

Wzmacniacz semi-surround do komputera PC, część 1

AVT-516

PROJEKT
Z OKŁADKI



Wszyscy lubimy uszlachetniać nasze komputery, zwłaszcza że spędzamy przy nich bardzo dużo czasu. Powodzenie wcześniejszych wersji wzmacniaczy do PC zachęciło nas do opracowania unowocześnionej, znacznie bardziej efektywnej wersji takiego urządzenia, o możliwościach adekwatnych do współczesnych wymagań użytkowników.

Rekomendacje: projekt polecamy wszystkim użytkownikom PC, a zwłaszcza tym, którzy dbają o jego multimedialne walory użytkowe.

Prezentowany wzmacniacz może być także doskonałym elementem nowoczesnej stylizacji komputera - z użyciem lamp fluorescencyjnych i podświetlanych wentylatorów.

Komputery od początku swojego istnienia, oprócz poważnych zastosowań w instytutach badawczych lub w armii, służyły również do zabawy. Prawdopodobnie znużeni lub znużeni programiści dla odprężenia zaczęli tworzyć początkowo prymitywne, a z czasem coraz doskonalsze gry. Pewnie do dzisiaj bawiłyby wąskie grono informatycznych guru, gdyby nie zawrotny postęp mikroelektroniki i powstanie w latach 70. ubiegłego stulecia tak zwanych komputerów domowych. Entuzjaści tych wspaniałych maszyn, w wolnych chwilach od programowania w Basicu, również zabawiali się grami wyrobu własnego lub powstających już wtedy małych firm parających się rozrywką komputerową. Kto dzisiaj pamięta te wszystkie „trójwymiarowe“ i „wielokolorowe“ wspaniałości ładowane z magnetofonu MK232 do komputera Spectrum 48k (extended!). Rosnące zapotrzebowanie na tego typu wyroby spowodowało, że sprawą zajęli się specjaliści od wielkich pieniędzy,

marketingu, reklamy i z zabawek komputerowych zapaleńców powstał potężny rynek domowej informatycznej rozrywki.

Dzisiaj nie ulega wątpliwości, że komputer PC stał się domowym centrum rozrywki. Oprócz coraz doskonalszych gier, możliwe jest oglądanie telewizji, odtwarzanie filmów w doskonałej jakości zapewnianej przez DVD, odtwarzanie plików audio MP3, odtwarzanie klasycznych płyt CD. Są to tylko niektóre bardziej znane możliwości multimedialne komputera. Podłączenie do Internetu znacznie poszerzyło jego „rozrywkowe“ możliwości.

Żeby cyfrowe urządzenie mogło nas bawić w naszym analogowym świecie, musi być wyposażone w analogowe peryferia. Od-

Cechy i funkcje wzmacniacza:

- ◆ 4-kanałowy wzmacniacz mocy,
- ◆ moc wyjściowa 12 W/2 Ω/THD=10%,
- ◆ regulacja wzmocnienia, balansu i barwy tonu (basy i tony wysokie),
- ◆ wbudowany przetwornik C/A dla DC/DVD (interfejs SPDIF),
- ◆ kontrola temperatury wewnątrz komputera.

tworzenie obrazu dobrej jakości nie jest problemem, bo każdy komputer jest teraz wyposażony w monitory o dużej rozdzielczości i sporej częstotliwości odświeżania. Sygnał wizyjny wytwarzany przez niektóre karty graficzne można też podłączyć do dowolnego telewizora. Z dźwiękiem nie jest już tak dobrze. Co prawda standardowe karty dźwiękowe są już od dawna montowane seryjnie do PC-tów, ale często dźwięk jest odtwarzany przez parę tanich głośniczków. Cały czar wyrafinowanego cyfrowego dźwięku przyska. Oczywiście można się podłączyć do domowego zestawu hi-fi, ale nie zawsze jest to możliwe, a najczęściej jest bardzo kłopotliwe. Najlepszym, najbardziej funkcjonalnym rozwiązaniem byłoby wyposażenie komputera we własny, stosunkowo dobrej jakości wzmacniacz mocy.

Prezentowana tutaj konstrukcja wzmacniacza jest tak pomyślana, by można ją było umieścić w obudowie PC-ta w miejscu przeznaczonym na dodatkowy twardy dysk lub napęd CD i jest w pewnym sensie następcą kitu AVT-491. Ma czterokanałowy wzmacniacz, a więc umożliwi odtwarzanie dźwięku przestrzennego. Poza tym, wzmacniacz został wyposażony w cyfrowe wejście pozwalające na odtwarzanie płyt CD z lepszą jakością, niż to mogą zapewnić tory audio większości popularnych napędów CD. Sterowanie wszystkimi funkcjami odbywa się za pomocą impulsatora, a komunikaty są wyświetlane na bardzo czytelnym wyświetlaczu VFD. Zamiast tego wyświetlacza można zamiennie stosować „zwykły” wyświetlacz LCD o organizacji 1x16 znaków.

Opis układu

Schemat wzmacniacza pokazano na **rys. 1**. W torze audio zastosowano stereofoniczny procesor audio BH3857 firmy Rohm (układy U1 i U2). Schemat blokowy tego układu pokazano na **rys. 2**. Można go wykorzystać do regulacji wzmocnienia, tonów niskich (*bass*) i tonów wysokich (*treble*), ma także wbudowane dwa niezależne układy poszerzania bazy stereofonicznej (*surround*). Istnieje też możliwość sterowania czterema dwustanowymi wyjścia-

mi typu *open collector*. Wyjścia te mogą na przykład sterować przełącznikami wejść lub układami sygnalizacji stanu pracy wzmacniacza.

Analogowe sygnały audio są podłączane przez złącza typu *cinch* na cztery wejścia oznaczone IN1...IN4. Pierwsza para sygnałów ze złącz IN1 i IN2 jest podawana przez kondensatory C15, C16 na wejścia In1 i In2 procesora audio U1. Na te same wejścia U1 mogą przychodzić sygnały z wyjścia przetwornika C/A (układ U4). Wybór źródła sygnału jest dokonywany przez styki przekaźnika PRZ1. Druga para sygnałów ze złącz IN3, IN4 jest podawana przez kondensatory C40 i C41 na wejścia In1 i In2 drugiego procesora audio - układu U2. Sygnały z wejść In1 i In2 są podawane na wejściowe wzmacniacze. Wzmocnienie takiego wzmacniacza można regulować przez dobór rezystancji: dla wejścia In1 rezystor R5, a dla wejścia In2 rezystor R4 (procesor U1). Dla procesora U2 są to rezystory: R10 (wejście In1) i R9 (wejście In2). Wzmocnienie można obliczyć z zależności: $G=(R+20k)/R$. Można w ten sposób dobrać wzmocnienie całego toru do poziomu sygnału wejściowego. Trzeba przy tym pamiętać, że zbyt duże wzmocnienie spowoduje przesterowanie wejść układów surround lub regulatorów barwy dźwięku i powstanie zniekształceń. W modelowym wzmacniaczu rezystory R4, R5, R9, R10 mają wartość 47 kΩ.

W pierwszym procesorze U1 kondensatory C1 i C2 (tor1) oraz C6 i C7 (tor2) są elementami zewnętrznymi aktywnego filtra regulacji tonów niskich (basów). Kondensatory C3 (tor1) i C8 (tor2) są podłączone do układu regulacji tonów wysokich.

W układzie surround1 pracują elementy: C4, C9, C10, C11, C5, R1 i R2. Sygnał wyjściowy z toru 1 podawany jest na wejście wzmacniacza mocy przez kondensator C17, a z toru 2 przez kondensator C18. Niewykorzystywane wejścia regulacji wzmocnienia, tonów niskich i tonów wysokich są zablokowane kondensatorami: C20...C22. Konfiguracja włączenia drugiego procesora U2 jest dodatkową kopią aplikacji układu U1.

Układ BH3857 jest zasilany napięciem +8 V w stosunku do masy analogowej A_GND. Dla wszystkich analogowych sygnałów audio odniesieniem jest również masa analogowa A_GND. Cyfrowy interfejs sterujący ma swoją odrębną masę cyfrową D_GND. Obie te masy nie są w układzie ze sobą połączone. Takie rozwiązanie jest stosowane, żeby zakłócenia z toru cyfrowego nie przedostawały się do toru analogowego poprzez wspólną masę.

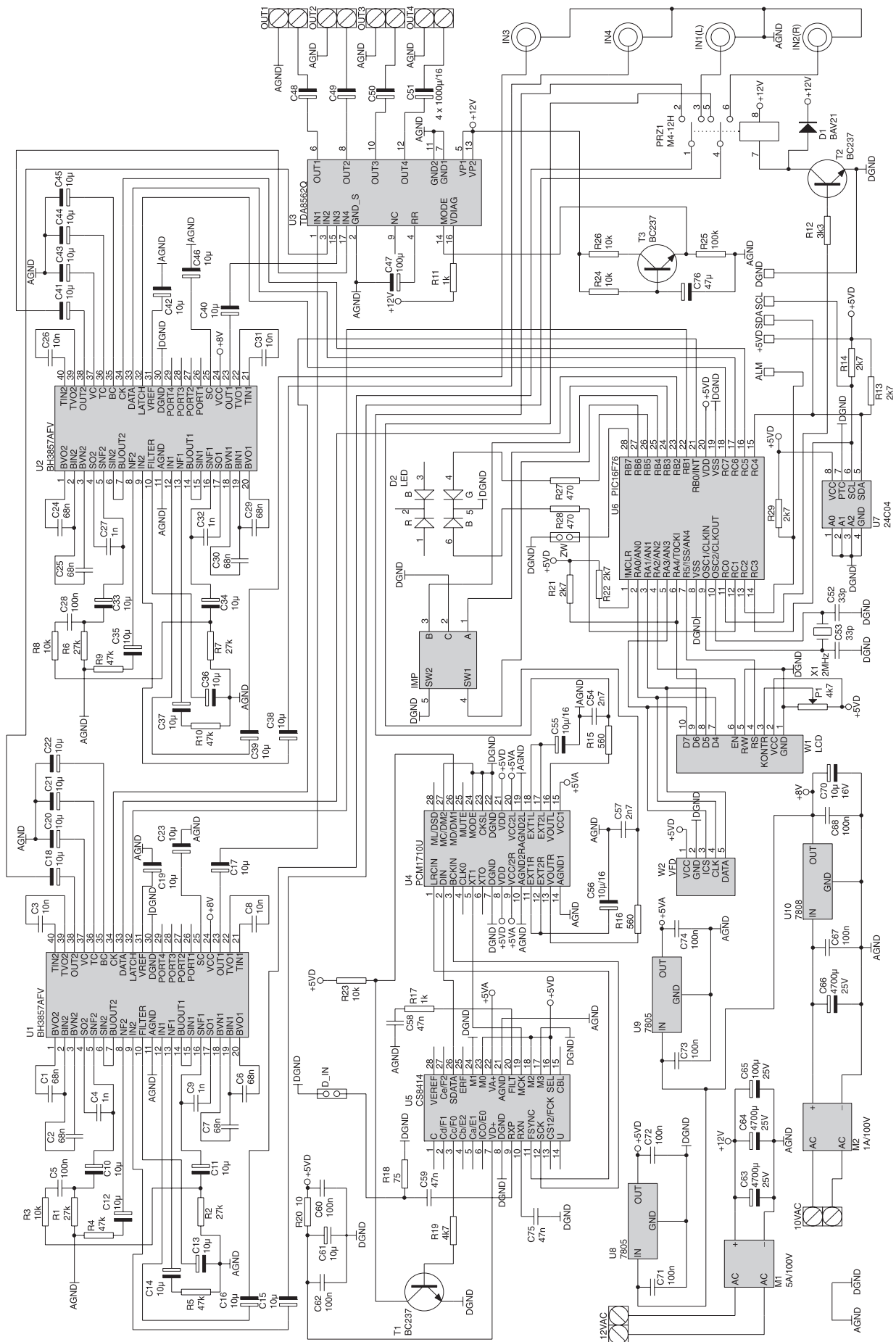
Mikrokontroler U6 steruje wszystkimi ustawieniami procesora audio przez szeregowy interfejs cyfrowy (trzy linie: danych DATA, zegarowa CK i zapisu LATCH). Można również zamienne regulować wzmocnienie i barwę tonów napięciem stałym przyłożonym na specjalnie do tego przeznaczone wyprowadzenia VC, TC i BC. Format danych przesyłanych przez interfejs szeregowy pokazano na **rys. 3**.

W trakcie pojedynczej transmisji przesyłane są 32 bity (pierwszy najmniej znaczący). Prawidłowe dane muszą się pojawić na linii DATA, kiedy na linii zegarowej CK jest poziom niski. Narastające zbocze na linii CK wpisuje daną do bufora wejściowego układu BH3857. Po przesłaniu wszystkich 32 bitów, narastające zbocze na linii LATCH wpisuje odebrane dane z bufora wejściowego do układów sterujących procesora. Znaczenie poszczególnych bitów opisano w **tab. 1**.

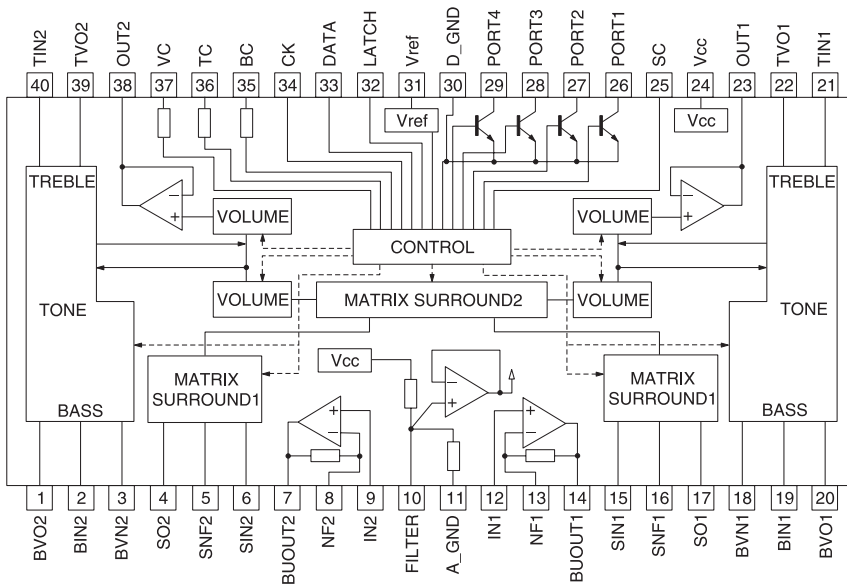
Wzmocnienie (a właściwie tłumienie) sygnału można regulować w 256 krokach (rozdzielczość 8 bitów). W opisywanym tutaj wzmacniaczu cały zakres regulacji został podzielony na 54 przedziały i regulacja odbywa się w 54 krokach od -84 dB do 0 dB. Barwa tonu może być regulowana w 32 krokach (6

Tab. 1. Funkcje bitów słowa sterującego układu BH3857

Bity danych	Funkcja
D0...D7	Sterowanie głośnością
D8...D12	Sterowanie tonami wysokimi
D13...D17	Sterowanie tonami niskimi
D18, D19	Włączanie/wyłączanie efektu surround
D20...D23	Sterowanie stanami portów wyjściowych PORT1.....PORT4
D24...D31	Wybór układu <input type="checkbox"/> parzystość



Rys. 1. Schemat elektryczny wzmacniacza



Rys. 2. Schemat blokowy procesora audio BH3857

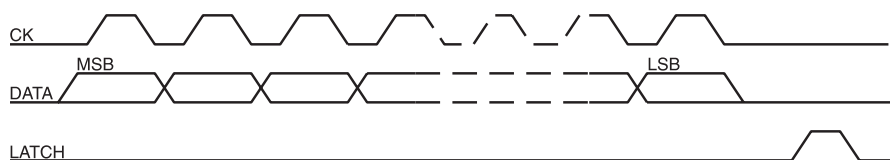
bitów). Tutaj zakres regulacji został podzielony na 17 przedziałów (od -15 dB do +15 dB).

Bity D18 i D19 służą do włączania odpowiednio efektu *surround1* i *surround2*. Efekt jest włączony, gdy bit jest zerem. Wartości bitów D20...D23 są przepisywane na wyjścia cyfrowe PORT1...PORT4. Do końcowych bitów D24...D31 (*chip select and parity*) słowa danych trzeba wpisać 11101010 binarnie.

Z wyjść procesorów U1 i U2 sygnał analogowy podawany jest na wejścia wzmacniacza mocy TDA8562Q - układ U3. Jest to scalony czterokanałowy wzmacniacz klasy B. Każdy z kanałów może dostarczyć mocy 12 W przy obciążeniu 2 Ω i zniekształceniach THD na poziomie 10%. Z praktycznego punktu widzenia TDA8562Q ma kilka istotnych zalet. Po pierwsze, wymaga bardzo niewielu elementów zewnętrznych i zadowala się pojedynczym napięciem zasilającym o wartości ok. 14 V (6...18 V). Układ ma wbudowane zabezpieczenia przeciwzwarciowe (zwarcie wyjść do masy i do plusa zasilania). Po wykryciu takiego zwarcia pobierana jest stosunkowo niewielka moc. Jeżeli

wymienimy jeszcze zabezpieczenie przed odwrotnym podłączeniem zasilania, udarami elektrostatycznymi i przed przegrzaniem układu, to wydaje się, że zniszczenie tego elementu jest dość trudne. Stan zwarcia, przesterowania lub przegrzania jest sygnalizowany na specjalnym wyjściu diagnostycznym. Układ TDA8562Q można wprowadzić w stan oczekiwania ze znacząco obniżonym poborem mocy (*stand-by*) lub w stan wyciszenia (*mute*).

We wzmacniaczu układ końcówki mocy pracuje w typowej aplikacji podanej przez producenta. Sygnały z procesorów audio U1 i U2 są podawane na wejścia wzmacniacza przez kondensatory: C15, C16 i C40, C41 (separacja składowej stałej). Wyjściowy sygnał przez kondensatory C48...C51 dołączony jest do łączówek OUT1...OUT4. Do tych łączówek podłączane są głośniki. Wejście MODE jest sterowane przez obwód z elementów: T3, R24...R26 i C76, wymuszający na krótki czas stan MUTE po włączeniu zasilania wzmacniacza. W ten sposób są eliminowane ewentualne stuki w głośnikach mogące się pojawić po włączeniu zasilania.



Rys. 3. Przebiegi czasowe przy przesyłaniu danych do układu BH3857

Cyfrowy sygnał audio z napędu CD-ROM jest podłączany do wejścia D_IN (rys. 1). Przez kondensator C59 jest on podawany na wejście układu odbiornika CS8412 (U5). Tam jest wzmacniany i dekodowany w taki sposób, że na wyjściu U5 otrzymywane są trzy sygnały: SCK, SDATA i FSYNC. Linia SDATA przesyłane są ramki zawierające kolejne próbki sygnału audio dla kanału lewego i prawego. Linia SCK przesyłany jest sygnał zegarowy określający prędkość transferu danych przesyłanych linią SDATA. W strumieniu danych są kolejno przesyłane zakodowane próbki dla kanału lewego i prawego. O tym, którego kanału dane są w danej chwili przesyłane, decyduje poziom na linii FSYNC.

Dane przesyłane liniami SDATA, SCK i FSYNC muszą być przetworzone na sygnał analogowy przez przetwornik C/A. Tę rolę spełnia układ PCM710U. Jest to kompletny scalony przetwornik C/A o możliwościach dekodowania sygnału cyfrowego w kilku formatach. Tryb pracy PCM710U może być wybierany za pomocą szeregowego interfejsu sterującego - linie: MC (CLK), ML (STROBE) i MD (DATA) - lub poprzez ustawienie odpowiednich stanów na wejściach sterujących DM1, DM2 i DSD (interfejs równoległy). Podanie na wejście MODE poziomu wysokiego wymusza tryb pracy interfejsu szeregowego. Poziom niski na MODE to tryb równoległy. W naszym rozwiązaniu został wykorzystany interfejs równoległy, w którym dane wejściowe mogą mieć standardowy 16-bitowy format. Wymusza to zaprogramowanie układu CS8412 tak, by jego dane wyjściowe miały taki właśnie format (wejścia M0, M2 i M3 poziom wysoki, a wejście M1 poziom niski). Sygnały analogowe z wyjść VOUTL i VOUTR przetwornika są filtrowane w układzie filtru dolnoprzepustowego - elementy: R16, C57 i R15, C54 - i przez styki przekaźnika PRZ1 mogą być podawane na wejście procesora U1.

Pracą wzmacniacza steruje sterownik zbudowany w oparciu o mikrokontroler PIC16F76 - układ U6. Do linii portu PORTA dołączony jest wyświetlacz VFD lub

Tab. 2. Podłączenie magistral układów U1 i U2 do wyprowadzeń mikrokontrolera

	Linia interfejsu	Linia portu
Układ U1		
	DATA	RB2
	CK	RB0
	LATCH	RB1
Układ U2		
	DATA	RC6
	CK	RC5
	LATCH	RC7

opcjonalnie LCD. Potencjometr P1 służy do ustawiania kontrastu wyświetlacza LCD. Rezystor R22 jest podłączony do wejścia zerowania mikrokontrolera, a rezystor R21 wymusza poziom wysoki na wyprowadzeniu RA4 (*open collector*). Rodzaj obsługiwanej wyświetlacza wybierany jest zworką ZW podłączoną do wyprowadzenia RB7. Zwarcie tej zworki i wymuszenie poziomu niskiego na RB7 powoduje, że program sterujący obsługuje wyświetlacz LCD. Jeżeli ZW nie jest zwarta, to na RB7 jest poziom wysoki i obsługiwany jest wyświetlacz VFD. Wyprowadzenie RC3 jest dołączone do linii SCL, a wyprowadzenie RC4 do linii SDA interfejsu I²C. Rezystory R13 i R14 realizują wymagane przez standard I²C podciąganie linii SCL i SDA do plusa zasilania.

Podłączenie linii magistral sterujących układami U1 i U2 pokazano w **tab. 2**.

Do linii RB3 i RB4 (skonfigurowanych jako wejściowe) podłączone są styki zwierane podczas obrotu impulsatora, a do linii RB5 styk zwierany po naciśnięciu ośki impulsatora. Wszystkie linie portu PORTB (skonfigurowane jako wejściowe) mają włączone podciąganie do plusa zasilania przez wewnętrzne rezystory mikrokontrolera. Wyprowadzenie RC0 steruje przełącznikiem wejścia układu U1 zbudowanym z tranzystora T2 i przekaźnika PRZ1. Ustawienie

poziomu wysokiego na RC0 powoduje wejście w nasycenie T2 i zadziałanie przekaźnika PRZ1. Rezystor R12 ogranicza prąd bazy. Trójkolorowa dioda LED wykorzystywana jest do sygnalizacji trybu pracy wzmacniacza. W trybie CD-ROM dioda świeci na niebiesko - wyprowadzenie RC1 jest na wysokim poziomie napięcia, a RB5 na niskim. W trybie *Quadro* dioda świeci na zielono: RC1 jest na poziomie niskim, a RB7 na wysokim.

Układ U7 jest szeregową pamięcią EEPROM zapisywana i odczytywana przez magistralę I²C. W tej pamięci są zapisywane wszystkie ustawienia sterownika wzmacniacza.

Układ zasilania podzielono na dwie części. Wzmacniacz mocy U3 jest zasilany niestabilizowanym źródłem napięcia zbudowanym z elementów M1, C63, C64, C65 i C77. Napięcie przemienne do tego układu podłączane jest do zacisków złącza 12 VAC. Wszystkie pozostałe układy zasilane są napięciem z oddzielnego transformatora (lub oddzielnego uzwojenia). Napięcie to podawane jest na złącze 10 VAC. Stabilizator U10 dostarcza napięcia +8V do zasilania procesorów U1 i U2. Układ U8 dostarcza napięcia +5V do części cyfrowej: sterownika, wyświetlacza i obwodów cyfrowych układów U4 i U5. Wyprowadzenie VD+ układu U5 jest zasilane przez dodatkowy filtr złożony z elementów: C60...C62 i rezystora R20. Część analogowa układów U4 i U5 zasilana jest ze stabilizatora U9. Układ zasilania ma rozdzielone masy: analogową i cyfrową. Masy te łączą się w jednym punkcie w okolicy kondensatorów C64 i C65.

Jak wiadomo, wzmacniacz może być wyposażony w dwa typy wyświetlacza: VFD lub LCD. Alfnumeryczny wyświetlacz LCD jest ogólnie znany i był wielokrotnie opisywany, dlatego nie będzie-

WYKAZ ELEMENTÓW

Płytką główną

Rezystory

R1, R2, R6, R7: 27kΩ
 R3, R8, R23, R24, R26: 10kΩ
 R4, R5, R9, R10: 47kΩ
 R11, R17: 1kΩ
 R12: 3,3kΩ
 R13, R14, R22, R29, R21: 2,7kΩ
 R15, R16: 560Ω
 R18: 75Ω
 R19: 4,7kΩ
 R20: 10Ω
 R25: 100kΩ

Kondensatory

C1, C2, C6, C7, C24, C25, C29, C30: 68nF
 C3, C8, C26, C31: 10nF
 C4, C9, C27, C32: 1nF
 C5, C28, C60, C62, C67, C68, C71...C74: 100nF
 C10...C23, C33...C46, C55, C56, C61, C70: 10µF/16V
 C47: 100µF/25V
 C48...C51: 1000µF/16V
 C52, C53: 33pF
 C54, C57: 2,7nF
 C58, C59, C75: 47nF
 C63, C64, C66: 4700µF/25V
 C65: 100µF/25V
 C76: 47µF/25V

Półprzewodniki

M1: 5A/100V
 M2: 1A/100V
 T1...T3: BC237
 D1: BAV21
 D2: LED trójkolorowa
 U1, U2: BH3857AFV
 U3: TDA8562Q
 U4: PCM1710U
 U5: CS8414
 U6: PIC16F76 zaprogramowany
 U7: 24C04
 U8, U9: 7805
 U10: 7808

Różne

Rezonator X1 2MHz
 Przekaźnik M4-12h
 Płytką drukowaną
 Goldpiny kątowe
 Goldpiny proste

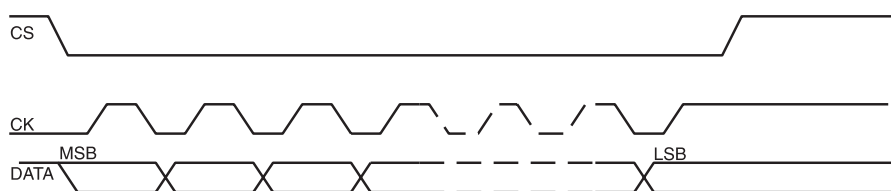
Płytką czołową

Rezystory

R27, R28: 470Ω
 P1: 4,7kΩ

Różne

Impulsator Piher
 Wyświetlacz W1 zależnie od wersji
 W1 VFD 1x16 znaków
 W2 LCD 1x16 znaków



Rys. 4. Przebiegi czasowe na magistrali w czasie przesyłania danych do wyświetlacza VFD

my się nim zajmować. Wyświetlacze alfanumeryczne VFD (*Vacuum Fluorescent Display*) charakteryzują się dużym kontrastem i dużą jasnością świecenia. We wzmacniaczu został zastosowany wyświetlacz CU165ECPB o organizacji 1x16 znaków. Jest to kompletny moduł zasilany napięciem +5 V i wyposażony w sterownik. Wszystkie napięcia potrzebne do prawidłowej pracy lampy fluorescencyjnej są wytwarzane przez specjalną przetwornicę umieszczoną na płycie modułu. Wbudowany w moduł sterownik pozwala na sterowanie wyświetlaczem za pomocą prostego trójprzewodowego interfejsu szeregowego. Linia SDATA jest linią danych, SCK to linia zegarowa. Po ustawieniu poziomu niskiego na linii !CS można przesyłać dane do wyświetlacza. Przebiegi czasowe występujące na magistrali w czasie przesyłania danych pokazano na **rys. 4**. Sygnały na liniach SDATA, SCK i !CS mają poziomy TTL.

Sterownik wzmacniacza, oprócz funkcji sterowania parametrami toru audio, ma do wykonania jeszcze jedną funkcję. Wbudowany w obudowę komputera układ z mikrokontrolerem może mierzyć temperaturę we wnętrzu obudowy lub temperaturę procesora. Do tego pomiaru wykorzystany został układ TCN75 firmy Microchip. Jest to scalony czujnik temperatury z magistralą I²C (*slave*). Płytką z tym układem jest podłączana do sterownika przez złącze magistrali I²C. Z TCN75 można odczytywać temperaturę z rozdzielczością 0,5°C z zakresu -55...+125°C. Oprócz tego układ można zaprogramować do pracy w dwu trybach: komparatora temperatury i zgłaszania przerwania.

Jeżeli TCN75 jest zaprogramowany do pracy w trybie komparatora temperatury, to na wyprowadzeniu INT/CMPTR występuje stan aktywny po osiągnięciu temperatury *Tset* i pozostaje taki, aż

temperatura spadnie poniżej temperatury *Thyst*.

W trybie zgłaszania przerwania na wyprowadzeniu INT/CMPTR wystąpi stan aktywny po przekroczeniu temperatury *Tset* i pozostaje na nim, nawet jeżeli temperatura spadnie poniżej *Thyst*. Wyjście INT/CMPTR staje się nieaktywne po odczytaniu dowolnego rejestru układu TCN75 przez magistralę I²C. Stan aktywny (poziom wysoki lub niski) jest programowany w rejestrze konfiguracji CONFIG.

Układ termometru TCN75 może zostać wykorzystany jeszcze w jednym równie pożytecznym celu, ale o tym w kolejnej części artykułu.

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/lipiec03.htm> oraz na płycie CD-EP7/2003B w katalogu PCB.