczywiście możliwe, ale w porównaniu z nowymi rozwiązaniami o wiele bardziej kłopotliwe.

W prezentowanym przedwzmacniaczu tor audio jest analogowy, ale sterowanie jego wszystkimi funkcjami realizuje sterownik zbudowany w oparciu o popularny mikrokontroler PIC16F84. Schemat elektryczny przedwzmacniacza przedstawiono na rys. 1. Zbudowanie urządzenia, w którym wielkości analogowe byłyby regulowane cyfrowo bez użycia specjalizowanego układu scalonego byłoby zbyt kłopotliwe. Trudno bowiem byłoby uzyskać wystarczająco dobre wartości parametrów, a cały układ musiałby być rozbudowany i kosztowny. Dlatego zastosowany został specjalizowany układ sterowanego cyfrowo przedwzmacniacza LMC1983, produkowany przez firmę National Semiconductor. Jest to kompletny, monolityczny przedwzmacniacz z trzema wejściami typu LINE (o czułości 200mV...2V), regulacją wzmacnienia, tonów wysokich (*treble*) i tonów niskich (*bass*). Poza tym dostępne są dodatkowe funkcje: możliwość włączania filtra „kontur“ (*loudness*), całkowitego wyciszenia (*mute*), trybów „sygnał z wejścia L“, „sygnał z wejścia R“ i trybu stereo.

W układzie LMC1983 zastosowano technologię unipolarną CMOS i bipolarną. Tranzystory bipolarne wykorzystywane są w torze audio, natomiast wszystkie klucze przełączające w układach regulacji wykonane są w technologii CMOS. Zastosowanie niskoszumnych rezystorów z polikrystalicznego krzemu pozwoliło na osiągnięcie niskiego poziomu szumów.

Na rys. 2 przedstawiono schemat blokowy LMC1983. Układ przełącznika wejść pozwala wybrać sygnał z jednego z trzech stereofonicznych wejść przedwzmacniacza. Poza tym realizuje funkcje:

- wyciszania - na wyjścia układu przełącznika SELECT OUT nie jest wtedy podawany sygnał z żadnego z wejść,
- „sygnał z wejścia L“ - na wyjściach układu przełącznika SELECT OUT pojawia się sygnał tylko z wejścia L,
- „sygnał z wejścia R“ - na wyjściach układu przełącznika SELECT OUT pojawia się sygnał tylko z wejścia R,
- tryb stereo.

Wyjścia układu przełącznika SELECT OUT (piny 7 i 22) umożliwiają podłączenie zewnętrznych układów redukcji szumów lub regulacji barwy tonów (korektora graficznego). Możliwe jest też użycie obu tych układów jednocześnie. Wyjścia z tych zewnętrznych układów powinny być połączone z wejściami SELECT IN (piny 8, 21) układu regulacji barwy LMC1983. W przypadku, gdy żaden zewnętrzny układ nie jest wykorzystywany, wyjścia SELECT OUT muszą być połączone z wejściami SELECT IN za pomocą kondensatorów. W opisywanym przedwzmacniaczu połączenie to jest realizowane za pomocą C7 i C8 o pojemności 470nF.

W układach regulacji barwy tonów zastosowano tylko dwa kondensatory (na jeden kanał) o wartości 8,2nF włączone pomiędzy

Właściwości przedwzmacniacza:

- ✓ Trzy stereofoniczne wejścia typu LINE (200mV...2V)
- ✓ Regulacja siły głosu od -80dB do 0dB z krokiem 2dB
- ✓ Regulacja tonów niskich od -12dB do +12dB co 2dB
- ✓ Regulacja tonów wysokich od -12dB do +12dB co 2dB
- ✓ Włączana funkcja „kontur“
- ✓ Sterowanie za pomocą czterech klawiszy
- ✓ Wyświetlanie wszystkich funkcji na wyświetlaczu alfanumerycznym
- ✓ Sterownik zbudowany w oparciu o PIC16F84

nóżki *SELECT IN* i *TONE IN* oraz *TONE OUT* i *OP AMP OUT* (C9, C11 dla kanału lewego i C10, C12 dla kanału prawego). Rezystory obwodu regulacji są umieszczone w strukturze układu. Zakres regulacji barwy rozciąga się od -12 do +12dB. Wartość 0dB odpowiada płaskiej charakterystyce przenoszenia układu (*flat*). Z układu regulacji barwy tonów sygnał podawany jest już w układzie - na regulator głośności i obwód konturu.

Ludzkie ucho jest mniej czułe na niskie i wysokie, niż na średnie częstotliwości z zakresu od 2 kHz do 6kHz. Pogarszanie się czułości dla niskich i wysokich częstotliwości jest coraz większe przy malejącym poziomie głośności sygnału akustycznego. Aby zrekomensować to niekorzystne zjawisko, w wielu rozwiązaniach stosowany jest układ konturu. Jego zadaniem jest dodatkowe wzmocnienie sygnałów o niskich i wysokich częstotliwościach przy małym poziomie głośności. W LMC1983 wartość tego wzmocnienia zależy od poziomu wzmocnienia regulatorów siły głosu. Inaczej mówiąc, im ciszej tym bardziej są podbijane niskie i wysokie tony. Tak jest tylko w przypadku, gdy funkcja konturu jest włączona. W układzie konturu kanału lewego wykorzystywane są elementy: C13, C15, R1 i R3, a kanału prawego: C14, C16, R2 i R4. Poziom głośności można ustawiać w 40-tu krokach od -80dB do 0dB co 2 dB w każdym kanale niezależnie. Umożliwia to regulację zrównoważenia pomiędzy kanałami.

W LMC1983 używa się do komunikacji z mikroprocesorowym sterownikiem szeregową magistrali Intermetal. Szeregowo dane są wysyłane do LMC1983 przez trzy linie: zegarową CLK, danych DATA i identyfikacji ID. Linie: zegarowa i identyfikacji są z punktu widzenia przedwzmacniacza liniami wejściowymi, natomiast linia danych jest linią dwukierunkową. Linia zdefiniowana w mikrokontrolerze jako linia danych musi być typu „otwarty dren“ z rezystorem podciągającym o wartości 1kΩ do plusa zasilania. Maksymalna częstotliwość przesyłania danych magistralą wynosi 1MHz. Paczka danych ma długość 16 bitów. Pierwsze 8 bitów okre-

Tab. 1. Zestawienie adresów i rejestrów funkcji w układzie LMC1983

Adres (A7...A0)	Funkcja	Parametr	Wybrana funkcja
01000000	Wybór wejścia + wyciszenie	xxxxxx00 xxxxxx01 xxxxxx10 xxxxxx11	Wejście 1 Wejście 2 Wejście 3 Wyciszenie
01000001	Kontur	xxxxxxx0 xxxxxxx1	Wyłączony Załączony
01000010	Tony niskie	xxxx0000 xxxx0011 xxxx0110 xxxx1001 xxxx11xx	-12dB -6dB flat +6dB +12dB
01000011	Tony wysokie	xxxx0000 xxxx0011 xxxx0110 xxxx1001 xxxx11xx	-12dB -6dB flat +6dB +12dB
01000100	Głośność kanał L	xx000000 xx010100 xx101xxx xx11xxxx	0dB -40dB -80dB -80dB
01000101	Głośność kanał R	xx000000 xx010100 xx101xxx xx11xxxx	0dB -40dB -80dB -80dB
01000110	Wybór trybu	xxxxx100 xxxxx101 xxxxx11x	Sygnał z wejścia L Stereo Sygnał z wejścia R
01000111	Czytanie wejścia dig. Input 1 lub dig. Input2	XxxxxD1D0	D1 - wejście cyfrowe 1 D0 - wejście cyfrowe 0

la adres z zakresu 0x40...0x47. Adresem tym wybierana jest jedna z ośmiu dostępnych funkcji wykonywanych przez LMC1983. Następne osiem zawiera wartość parametru wybranej funkcji. Adresy wraz z parametrami i opisem funkcji zestawiono w **tab. 1**.

Bity oznaczone jako „x“ są nieistotne i mogą przybierać dowolne wartości (najlepiej je wyzerować). Umieszcza się je na odpowiednich pozycjach jako „wypełniacze“ słowa parametru, tak aby można było określić pozycje bitów znaczących.

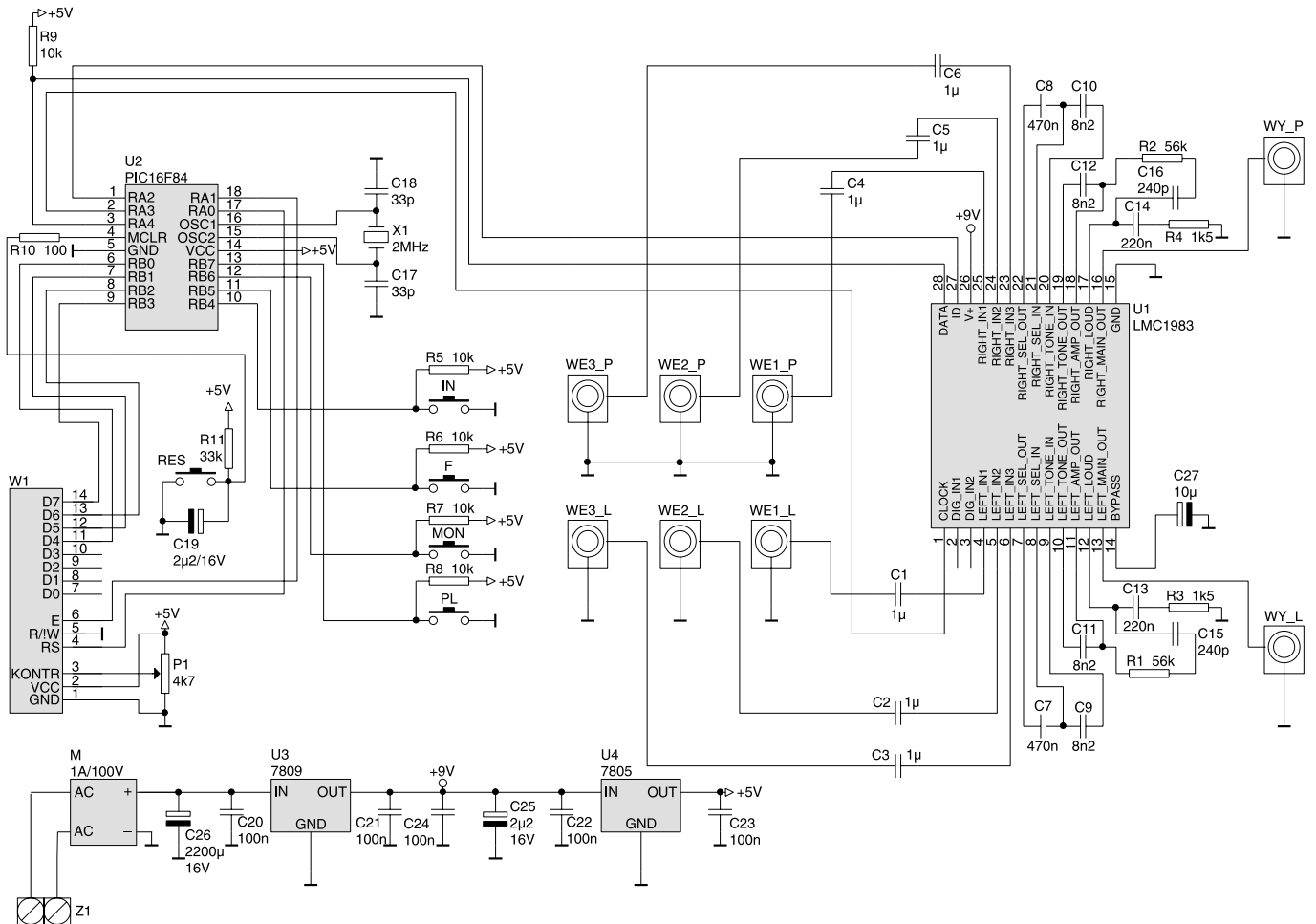
Dane na linii DATA muszą być ustalone przy narastającym zboczu sygnału na linii CLOCK. Linia ta synchronizuje wpisywanie do układu lub odczytywanie danych z układu. Przy wpisaniu pierwszych ośmiu bitów adresu funkcji linia identyfikacji ID ma poziom niski. Jest to informacja dla LMC1983, że jest właśnie wpisywany adres. Następne osiem bitów parametru jest wpisywanych przy wysokim poziomie linii ID. Po ich przesłaniu sygnał zegarowy CLOCK jest wstrzymywany, a poziom wysoki na linii ID utrzymuje się jeszcze przez 6μs. Po tym czasie ID przechodzi do poziomu niskiego na czas 1μs.

Przesłane dane są wtedy zatrzymane, a układ jest gotowy do odbierania następnych danych.

Przebiegi czasowe na liniach magistrali pokazano na **rys. 3**, a przykładową procedurę zapisu do rejestrów LMC1983 przedstawiono na **list. 1**.

Linia DATA jest połączona z RA4 mikrokontrolera (**rys. 1**). Linia ta ma wyjście typu „otwarty dren“ i do uzyskania stanu logicznego „1“ potrzebny jest rezystor R9 podciągający RA4 do plusa zasilania. Jak już wspomniano DATA jest linią dwukierunkową - dane mogą być wysyłane do LMC1983, lub z niego odczytywane. Ten drugi przypadek zachodzi w momencie odczytywania stanu wejść dwustanowych DIG_IN1 i DIG_IN2 przedwzmacniacza. W opisywanym układzie wejścia te nie są wykorzystywane i linią DATA dane są przesyłane tylko do przedwzmacniacza.

Linia CLK jest połączona z RA3, a linia ID z RA2 PIC16F84. Do sterownika jest dołączony 16-znakowy wyświetlacz alfanumeryczny. Tego typu wyświetlacze mogą być różnie zorganizowane. W opisanym projekcie zastosowano wyświetlacz o organizacji 2x8 znaków. Pierwsze 8 znaków jest



Rys. 1. Schemat elektryczny przedwzmacniacza

umieszczanych w pamięci pod adresami 0...7, a następne 8 ma adresy 0x40...0x47. Spotykane są również wyświetlacze o organizacji 1x16 znaków. Aby przedwzmacniacz pracował poprawnie z takim wyświetlaczem, trzeba zmodyfikować program sterujący

tak, by znaki wpisywane w pamięć o adresach 0x40...0x47 były wpisywane do pamięci pod adresy 9...15. Wyświetlacz pracuje w konfiguracji z 4-bitową magistralą danych. Linie D4...D7 dołączone są do RB0...RB3, linia sterująca RS połączona jest z RA0, a EN z RA1 mikrokontrolera. Potencjometr P1 służy do ustawienia kontrastu wyświetlacza.

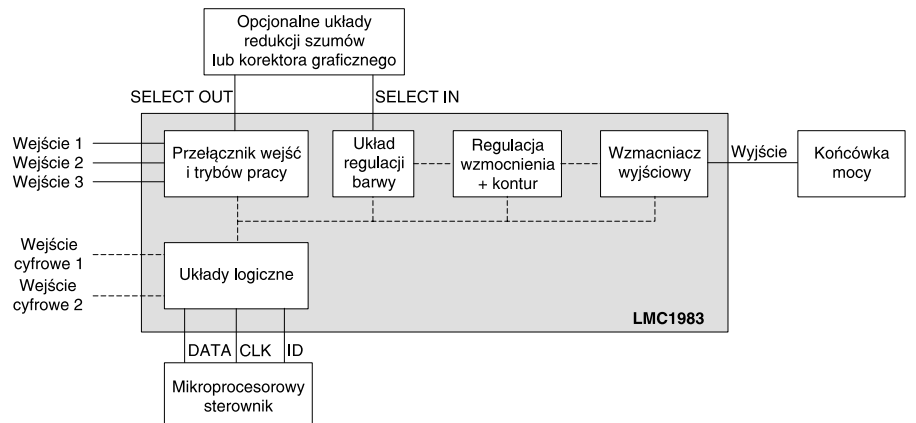
Klawisz funkcyjny „F” połączony jest z linią RB5, klawisz wyboru wejścia „I” połączony jest z RB4, a klawisze ustawiania „+” i „-” odpowiednio z liniami RB7 i RB6. Rezystory R5...R8 wymuszają poziom wysoki na liniach wejściowych RB5...RB7 w momencie, kiedy klawisz nie jest przyciśnięty. Obwód zerowania PIC16F84 jest zbudowany w oparciu o elementy R10, R11, C19. Jest on dodany trochę na wyrost i można

Do obsługi urządzenia wykorzystywane są cztery klawisze.

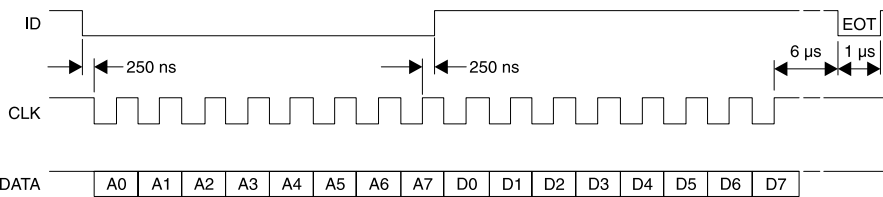
Liść. 1. Przykładowa procedura zapisu rejestrów LMC1983

```
void zapisLMC(uchar adres, uchar dana)
{
    ID=0; //zapis adresu
    delay_us(1); //opoznienie 1 usek
    doLMC(adres); //zapis adresu
    ID=1; //zapis danej
    delay_us(1);
    doLMC(dana); //zapis danej
    delay_us(6);
    ID=0;
    delay_us(3);
    ID=1;
    delay_us(10);
}

//zapis bajtu przez 3-liniową magistralę
//do LMC1983
void doLMC(uchar bajt)
{
    uchar i;
    for(i=0;i<8;i++)
    {
        CLK=0;
        if((bajt&1)==1)
            DATA=1;
        else
            DATA=0;
        CLK=1;
        bajt=bajt>>1;
    }
}
```



Rys. 2. Schemat blokowy LMC1983



Rys. 3. Przebiegi czasowe na liniach magistrali

zamontować tylko R11, a w miejsce R10 wlotować zworkę. Trzeba wówczas pamiętać, żeby w trakcie programowania mikrokontrolera ustawić bit konfiguracji !PWRTE na 0, bo w przeciwnym razie układ nie będzie działał. Dla rezonatora 2MHz trzeba też przed zaprogramowaniem układu ustawić tryb oscylatora pracy na XT.

Przedwzmacniacz powinien być zasilany napięciem przemiennym o wartości minimalnej 12V. Napięcie przemiennie po wyprostowaniu i odfiltrowaniu (mostek M1 i kondensator C26) podawane jest na układ stabilizatora U3. Układ ten dostarcza stabilizowane napięcie +9V zasilające LMC1983. Sterownik przedwzmacniacza zasilany jest napięciem +5V dostarczanym przez stabilizator U4. Jeżeli w docelowym układzie dostępne jest odpowiednio odfiltrowane napięcie o wartości 9...12V, to można zrezygnować z elementów M1, C26, C20, C21 i U3.

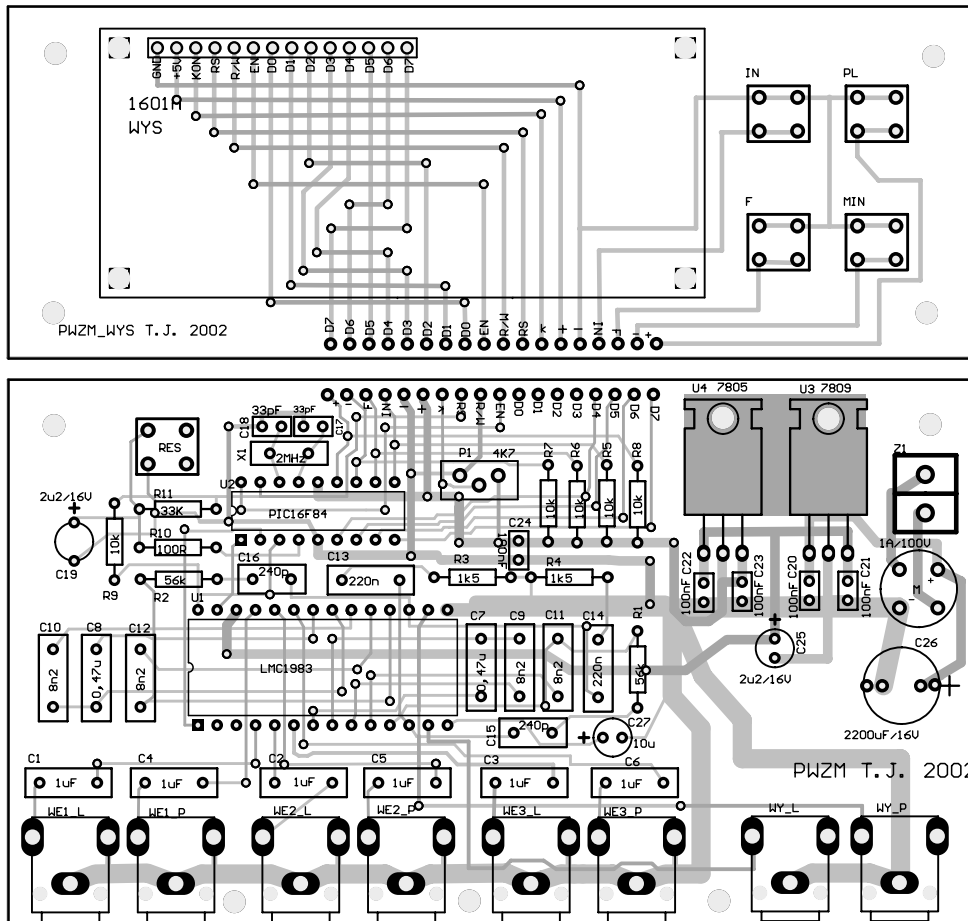
Całe urządzenie jest zmontowane na dwóch płytkach, których schemat montażowy pokazano na rys. 4. Na płytce głównej umieszczone są układy: zasilania, przedwzmacniacza i sterownika. Na płytce dodatkowej umieszczoneo wyświetlacz i klawisze sterujące. Obie płytki mają taką samą szerokość. Na ich krawędzi zostały umieszczone punkty lutownicze tak, że można je połączyć za pomocą listwy kątowych goldpinów w jeden moduł. Sygnały wejściowe są podłączane do przedwzmacniacza za pomocą wlotowywanych w płytke złącz CINCH, i na takich występują też sygnały wyjściowe. Montaż nie powinien nastęrczać żadnych trudności, nawet początkującemu elektronikowi. Układy U1 i U2 powinny być umieszczone w podstawkach. Stabi-

lizatory U3 i U4 są montowane w pozycji leżącej i przykręcone śrubkami M3 do płytki drukowanej. Wyświetlacz trzeba najpierw przykręcić do płytki śrubkami M2,5. Niezbędne będą tulejki dystansowe o długości ok. 5mm. Po przykręceniu trzeba przylutować wyprowadzenia wyświetlacza do płytki. Wyprowadzenia wyświetlacza pokrywają się z punktami lutowniczymi na płytce, więc nie powinno być problemu z prawidłowym jego podłączeniem.

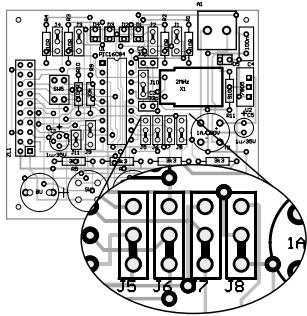
Analizując schemat przedwzmacniacza (rys. 1) można zauważyć, że podłączenie klawiszy, wyświetlacza i linii sterujących jest tak wykonane, że jako sterownik można wykorzystać moduł AVT873. Trzeba tylko odpowiednio ustawić zworki. Rzeczywiście,

prototyp przedwzmacniacza powstawał w oparciu o moduł AVT873. Dla wszystkich, którzy mają ten popularny moduł przygotowana została płytka rozszerzenia z układem LMC1983.

Na rys. 5 pokazano rozmieszczenie zworek na płytce sterownika AVT873. Połączenie sterownika z modułem przedwzmacniacza i wyświetlaczem należy wykonać kablem wstążkowym, zacisniętym na 20-pinowym złączu typu IDC. Moduł sterownika ma swój stabilizator +5V. Stabilizator napięcia zasilania LMC1983 trzeba zmontować osobno, ponieważ na płytce modułu nie przewidziano na niego miejsca. W początkowej fazie projektowania przyjęto zasilanie z zewnętrznego zasilacza o napięciu stałym 9...12V. Schemat montażowy płytki przedwzmacniacza pokazano na rys. 6, a jego schemat elektryczny na rys. 7. Elementy U2, R8, R9, C29 i C30 stanowią opcjonalny stabilizator napięcia +3V. Napięcie to może być zastosowane do zasilania walkmana wykorzystywanego jako magnetofon „stacjonarny”.



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytkach drukowanych



Rys. 5. Rozmieszczenie zworek na płytce drukowanej sterownika AVT873

Obsługa

Po włączeniu zasilania siła głosu w LMC1983 jest ustawiana na wartość minimalną -80dB, regulacja barwy ustawiona jest w pozycji „flat“, włączona jest funkcja wyciszania, a pozostałe funkcje są wyłączone. Sterownik przedwzmacniacza musi przez magistralę (podczas inicjalizacji) przesłać do układu odpowiednie ustawienia. Do rejestrów układu LMC1983 wpisywane są z pamięci EEPROM ustawienia głośności, barwy tonu, włączenie lub wyłączenie funkcji kontur oraz numer aktywnego wejścia. Ustawienia te mają takie wartości, jakie były wpisane do pamięci przed ostatnim wyłączeniem urządzenia. Początkowo w programie sterującym była zawarta procedura inicjująca wartości ustawień po zaprogramowaniu mikrokontrolera. Sprawdzała ona czy wartości te mieszczą się w żądanych granicach i jeżeli tak nie było, to były korygowane. W czasie pisania programu okazało się jednak, że brakuje miejsca w pamięci programu i trzeba było tę procedurę usunąć. Aby uniknąć wadliwego działania przedwzmacniacza przy pierwszym uruchomieniu po zaprogramowaniu, należy przed zaprogramowaniem mikrokontrolera wpisać do początkowych pierwszych sześciu komórek pamięci EEPROM same zera. Większość programatorów ma możliwość edycji tej pamięci, więc nie powinno z tym być problemu. Po wpisaniu przez sterownik ustawień początkowych do LMC1983 następuje programowa inicjalizacja kontrolera wyświetlacza LCD i pojawia się na nim wartość ostatnio ustawionej głośności i ostatnio wybranego wejścia np. *Volume -20dB In 1*

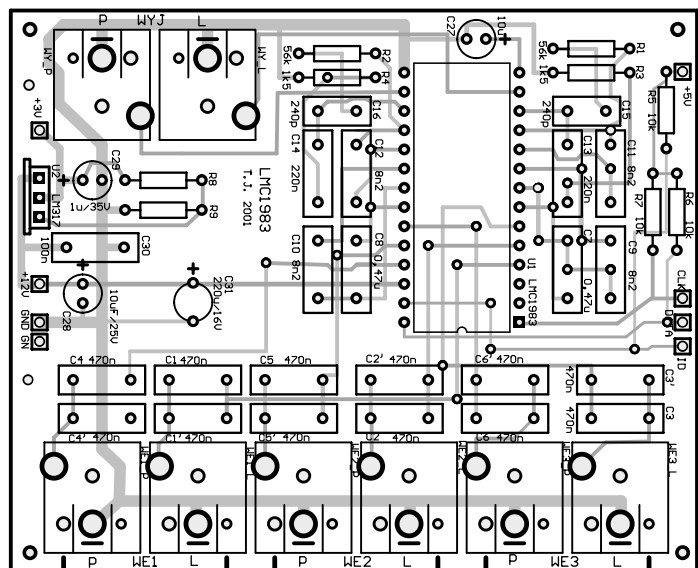
Program czeka teraz w pętli głównej na przyciśnięcie klawisza.

Przyciśnięcie klawisza I powoduje sekwencyjną zmianę aktywnego wejścia przedwzmacniacza. Zmieniony numer wejścia jest wyświetlany i oczywiście wpisywany do U1 (funkcja o adresie 0x40). Przełączanie wejścia jest czynnością wykonywaną dość często, dlatego do tego zadania został przeznaczony specjalny klawisz. Przyciśnięcie klawisza „+“ lub „-“, kiedy program znajduje się w pętli głównej, powoduje wywołanie procedury regulującej głośność. Przyciśnięcie klawisza „+“ będzie powodowało automatyczne zmniejszanie wartości liczby wpisywanej do rejestrów głośności co 140 ms, aż do momentu puszczenia klawisza. Im mniejsza wartość wpisana do rejestrów głośności, tym większe jest wzmocnienie sygnału podanego na wybrane wejście (tab. 1). Na wyświetlaczu są wyświetlane wartości głośności w decybelach ze znakiem minus. Po osiągnięciu zera (czyli maksymalnej głośności), proces regulacji się zatrzymuje. Po puszczeniu klawisza wartość głośności zapisywana jest do pamięci EEPROM i program wraca do pętli głównej. Po przyciśnięciu klawisza regulacja odbywa się analogicznie, z tym że wartość liczby wpisywanej do rejestrów głośności jest automatycznie zwiększana, a proces regulacji zatrzymuje się po puszczeniu klawisza lub osiągnięciu wartości -

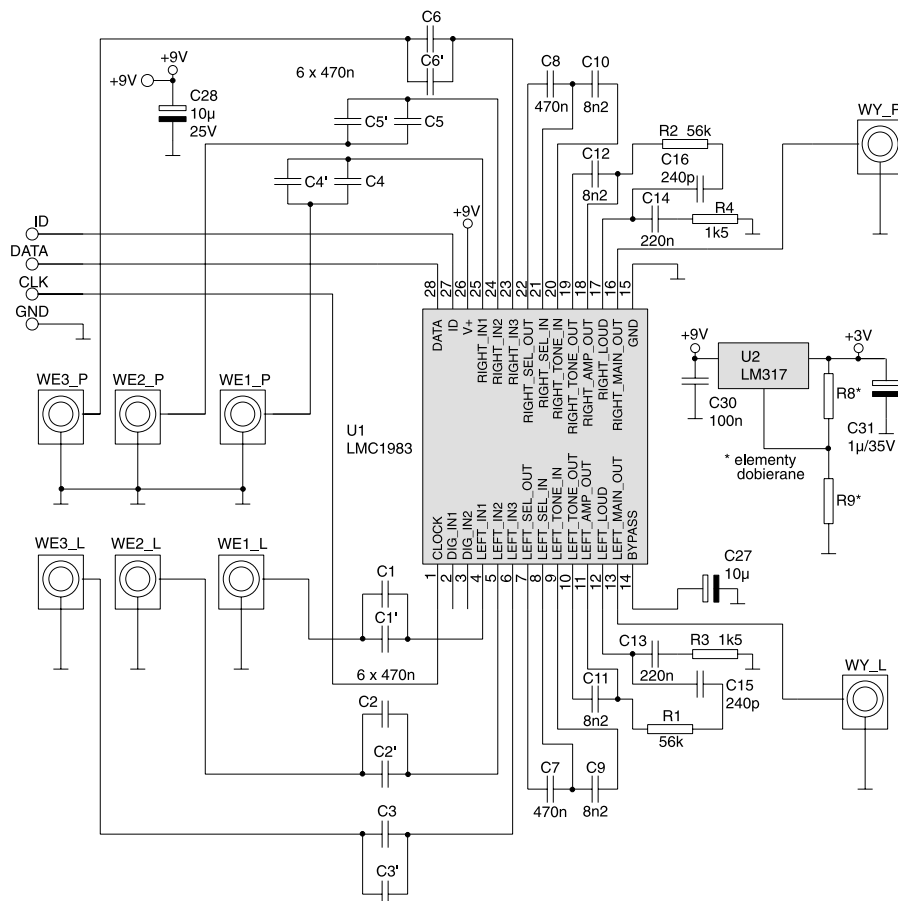
80dB. Układ LMC1983 ma dwa osobne rejestry pozwalające na regulację głośności niezależnie w obu kanałach. W tym rozwiązaniu, ze względu na szczupłość miejsca w pamięci programu, w czasie regulacji głośności do rejestrów obu kanałów wpisywane są te same wartości. Przedwzmacniacz pozbawiony jest z tego powodu możliwości regulacji balansu.

Przyciśnięcie w pętli głównej klawisza F powoduje wejście w menu wyboru pozostałych funkcji. Możliwe jest tutaj ustawienie tonów niskich, tonów wysokich lub włączenie bądź wyłączenie funkcji kontur. Kolejne naciśnięcie klawisza F powoduje sekwencyjne wyświetlanie nazw funkcji. Po naciśnięciu jakiegokolwiek innego klawisza program wchodzi w procedurę ustawiania parametrów aktualnie wyświetlanej funkcji. Jeżeli wybierzemy funkcję bass, to na wyświetlaczu pojawi się na przykład bass +6dB. Przciskanie klawisza „+“ lub „-“ powoduje ustawienie tonów niskich w zakresie od -12dB do +12dB, z krokiem co 2dB. Wybierane wartości są na bieżąco wpisywane do rejestru układu LMC. Po przyciśnięciu klawisza F ustawiona wartość jest wpisywana do odpowiedniej komórki EEPROM i program powraca do pętli głównej.

Wybranie w menu regulacji barwy funkcji *Treble* powoduje wejście w procedurę regulacji tonów wysokich. Regulacja ta prze-



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej przedwzmacniacza



Rys. 7. Schemat elektryczny przedwzmacniacza

biega analogicznie jak regulacja tonów niskich. Nastawione wartości wpisane są do odpowiedniego rejestru LMC, a po zakończeniu wpisane do odpowiedniej komórki pamięci EEPROM. Ostatnia funkcja menu regulacji umożliwia włączenie lub wyłączenie konturu. Na wyświetlaczu pojawia się napis *Loud*, a po przyścisnięciu klawisza F litera Y lub N. Klawiszami „+” lub „-” wybiera się sekwencyjnie włączenie lub wyłączenie tej funkcji, a klawisz F akceptuje ustalone wartości.

Uruchomienie przedwzmacniacza najlepiej rozpocząć od modułu sterownika z podłączonym wyświetlaczem LCD. Oczywiście, wcześniej trzeba sprawdzić wartości napięć zasilających przy wyciętych z podstawek U1 i U2. Prawidłowo zmontowany układ z prawidłowo podłączonym i sprawnym wyświetlaczem LCD powinien działać od razu. Przyciskając klawisze można wywoływać wszystkie opisane powyżej funkcje sterujące. Następnie sprawdzamy poprawność wpisania do

pamięci EEPROM. W tym celu można po ustawieniu nastaw wyłączyć i włączyć zasilanie, by np. stwierdzić czy po włączeniu głośność jest taka sama, jak przed wyłączeniem. Do prawidłowego wstępnego przetestowania sterownika nie jest potrzebny układ przedwzmacniacza, ponieważ sterownik tylko wysyła dane do przedwzmacniacza, ponieważ sterownik tylko wysyła dane do przedwzmacniacza, ponieważ sterownik tylko wysyła dane do przedwzmacniacza. Sinusoidalny przebieg sygnału wejściowego powinien mieć amplitudę ok. 200mV i częstotliwość 1 kHz. Na wyjście trzeba podłączyć oscyloskop. Regulując głośność sprawdzamy na ekranie oscyloskopu, jak zmienia się amplituda przebiegu wyjściowego. Następnie zmieniając częstotliwość przebiegu wejściowego sprawdzamy działanie regulacji barwy tonów. Dla niskich częstotliwości trzeba ustawić np. 100Hz. Regulacja w funkcji bass powinna powodować dość znaczne wahania amplitudy. To samo powtarza-

my dla częstotliwości np. 10kHz i funkcji *Treble*.

Po tych czynnościach trzeba sprawdzić prawidłowość wyboru wejścia przez podłączenie sygnału testowego do kolejno testowanych wejść i obserwowaniu sygnału wyjściowego.

Możliwe jest również uruchomienie układu bez również uruchomienie układu bez generatora i oscyloskopu. Trzeba wówczas do wejść przedwzmacniacza podłączyć sygnał na przykład z magnetofonu. Do wyjścia przedwzmacniacza trzeba podłączyć końcówkę mocy, a uruchomienie i sprawdzenie wykonać „na słuch”. Trudniejsze w tym przypadku będzie wykrycie ewentualnych niesprawności, ale w przypadku zastosowania sprawdzonych elementów dobrej jakości i poprawnego montażu ta metoda jest również odpowiednia.

Tomasz Jabłoński, AVT
 tomasz.jablonski@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/czerwiec02.htm> oraz na płycie CD-EP06/2002B w katalogu PCB.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2: 56kΩ
 R3, R4: 1k5Ω
 R5...R9: 10kΩ
 R10: 100Ω
 R11: 33kΩ
 P1: potencjometr 4,7kΩ

Kondensatory

C1...C6: 1µF/63V MKSE
 C7, C8: 470nF
 C9...C12: 8n2
 C13, C14: 220nF
 C15, C16: 240pF
 C17, C18: 33pF
 C19, C25: 2µ2/25V
 C20...C24: 100nF blok.
 C26: 2200µF/16V
 C27: 10µF/16V

Półprzewodniki

M1: mostek 1A/150V
 U1: LMC1983
 U2: PIC16F84/04 zaprogramowany
 U3: 7809
 U4: 7805

Różne

Rezonator kwarcowy 2MHz
 Podstawki 28DIL i 18DIL
 Złącza CINCH do druku 8 szt.
 Wyświetlacz alfanumeryczny 2x8 znaków typ Suntail601A
 Klawisze 5 szt.