

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji.

Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane **oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany**. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

## Cyfrowy potencjometr audio, część 1

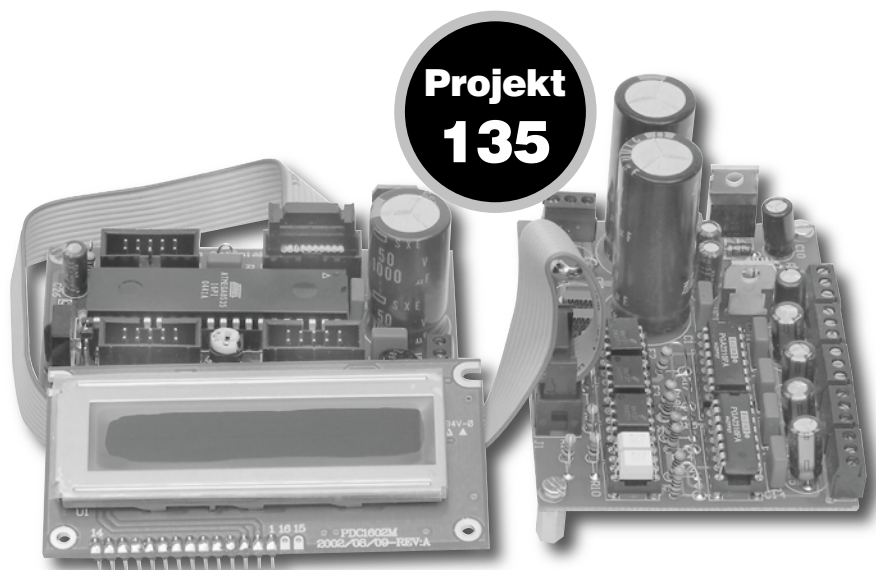
Można by się zastanawiać, czy my czasem nie „gonimy w piętę”. Przez długie lata byliśmy przyzwyczajeni do tego, że do regulacji głośności naszego sprzętu grającego służył stary, poczciwy potencjometr. Aż nadeszły czasy, w których okazało się, że bez mikroprocesora już chyba nic się nie da zrobić. Dzisiaj już nawet tak prosta czynność musi być wspierana techniką cyfrową.

**Rekomendacje:** opisany w artykule moduł dedykowany jest elektroakustykom budującym własne lub modernizującym istniejące urządzenia, którzy chcą je wyposażać w doskonałej jakości potencjometr cyfrowy.



### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Szeroki zakres regulacji wzmocnienia (od -95,5 dB do +31,5 dB) i nieosiągalna w potencjometrach analogowych dokładność nastaw
- Wygodne sterowanie za pomocą pilota podczerwieni lub impulsatora
- Łatwa aplikacja w torach niesymetrycznych i profesjonalnych – XLR
- Niskie zniekształcenia, szeroki zakres dynamiki i pasmo przenoszenia
- Obsługa 6-wejściowego selektora i przełącznika ON/OFF
- Zintegrowane zasilanie



Prezentowane urządzenie opiera się na nowoczesnym układzie PGA2310 firmy Texas Instruments. Co ciekawe, jest on kompatybilny (różni się wyłącznie zakresem napięć, przy których mogą pracować) z CS3310 firmy Crystal, który od dawna jest bardzo ceniony przez konstruktorów i stosowany w urządzeniach audio klasy hi-end, jednak parametry tego „młodszego brata” są nieco lepsze. W jego wnętrzu znajdziemy drabinkę rezystorów sterowanych multiplexerem (wraz z logiką odpowiedzialną za obsługę magistrali SPI) umieszczonych na wejściu oraz w pętli sprzężenia zwrotnego wzmacniacza operacyjnego (prawdopodobnie jest to zmodyfikowany OPA604).

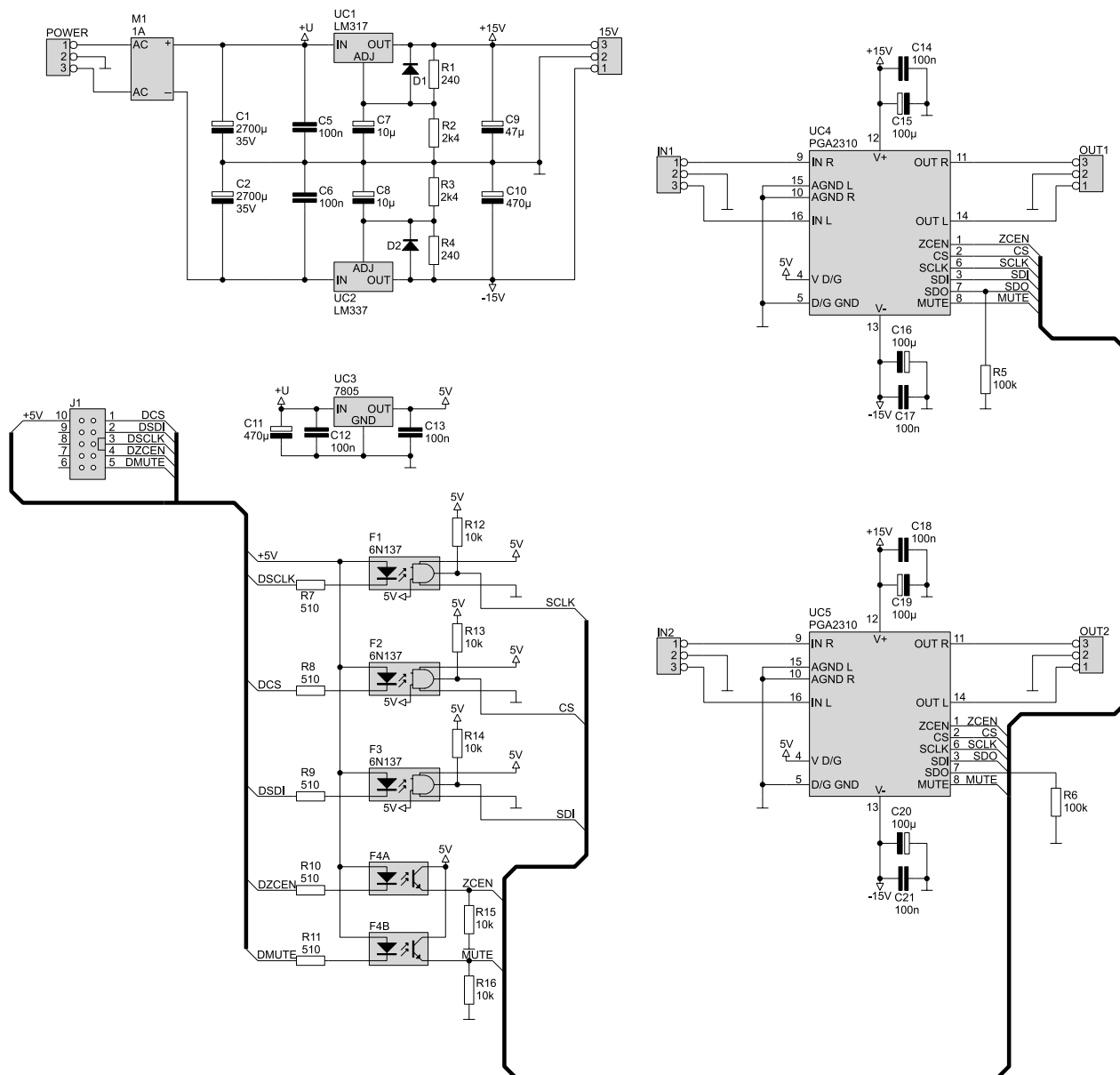
### Część analogowa

Aby zapewnić PGA2310 jak najlepsze warunki pracy oraz cieszyć się parametrami podawanymi przez producenta należy pamiętać o kilku zasadach. Niski poziom zniekształceń oraz dynamikę uzyskują się podczas pracy z sygnałem audio o wartości wejściowej rzędu kilku V<sub>pp</sub>, najlepiej pobierając go ze źródła o małej impedancji wyjściowej. Jeżeli ten warunek w istniejącym systemie nie jest spełniony warto zastanowić się nad dodaniem

w tor sygnału przedwzmacniacza (np. na wzmacniaczu operacyjnym pracującym w układzie nieodwracającym odpowiednio dobierając jego wzmocnienie). Złącze 15 V pozwala w łatwy sposób zasilac przedwzmacniacz z płytki części analogowej, której schemat znajduje się na rys. 1. Skoro jesteśmy przy zasilaniu; warto przeznaczyć do tego celu osobny transformator toroidalny o mocy ok. 30 VA z oddzielnymi uzwojeniami dla części cyfrowej oraz analogowej. Wszystkich zainteresowanych dokładnymi parametrami elektrycznymi układu PGA2310 odsyłam do noty aplikacyjnej producenta ([www.TI.com](http://www.TI.com)).

Zasilacz zbudowany został na scalonych stabilizatorach LM317 i LM337. Jego zadaniem jest dostarczenie symetrycznego napięcia o wartości  $\pm 15$  V. Kondensatory C7 i C8 pozwalają zwiększyć tłumienie tętnień i zakłóceń impulsowych ponad pięciokrotnie. Diody D1 oraz D2 mają za zadanie ich bezpieczne rozładowanie w przypadku zwarcia. Układy PGA2310 oraz optoizolacja wymagają również napięcia zasilania +5 V, które dostarcza scalony stabilizator serii 7805.

Zadaniem optoizolacji jest galwaniczne oddzielenie części analogowej od sterującej. Takie rozwiązanie pozwa-



Rys. 1. Schemat elektryczny płytki analogowej

ła na oddzielenie obu mas i mniejsze prawdopodobieństwo przedostawania się zakłóceń. Komunikację zapewniają optoizolatory 6N137 obsługujące 3 linie magistrali SPI. Szybkość transmisji w ich wypadku dochodzi do 10 Mbd. Aby sygnał na wyjściu miał taki sam poziom logiczny jak wejściowy, anoda wewnętrznej diody LED została podłączona do plusa zasilania.

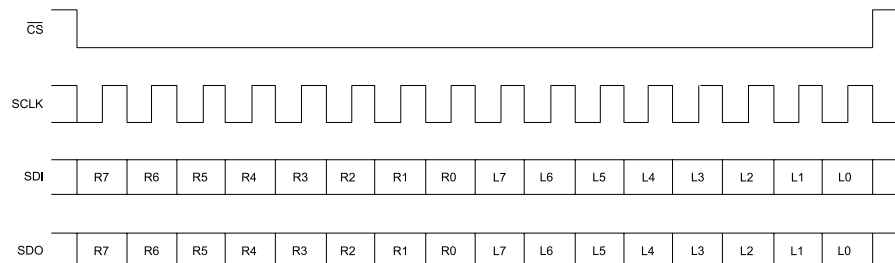
Podwójny optoizolator F4 odpowiada za dwie funkcje: ZCEN oraz szybkie wyciszenie układu (MUTE). Jego szybkość pracy nie jest tutaj krytyczna, dlatego niedrogi TLP621-2 (lub dwa TLP621) doskonale spełnia swoje zadanie.

Na płycie analogowej znalazło się miejsce na dwa układy PGA2310. Rozwiązanie to pozwala na regulację wzmocnienia w symetrycznych torach

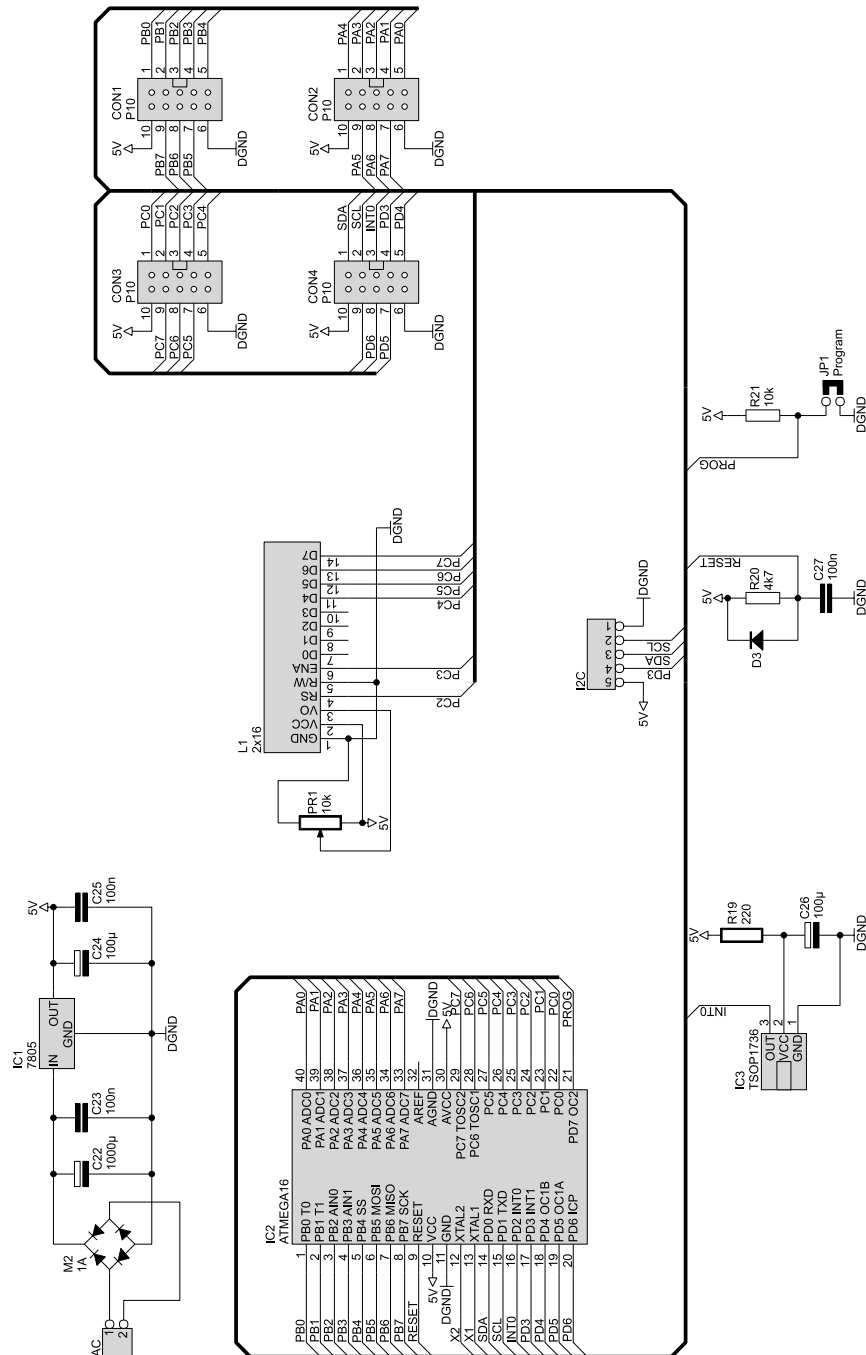
audio (jeden PGA2310 obsługuje wtedy jeden kanał). Możliwość wykorzystania takiego „tandemu” jest więcej. Nadmienię tylko, że w obecnej wersji programu zmiana głośności dla obu układów następuje jednocześnie, jednak na drugim możliwe jest ustawienie tzw. offsetu (przesunięcia względem pierwszego). Daje to możliwość dokładnego ustawienia głośności np.

subwoofera w stosunku do kanałów centralnych. Sygnał ze źródła doprowadzany jest do modułu poprzez złącza IN1 oraz IN2. Rozstaw ich wyprowadzeń pasuje do potrójnych zaciśków typu ARK o rastrze 3,5 mm.

Dwie kostki PGA2310 połączone zostały w zalecany przez producenta *daisy-chain*. Pozwala to na sterowanie kilkoma układami za pomocą jed-



Rys. 2. Przebiegi sterujące potencjometrem i PGA2310



Rys. 3. Schemat elektryczny sterownika

nej magistrali SPI. Sygnał zegarowy oraz CS (*chip select*) jest wspólny dla wszystkich, natomiast dane dla kolejnych układów pobierane są w wyjścia SDO poprzedniego. Każde z nich jest dołączone do masy za pomocą rezystora 100 kΩ.

Transmisję rozpoczyna ustawienie na wejściu CS stanu niskiego. Następnie podczas każdego rosnącego zbocza sygnału zegarowego SCLK wysyłane jest kolejne 16 bitów danych poczynając od najbardziej znaczącego. Pierwsze 8 bitów odpowiada za nastawy kanału lewego, kolejne ustala wzmocnienie prawego. Transmisję

kończy powrót wejścia CS do stanu wysokiego. Widok ramki danych można zobaczyć na **rys. 2**. W przypadku połączenia kilka układów w *daisy-chain* przez złącze SPI musi zostać wysłane C\*16 bitów (gdzie C jest liczbą połączonych ze sobą PGA2310).

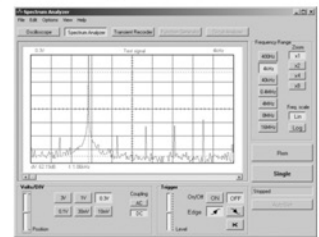
Zmiana wzmocnienia obejmuje 256 poziomów. Daje nam to zakres od -95,5 dB (dla 1) do +31,5 dB (dla 255). Wzór na obliczenie wzmocnienia wygląda następująco:  $wzmocnienie [dB] = 31,5 - (0,5 * (255 - N))$ , gdzie N to liczba z zakresu od 1 do 255. N=0 odpowiada całkowitemu wyciszeniu i wejście układu poprzez wewnętrzny

# PCS500 OSCYSKOP DO PC

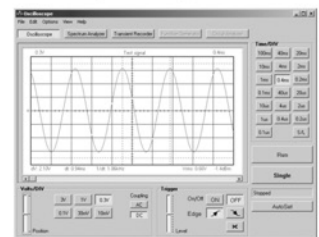


**SUPER PROMOCJA  
CENA: 1890 ZŁ**

PCS500 jest cyfrowym oscyloskopem, wykorzystującym komputer i jego monitor do przedstawiania przebiegów. Wszystkie funkcje standardowego oscyloskopu udostępnia dostarczone oprogramowanie. Oscyloskop i rejestrator przebiegów posiadają dwa odrębne kanały z częstotliwością próbkowania do 1GHz.



- Impedancja wejściowa: 1MΩ/30pF;
- zakres częstotliwości: od 0Hz do 50MHz (± 3dB);
- napięcie zasilania: 9...10VDC/ 1000mA;
- max napięcie wejściowe : 100V (AC+DC);
- podstawa czasu: od 20ns do 100ms /dz.;
- źródło wyzwalania: CH1, CH2,EXT;
- wyzwalanie zboczem: narastającym lub opadającym;
- poziom wyzwalania: regulowany skokowo co 1/2 dz.;
- interpolacja przebiegu: liniowa lub wygładzona;
- znaczniki dla: napięcia i częstotliwości;
- czułość wejściowa: od 5mV do 15V /dz.;
- auto setup;
- pre-trigger;
- pomiar true RMS (tylko dla AC);
- długość zapisu: 4096 próbek / kanał;
- częstotliwość próbkowania w czasie rzeczywistym: od 1.25KHz do 50MHz;
- analizator widma 0...1.2KHz do 25MHz;
- rejestrator przebiegów od 20ms/dz. do 2000s/dz.;
- max czas zapisu: 9.4godz/ekran.



**DETALICZNA SPRZEDAŻ WYSŁKOWA**  
Zamówienia przyjmuje Dział Handlowy AVT  
01-939 Warszawa, ul. Burleska 9  
tel. (22) 568 99 50, fax (22) 568 99 55  
e-mail: handlowy@avt.com.pl  
www.sklep.avt.com.pl

```
List. 1. Fragment programu obsługi
impulsatora umieszczonego na prze-
rwaniu INT1
,*** Obsługa impulsatora ***'
Impulsator:
Disable Interrupts
Disable Int1

Waitms 700
If Pind.1 = 0 Then

    If Woofler flaga = 1 Then
        Woofler = Woofler - 2
    Else
        Vol = Vol - 2
    End If

    Call Spi
    Goto Skocz_tu
End If

If Pind.0 = 0 Then

    If Woofler flaga = 1 Then
        Woofler = Woofler + 2
    Else
        Vol = Vol + 2
    End If

    Call Spi
    Goto Skocz_tu
End If

Watchdog                               Reset
Skocz_tu:

    Waitms 10

Enable Interrupts
Enable Int1
Return
```

```
List. 2. Fragment programu od-
powiedzialnego za komunikację
z układami PGA2310
,*** Wysłwietlanie danych na LCD ***'
Sub Wysłwietl

    ,woofler'
    If Woofler flaga = 1 Then
        Db = Woofler * 0.5
    Else
        Db = 255 - Vol
        Db = Db * 0.5
        Db = 31.5 - Db
    End If

If Db < 0 Then
If Db > -10 Then
Locate 1 , 11
Lcd Db
Locate 1 , 10
Lcd "-0"
End If
End If

If Db = 0 Then
Locate 1 , 10
Lcd " 00.0"
End If

If Db < -9.5 Then
Locate 1 , 10
Lcd Db
End If

If Db > 0 Then
If Db < 10 Then
Locate 1 , 12
Lcd Db
Locate 1 , 10
Lcd "+0"
End If
End If

If Db > 9.5 Then
Locate 1 , 11
Lcd Db
Locate 1 , 10
Lcd "+ "
End If

Watchdog                               Reset

NIE + DO WOOFERA'                       'WYSWIETLA-
0 And Woofler_flaga = 1 Then           If Woofler >
danie +                                 'do-
10                                       Locate 1 ,
                                           Lcd "+"
                                           End If

End Sub
```

multipleksera jest wtedy podłączone do masy.

ZCEN (Zero Crossing Detection). Ustawienie stanu wysokiego na tym wyprowadzeniu powoduje wybranie funkcji, w której zmiana wzmocnienia odbywa się dopiero po wykryciu przejścia sygnału przez 0 dla każdego kanału. Jeżeli takie przejście mimo wszystko nie zostanie wykryte w czasie 16 ms – dalsze poszukiwania zostają zatrzymane i dane o wzmocnieniu zostają bezwzględnie wpisane do rejestru. Minimalizuje to efekt „stukania” podczas zmiany nastaw.

### Część sterująca

Sercem części sterującej jest mikrokontroler z rodziny AVR – ATmega16 firmy Atmel. Do taktowania mikrokontrolera wykorzystałem jego wewnętrzny oscylator RC pracujący tutaj z maksymalną częstotliwością 8 MHz. Schemat części sterującej można zobaczyć na rys. 3. Prawidłowy start po włączeniu zasilania zapewnia układ złożony z elementów D3, R20 i C27 utrzymujących niski stan na wejściu RESET przez ok. 100 ms.

Zasilanie części sterującej opiera się na stabilizatorze IC1, który dostarcza napięcia 5 V. Mostek prostowniczy oraz kondensatory filtrujące C23...C25 umożliwiają zasilanie modułu bezpośrednio z transformatora sieciowego o napięciu przemiennym na uzwojeniu wtórnym od 7...15 V lub stałego o wartości od 9...25 V i dowolnej polaryzacji.

Na płycie znalazło się również miejsce na złącze pod wyświetlacz LCD oznaczone jako L1. Regulację kontrastu wyświetlacza zapewnia potencjometr montażowy PR1. Na schemacie można zobaczyć, że wyprowadzenia wykorzystane do jego sterowania pokrywają się z pinami gniazda CON3. Jeżeli zastosowany wyświetlacz będzie miał podświetlenie, wtedy stabilizator należy wyposażyć w niewielki radiator. Odbiornik podczerwieni IC4 typu TSOP1736 pracuje na przerwaniami INTO mikrokontrolera.

Aby zwiększyć uniwersalność części sterującej porty mikrokontrolera zostały wyprowadzone za pomocą 10-stykowych złącz IDC. Dzięki temu powstała swego rodzaju jednostka centralna gotowa do dalszej rozbudowy.

Sposób podłączenia portów PA...PD do złącz CON1...CON4 można dokładnie prześledzić schemacie rys. 3. Każdy piąty pin złącz IDC został podłączony do masy, natomiast dzie-

### WYKAZ ELEMENTÓW część analogowa

#### Rezystory

R1, R4: 220 Ω  
R2, R3: 2,4 kΩ  
R5, R6: 100 kΩ  
R7...R11: 510 Ω  
R12...R16: 10 kΩ

#### Kondensatory

C1, C2: 2700 μF/35 V  
C5, C6, C12, C13, C14, C17, C18, C21: 100 nF  
C7, C8: 10 μF/50 V  
C9, C10: 47 μF/50 V  
C11: 470 μF/50 V  
C15, C16: 100 μF/50 V

#### Półprzewodniki

UC1: LM317  
UC2: LM337  
UC3: L7805  
UC4, UC5: PGA2310  
F1...F3: 6N137  
F4: TLP621-2  
M1: Mostek prostowniczy 1 A/50 V okrągły  
D1, D2: 1N4002

#### Inne

Złącze IDC męskie 2x5 1szt.  
ARK3/350 6szt.

#### część sterująca

#### Rezystory

R19: 220 Ω  
R20: 4,7 kΩ  
R21: 10 kΩ

#### Kondensatory

C22: 1000 μF/50 V  
C23, C25, C27: 100 nF  
C24, C26: 100 μF/50 V

#### Półprzewodniki

IC1: L7805  
IC2: ATmega16/DIP40  
IC3: TSOP1736  
M2: Mostek prostowniczy 1 A/50 V okrągły  
D3: 1N4148

#### Inne

L1: złącze żeńskie 1x14 1 szt.  
I2C: Złącze szpilki. 1X5 1 szt.  
JP1: Złącze szpilki. 1X2 1 szt.  
AC: ARK2/350 1 szt.  
PR1: 10 kΩ potencjometr montażowy  
Podstawka precyzyjna DIP40 1 szt.  
Złącze IDC męskie 2x5 4 szt.

siąty do plusa zasilania.

Ostatnimi elementami, które znajdują się na płycie są: złącze I2C służące do podłączenia impulsatora oraz jumper JP1 wraz z rezystorem R21. Rozłączenie JP1 i zerowanie powodują przejście mikrokontrolera w tryb „uczenia” się.

**Damian Antoniak**  
dantoniak@gmail.com

Dodatkowe informacje na temat projektu przedwzmacniacza (zdjęcia, opisy, recenzje...) można znaleźć na forum [www.audiostereo.pl](http://www.audiostereo.pl) w dziale DIY, wątek Szukam schematu zdalnego sterowania.