

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.

RoomQuake

Większość audiofilów podąża za jak najwierniejszym odtwarzaniem muzyki. Jedną z dróg poszukiwania ideału jest częsta zmiana kolumn głośnikowych. Przebył ją autor tego artykułu, który za którymś razem postanowił jednak „wziąć sprawy we własne ręce”.

Historię realizacji projektu opisujemy niżej.

Rekomendacje:

dźwięk słyszany z własnoręcznie wykonanych kolumn brzmi tak, jak smakuje kanapka przygotowana samodzielnie. Zachęcamy do prób tych, którzy nie boją się trzymać lutownicy w ręku i którym nieobce jest mieszanie kleju stolarskiego.



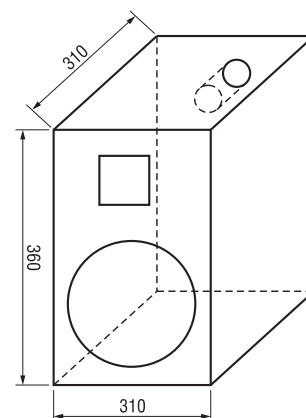
PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytko subwoofera o wymiarach 177x67 mm
- Zasilanie subwoofera: zasilacz sieciowy
- Parametry monitorów:
 - moc 60 W
 - impedancja 8 Ω
 - skuteczność 85 dB
 - pasmo przenoszenia 50...20000 Hz
 - wymiary: 360x220x310 mm
- Parametry subwoofera:
 - moc 150 W
 - impedancja 8 Ω
 - skuteczność 86 dB
 - pasmo przenoszenia 37...150 Hz (filtr 60...150 Hz)
 - wymiary: 450x335x380 mm

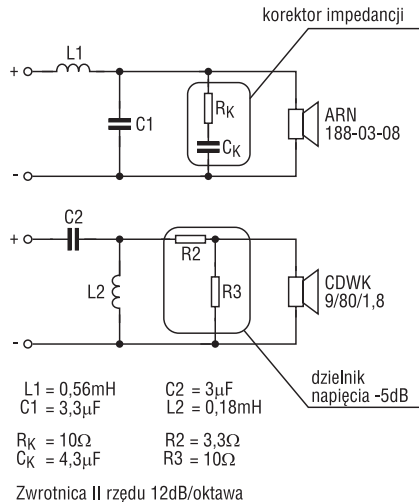
Zanim powstał poniższy projekt używałem „podłógówka”, jednak stwierdziłem, że mam za mały pokój na takie kolumny. Stąd zrodził się pomysł na zastosowanie monitorów. Wykonałem zestaw stereo do wzmacniacza. Składa się on z dwóch monitorów, stojących na *standach*. Kolumny razem z podstawkami mają wysokość 94 cm. Zapewnia mi to ustawienie głośników na wysokości odsłuchowej. Do budowy kolumn użyłem sprawdzonego już zestawu, czyli głośnika nisko-średniotonowego TVM Acoustics ARN-188-03-8 oraz wysokotonowego TONSIL GDWK 9/80/1. Dzięki wcześniejszemu doświadczeniu, zbudowanie obudów nie sprawiło mi problemu. Monitory mają przeważnie pojemność 15...20 l. Z doświadczenia wiem, że im głębsza kolumna, tym głębszy można osiągnąć bas. Zależy to jeszcze od objętości ekwiwalentnej (V_{as}). Użyte przeze mnie TVM-y mają V_{as} równą 25,5 l. W praktyce oznacza to, że głośnik zagra dobrze w małej obudowie – właśnie ok. 15...20 l. Charakterystykę przenoszenia głośnika niskotonowego w zaprojektowanej prze-

ze mnie obudowie „zbadalem” używając programu Bass Box Pro. Dzięki tej aplikacji obliczyłem także tunel bass-reflex, tak aby wycisnąć z głośników i obudowy maksimum możliwości. Jednocześnie chciałem osiągnąć odpowiedź impulsową poniżej 5 ms. Ostatecznie obudowy mają rozmiary zewnętrzne 360x220x310 mm – wys. x szer. x głęb. (rys. 1).

Na podstawie czytanych przeze mnie publikacji wywnioskowałem, że kupowanie gotowych zwrotnic mija



Rys. 1. Wymiary monitorów



Rys. 2. Schemat elektryczny monitorów

się z celem. Dlatego postanowiłem wykonać je samodzielnie. Minęło wiele wieczorów nim przeczytałem wszystkie zdobyte na ten temat materiały. W końcu, po analizie charakterystyk obu głośników, wyliczyłem potrzebne elementy.

Cewki powietrzne, kondensatory MKSE/MKT, rezystory ceramiczne, itd. Sprawność głośnika wysoko-tonowego jest rzędu 90 dB, zaś nisko-średnio-tonowego 85 dB, więc zastosowałem „tłumik” -5 dB na głośnik wysoko-tonowy. Impedancja głośnika nie jest stała w całym paśmie. W miejscu rezonansu f_s jest największa, potem spada do wartości nominalnej, aby następnie wraz ze wzrostem częstotliwości rosnąć. Aby temu zapobiec zastosowałem korektor impedancji (rys. 2). Zastosowałem filtr dolno- jak i górnoprzepustowy 2 rzędu,

WYKAZ ELEMENTÓW

monitory

Rezystory

- Rk: 10 Ω
- R2: 3,3 Ω
- R3: 10 Ω

Kondensatory (MKSE, MKT)

- C1: 3,3 μF
- C2: 3 μF
- Ck: 4,3 μF
- Inne

- L1: cewka 0,56 mH (druć μ1,4 mm - kupna)
- L2: cewka 0,18 mH (druć μ1,4 mm - kupna)
- głośnik TVM Acoustics ARN-188-03-8
- głośnik TONSIL GDWK 9/80/1

subwoofer

Rezystory

- R1: 68 Ω
- R2: 820 Ω
- R4: 4,7 kΩ
- R5: 2,2 kΩ
- R6: 10 kΩ
- R7, R9, R10, R13, R14: 20 kΩ
- R8: 33 kΩ
- R11, R15: 6,8 kΩ
- R12, R16: 1 kΩ
- R3: potencjometr 47 kΩ

Kondensatory

- C1: 1 nF
- C2, C5: 680 nF
- C3: 47 nF
- C4, C6, C7: 22 μF/ 50 V

- C8, C10, C12, C14: 100 nF
- C9, C11, C13, C15: 1000 μF/50 V
- C16, C18: 100 μF/50 V
- C17, C19: 330 pF
- Kondensatory 2x22000 μF/50 V (do zasilacza)
- Kondensatory 2x100 nF (do zasilacza)
- Półprzewodniki**
- US1, US2: TDA7294
- D1: dioda Zenera C12V
- D2: 1N4148
- T1: BC550
- Mostek prostowniczy 25 A (do zasilacza)
- Inne**
- SW1: przełącznik
- głośnik GDN-27-150-8-SS

filtr

Rezystory

- R1: 4,7 kΩ
- R2: 22 kΩ
- R3: 10 kΩ
- P1: 100 kΩ potencjometr (charakterystyka A)
- Kondensatory
- C1: 220 nF
- C2: 22 nF
- C3 100 nF
- C4, C5: 47 μF/16 V

Półprzewodniki

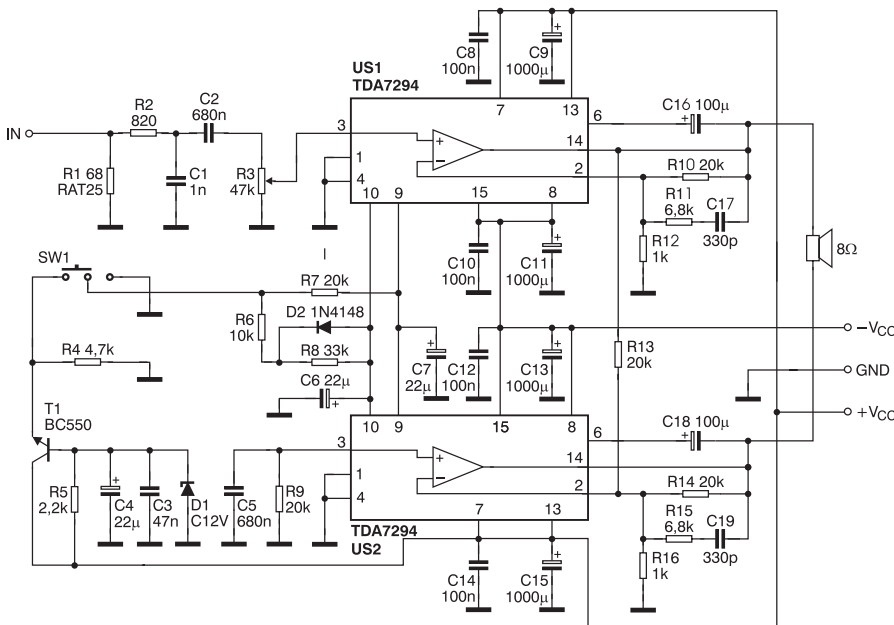
- US1: TL074
- US2: LM7815
- US2: LM7915

czyli nachylenie jego charakterystyki jest równe 12 dB na oktawę. Pojawiły się przez to problemy fazowe między głośnikami, dlatego przy podłączaniu głośnika wysoko-tonowego, najpierw podłączyłem „+” do „+”. Po krótkim odsłuchaniu muzyki zdecydowałem się jednak na podłączenie odwrotne,

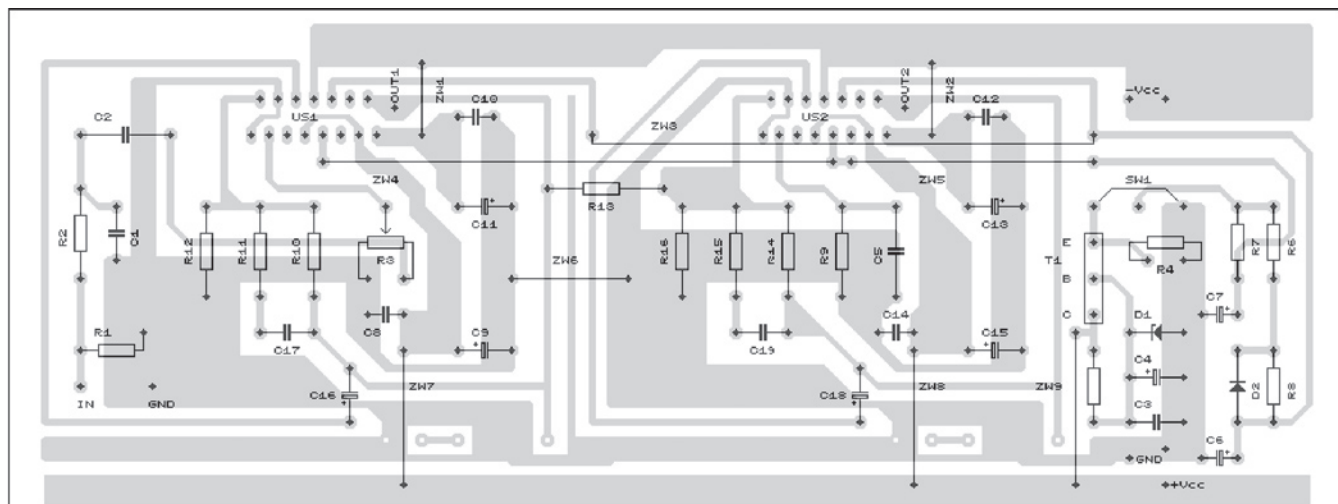
co dało wyśmienity rezultat. Po dłuższym słuchaniu muzyki stwierdziłem, że pasmo jest idealnie rozdzielone, nie ma żadnych podbarwień. Słuchając dalej, na mej twarzy rysował się coraz większy uśmiech.

Jednak moje zamiłowanie do niższych dźwięków posunęło mnie jeszcze dalej. Powstał pomysł na wykonanie aktywnego subwoofera. Myślałem początkowo nad kupnem gotowego wzmacniacza do obudowy, jednak w końcu postanowiłem wykonać go samodzielnie. Zaczęły się więc poszukiwania materiałów. Ponownie każdy wieczór spędzałem czytając artykuły. Wybór padł na pospolitą kość TDA7294. Według mnie ma ona bardzo przyzwoite parametry i niezbyt skomplikowaną aplikację. Pomyślałem, że warto by mieć ok. 100 W, jednak w takim przypadku konieczne by było zastosowanie dwóch takich układów. Chciałem nawet kupić gotową płytkę PCB razem z elementami, jednak pewna osoba przekonała mnie, abym wykonał płytkę samodzielnie. Stwierdziłem, że zawsze się więcej nauczę.

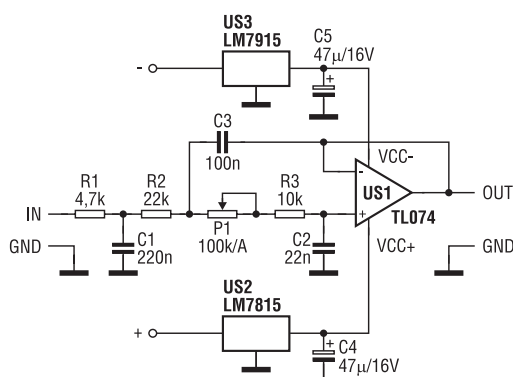
Wzmacniacz oparty o kości TDA7294 (rys. 3) wymagał zasilacza symetrycznego. Do budowy zasilacza



Rys. 3. Schemat elektryczny subwoofera



Rys. 4. Schemat montażowy subwoofera



Rys. 5. Filtr dolnoprzepustowy

użyłem mostka prostowniczego 25 A, kondensatorów elektrolitycznych JAMICON 22000 $\mu\text{F}/50\text{ V}$ (pod nie wltowałem 100 nF) i transformatora 300 VA/2x28 V. Za mostkiem i kondensatorami otrzymałem 2x38 V. W nocie aplikacyjnej TDA7294 podane jest, że maksymalne napięcie pracy to 40 V. Można zadać pytanie, po co taka olbrzymia bateria kondensatorów? Odpowiedź jest prosta – gdybyście

mieli taką okazję jak ja, też byście je kupili.

Po znalezieniu schematu wytrawiłem płytkę (rys. 4) i wlutowałem elementy. Oczywiście bez wcześniejszej styczności z elektroniką nie obyło się bez błędów. Tu dioda wlutowana odwrotnie, tam zimny lut. Na moje szczęście w końcu udało mi się jakoś uruchomić wzmacniacz. Użyłem radiatora od diody (zapłaciłem za niego 8 zł).

Do pełni szczęścia brakowało mi jeszcze jakiegoś filtra dolnoprzepustowego. Pomógł mi przy tym END. Znalazł schemat w miarę prostego i dobrego filtra (rys. 5). Stabilizatory użyte w filtrze 79xx i 78xx wytrzymują napięcie max 25 V, ja mam jak wicie 38 V. W tym momencie również END podpowiedział mi, żebym dał rezystory 580 Ω do „+” i „-” oraz radiatory na stabilizatory. Radiatory pochodzą z zasilacza komputerowego, po docięciu nadają się wspaniale. Układ filtra dolnoprzepustowego jest na tyle prosty, że można go zmontować na płytce uniwersalnej.

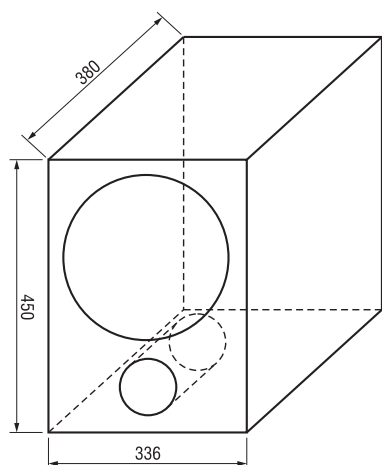
Na końcu została jeszcze kwestia wyboru przetwornika. Ze względów finansowych, jak i rozmiarów mojego pokoju (12 m²), wybór padł na STX GDN-27-150-8-SS. Ponownie do wliczenia optymalnej obudowy użyłem wyżej wymienionego programu. Obudowa do tego głośnika ma pojemność 42 l, co jest wielkością standardową dla subwooferów. Nie jest na pewno za duża, ale i nie za mała – po prostu w sam raz. Z pewnością ten STX zejdzie niżej w skrzyni ok. 70...80 l, ale jest to w ogóle nie praktyczne. Cała obudowa jest strojona na 35 Hz, ponieważ ten głośnik poniżej tej czę-

stotliwości nie zagra. Zewnętrzne wymiary to 450x335x380 mm (rys. 6). Średnica *bass reflexu* jest równa 75 mm. Jego wylot jest dobrze wyprofilowany, co powoduje, że wylatujące powietrze nie „furkocze”. Dopóki nie wygrzałem całego głośnika jak i wzmacniacza, to subwoofer nie schodził nisko. Maksymalnie było to ok. 50 Hz. Po kilku dniach wygrzewania wszystko się jednak zmieniło. Basy 43 Hz chciały wypchnąć szybciej z drzwi mojego pokoju. Głośnik mimo to, że jego sprawność wynosi jedyne 86 dB, gra naprawdę głośno.

Do wytłumienia zarówno monitorów, jak i subwoofera użyłem watoliny (grubość 40 mm). Wytłumienie minimalizuje powstawanie fali stojącej wewnątrz obudowy. Fala stojąca wewnątrz powoduje powstanie zniekształceń, które są jednak słyszalne tylko przez nielicznych. Nieestety, a może „stety” ja zaliczam się do tego grona. Mimo tego, że głośniki przeze mnie użyte mają małą sprawność – TVM-y 85 dB, zaś STX 86 dB, zapewnia to przyzwoity poziom natężenia dźwięku. Bas niesie się z czwartego piętra, aż do piwnicy. Dźwięk moich wcześniejszych subwooferów niósł się podobnie po bloku, jednak nigdy do mieszkań na przeciwko parę pięter niżej. Takie „katowanie” sprzętu jest oczywiście dość rzadkie. Wolę słyszeć niskie, średnie i wysokie tony na podobnym poziomie. Wykonanie podstawek – „stand-ów” było kwestią docięcia płyty, skręcenia i pomalowania. Efekt można zobaczyć na zdjęciach.

Schematy użyte w projekcie pochodzą z portalu elektroda.pl.

Grzegorz Kobyłański
kapsel85@gmail.com



Rys. 6. Wymiary obudowy subwoofera