

**Podstawowe parametry:**

- zwrotnica aktywna z prądową pętlą sprzężenia zwrotnego,
- regulacja częstotliwości podziału w zakresie 40...200 Hz,
- zawiera obwód kompensacji wzmocnienia w otoczeniu częstotliwości ok. 68...70 Hz,
- zasilanie napięciem symetrycznym ok. ± 30 V.

*** Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wstawić w dotychczasową płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

- | | |
|---------|---|
| AVT5679 | Band splitter – trójdrożna aktywna zwrotnica audio (EP 6/2019) |
| AVT5558 | Trójdrożna zwrotnica aktywna (EP 12/2016) |
| AVT5514 | DSP1701_SUB cyfrowy filtr do subwoofera aktywnego (EP 10/2015) |
| AVT5501 | DSP1701_3WCRSV – trójdrożna cyfrowa stereofoniczna zwrotnica głośnikowa (EP 5/2015) |
| AVT5404 | Dwudrożna zwrotnica aktywna (EP 7/2013) |
| AVT1687 | Filtr do subwoofera (EP 8/2012) |
| AVT2449 | Filtr do subwoofera (EdW 9/2000) |

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wstawiane w płytkę PCB),
 - wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji.
- Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja,
 - wersja [UK] – zaprogramowany układ.

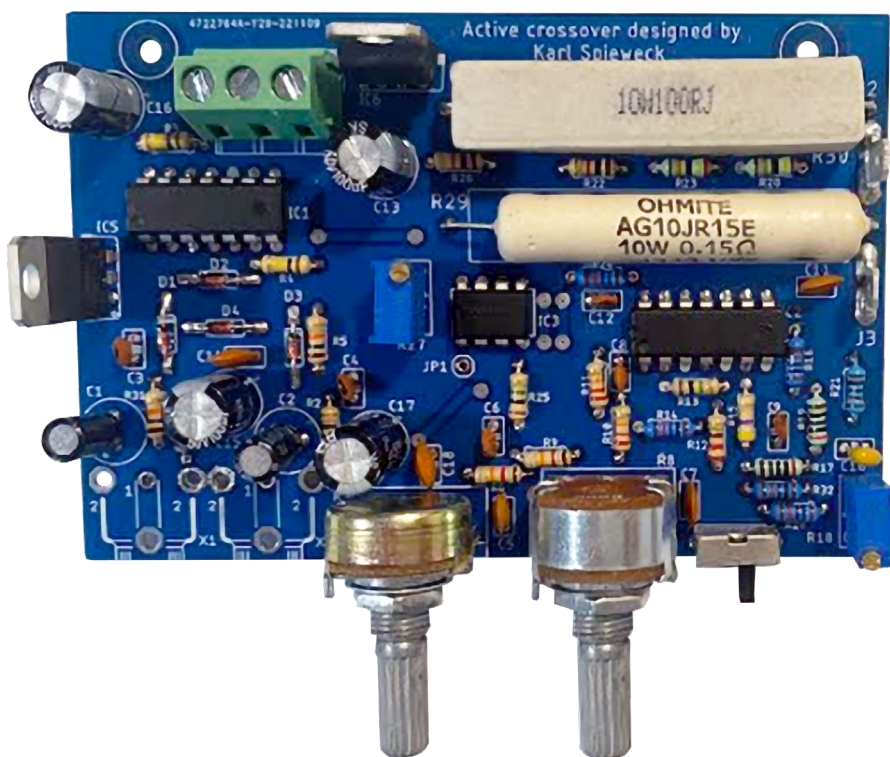
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik PDF! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Wzmacniacz transkonduktancyjny do subwoofera

Prezentowany projekt wzmacniacza transkonduktancyjnego do subwoofera zawiera dwa popularne zestawy do samodzielnego montażu firmy AVT uzupełnione o dodatkową zwrotnicę aktywną z prądową pętlą sprzężenia zwrotnego. Urządzenie pozwala na obniżenie poziomu zniekształceń nieliniowych w zakresie najniższych częstotliwości pasma akustycznego, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie lepszej jakości odtwarzanego dźwięku.

Pierwsze wzmianki na temat zastosowania wzmacniaczy transkonduktancyjnych współpracujących z głośnikami magneto-elektrycznymi (dynamicznymi) pojawiły się już w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku w Stanach Zjednoczonych. W artykule pt. *A new look at positive current feedback*, autorstwa H. D. Zinka oraz L. R. Sanforda, opublikowanym w listopadowym wydaniu czasopisma „Radio and TV News” w roku 1957, opisano jeden z pierwszych tego typu projektów wykonanych w technice lampowej. Koncepcja ta ulegała dalszemu doskonaleniu m.in. w latach siedemdziesiątych dwudziestego wieku. Kluczową dla tego projektu okazała się publikacja naukowa pt. *Distortion reduction in moving-coil loudspeaker systems using current-drive technology*, której autorami byli P. G. L. Mills oraz M. O. J. Hawksford, opublikowana w roku 1989 w marcowym wydaniu czasopisma „Journal of the Audio Engineering Society”. W roku 2010 pojawiła się nawet publikacja książkowa pt. *Current-driving of loudspeakers. Eliminating*

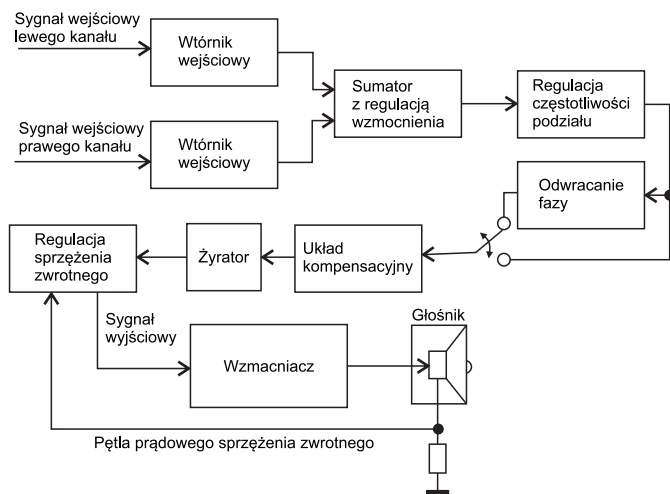


major distortion and interference effects by the physically correct operation method, której autorem jest fiński uczony – mgr inż. Esa Meriläinen. Autor prezentuje w niej pogląd mówiący o tym, że zasilanie głośników wzmacniaczem transkonduktancyjnym przyczynia się do zmniejszenia poziomu zniekształceń nieliniowych, co jego zdaniem przekłada się na uzyskanie lepszej jakości odtwarzanego dźwięku.

Powstaje zatem pytanie – czy pogląd ów jest prawdziwy? Jego weryfikacja za pomocą aparatury pomiarowej zdaje

się częściowo potwierdzać, częściowo zaś nie tę opinię. W niektórych zakresach częstotliwości akustycznych następuje bowiem zmniejszenie poziomu zniekształceń nieliniowych, z kolei w innych występuje jego zwiększenie. Ogranicza to zakres zastosowań tego typu układów niemal wyłącznie do subwooferów aktywnych pracujących w zakresie najniższych częstotliwości pasma akustycznego.

Brzmienie wzmacniaczy transkonduktancyjnych różni się w sposób zasadniczy od brzmienia konwencjonalnych



Rysunek 1. Schemat blokowy wzmacniacza transkonduktancyjnego do subwoofera

wzmacniaczy napięciowych. Wzmacniacz transkonduktancyjny charakteryzuje się dużą impedancją wyjściową, a co za tym idzie, małym współczynnikiem tłumienia. Jego zasada działania przypomina w pewnym zakresie zasadę działania źródła prądowego, co powoduje z kolei powstanie pewnej wady tego układu polegającej na zwiększeniu poziomu ciśnienia akustycznego w obszarze częstotliwości rezonansowej głośnika pracującego w obwodzie zamkniętej (moduł impedancji w tym obszarze zwiększa swoją wartość, dzięki czemu wzmacniacz transkonduktancyjny, dążąc do zachowania stałej wartości prądu elektrycznego płynącego przez uzwojenie cewki głośnika, zwiększa poziom napięcia na jego zaciskach zgodnie z prawem Ohma i prawem Joule'a-Lenza). Wada ta została częściowo wyeliminowana w układzie zwrotnicy poprzez zastosowanie żyratora.

Czy tego typu rozwiązanie jest w stanie zapewnić czytelnikom oczekiwaną poprawę jakości dźwięku odtwarzanego przez skonstruowany w ten sposób subwoofer? Na to pytanie każdy czytelnik musi odpowiedzieć sobie samodzielnie, przeprowadzając

badania i odsłuchy zaproponowanego urządzenia. Dźwięk odtwarzany przez subwoofer ze wzmacniaczem transkonduktancyjnym różni się w sposób zdecydowany od dźwięku odtwarzanego przez subwoofer wykonany w technologii konwencjonalnej. Czy jest to jednak zmiana na plus, czy na minus, jest już bardziej sprawą subiektywną i zależną od upodobań muzycznych danego czytelnika.

Budowa i działanie

Na **rysunku 1** został pokazany schemat blokowy urządzenia, natomiast na **rysunku 2** znajduje się schemat ideowy. Układ jest zasilany z sieci prądu przemiennego o napięciu skutecznym 230 V. Do zasilania układu zastosowano transformator oznaczony jako Tr1. Jest to transformator firmy INDEL typu TST 160/012. Dostarcza on na uzwojeniach wtórnych dwóch symetrycznych napięć o wartościach 24 V. Wydajność prądowa uzwojeń wynosi $2 \times 3,3$ A. Uzwojenie pierwotne zabezpieczone jest bezpiecznikiem zwłocznym B1 typu T0,8 A/250 V, natomiast uzwojenia wtórne zabezpieczone są bezpiecznikami zwłocznymi B2 oraz B3 typu T4,0 A/250 V.

Układ umożliwia realizację funkcji *ground-lift* realizowanej za pośrednictwem elementów R1, C1 oraz D1, służącej do zapobiegania powstawaniu tzw. pętli masy. Prostowanie i filtrację dodatnich i ujemnych względem masy napięć zasilających zapewnia zestaw do samodzielnego montażu typu AVT1505/2. W jego skład wchodzi elementy: B2, B3, M1, C2, C3, C7 oraz C8. Układ ten zabudowany jest na osobnym obwodzie drukowanym. Do zasilania układu zwrotnicy zastosowano elementy: C4, US1, C5, C6, C9, US2, C10 oraz C11. Służą one obniżeniu i stabilizacji napięć zasilających z poziomu ± 30 V do poziomu ± 15 V.

Wzmacniacze operacyjne US3(A) oraz US3(B) służą do buforowania wejść układu i zapobiegają powstawaniu przesłuchów międzykanałowych. Kondensatory elektrolityczne bipolarne C12 oraz C14 służą do separacji składowej stałej na wejściu układu. Elementy R2, D2, D3 w kanale lewym oraz R5, D4, D5 w kanale prawym służą do realizacji zabezpieczenia przeciwprzepięciowego na wypadek odłączenia któregoś z wejść układu podczas pełnego występowania. Elementy C13 oraz C15 pełnią funkcję przeciwwzakołoceniową. Wzmacniacz operacyjny US3(C) pracuje jako sumator sygnału pochodzącego z obydwu kanałów i zapewnia możliwość regulacji wzmocnienia za pośrednictwem potencjometru P1 o charakterystyce nieliniowej z dołączonym do ścieżki oporowej kondensatorem przeciwwzakołoceniowym C16. Podwójny liniowy potencjometr P2 wraz z elementami R8, R9, C17, C18 oraz buforem US3(D) realizuje funkcjonalność regulacji częstotliwości podziału za pomocą filtra drugiego rzędu o charakterystyce Butterwortha, przestrajanego w zakresie od 40 Hz do 200 Hz z nachyleniem wynoszącym 12 dB/okt. Układ odwracający wykonany na wzmacniaczu operacyjnym US4(A) umożliwia odwrócenie fazy sygnału. Wzmacniacz operacyjny US4(B) kompensuje

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczyńska 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Układ zwrotnicy aktywnej

Rezystory: (0,25 W, 5% o ile nie wskazano inaczej)

R1: 10 kΩ, 1 W
R2, R5: 100 Ω
R3, R6, R14, R16, R18, R19, R25: 10 kΩ, 1%
R4, R7, R30: 100 kΩ
R8, R9: 12 kΩ
R10, R11: 22 kΩ
R12: 220 Ω
R13, R26: 1 MΩ
R15: 4,7 kΩ, 1%
R17, R20: 200 Ω, 1%
R21, R23, R27: 1 kΩ, 1%
R22, R24: 240 kΩ, 1%
R38: 100 Ω, 10 W
R39: 0,15 Ω, 10 W

Kondensatory:

C1: 100 nF/500 V foliowy
C4, C9: 100 μF/50 V elektrolityczny
C5, C10: 100 μF/25 V elektrolityczny
C6, C11, C18, C22: 100 nF/25 V foliowy
C12, C14: 10 μF/25 V bipolarne
C13, C15, C20, C23: 47 pF/25 V ceramiczny
C16: 39 pF/25 V ceramiczny
C17: 47 nF/25 V foliowy
C19: 220 pF/25 V ceramiczny

C21: 220 nF/25 V foliowy

Półprzewodniki:

D1: P6SMBJ12CA
D2, D3, D4, D5: 1N4148
US1: LM7815
US2: LM7915
US3, US4: TL074
US5: TL072

Pozostałe:

B1: bezpiecznik 0,8 A/250 V zwłocznym
P1: 1×50 kΩ/B nieliniowy
P2: 2×50kΩ/A liniowy
PR1, PR2: 10 kΩ helitrim
L1: cewka – ok. 7...8 zwojów drutem nawojowym emaliowanym o średnicy 1 mm na średnicy wewnętrznej równej ok. 10 mm.
Tr1: transformator TST160/012 INDEL
Włącznik sieciowy dwusekcyjny 1 szt.
Włącznik stały jednosekcyjny 2 szt.
Głośnik SB20PFCR30-4 SB Acoustics

Wzmacniacz mocy – zestaw AVT2153

Rezystory: (0,25 W, 5% o ile nie wskazano inaczej)
R28: 3,3 kΩ
R29, R35, R36: 22 kΩ

R31: 470 kΩ

R32, R33: 10 kΩ, 1%
R34: 33 kΩ
R37: 680 Ω

Kondensatory:

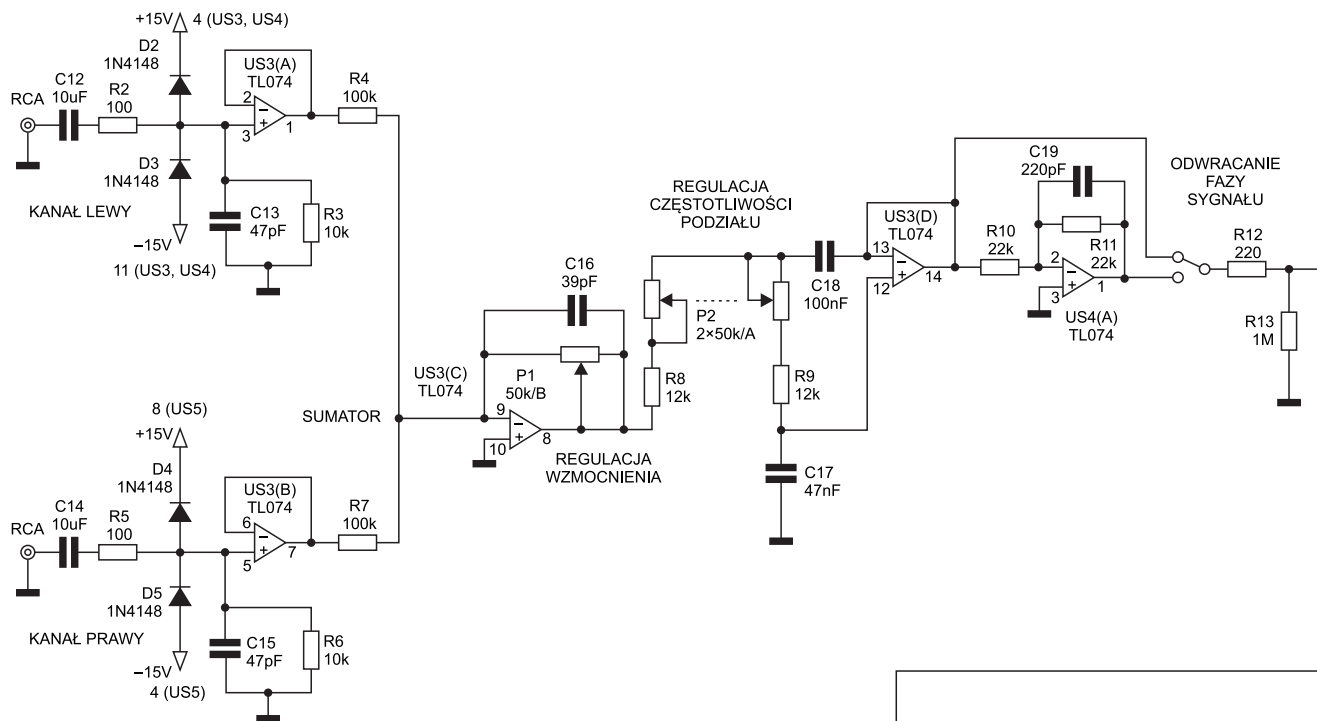
C24: 470 nF/25 V foliowy
C25: 330 nF/25 V foliowy
C26, C27: 10 μF/16 V elektrolityczny
C28, C31: 100 nF/100 V foliowy
C29, C30, C32, C33: 470 μF/63 V elektrolityczny
C34: 22 μF/63 V elektrolityczny
C35: 10 μF/63 V elektrolityczny

Półprzewodniki:

D6, D8, D9: 1N4148
D7: dioda Zenera 18 V
D10: dioda Zenera 12 V
OT1: CNY17
T1, T2: BC548
US6: TDA7294

Zasilacz – zestaw AVT1505/2

C2, C3, C7, C8: 6800 μF/50 V elektrolityczny
M1: mostek prostowniczy 20 A/200 V
B2, B3: bezpiecznik 4,0 A/250 V zwłocznym



Rysunek 2. Schemat ideowy wzmacniacza transkonduktancyjnego do subwoofera (rysunek pokazuje schemat całego urządzenia, czyli zawiera schemat zwozrotnicy aktywnej oraz schemat zestawu zasilacza AVT1505/2 i zestawu wzmacniacza AVT2153)

spadek wzmocnienia spowodowany zastosowaniem prądowej pętli sprzężenia zwrotnego.

Elementy: C20, R16, PR1, R17, R18, R19, R20, C21, R21, C22, US4(C), R22, R23, R24, US4(D), R25 oraz C23, tworzą układ żyrtora z mostkiem Wiena-Robinsona służący do kompensacji nadmiaru wzmocnienia w otoczeniu częstotliwości rezonansowej głośnika pracującego w obudowie zamkniętej, wynikającego z zasady działania wzmacniacza transkonduktancyjnego. Potencjometr montażowy PR1 typu helitrim umożliwia regulację tłumienia żyrtora dla sygnału o częstotliwości ok. 68...70 Hz. Dobroć żyrtora została dobrana w taki sposób, aby stanowić lustrzane odbicie charakterystyki modułu impedancji w funkcji częstotliwości głośnika pracującego w obudowie zamkniętej. Elementy: US5(A), PR2, R27, US5(B), R38 oraz R39, realizują funkcjonalność pętli prądowego sprzężenia zwrotnego.

Układ współpracuje z 4-omowym głośnikiem typu SB Acoustics SB20PFCR30-4. Fragment dokumentacji z parametrami

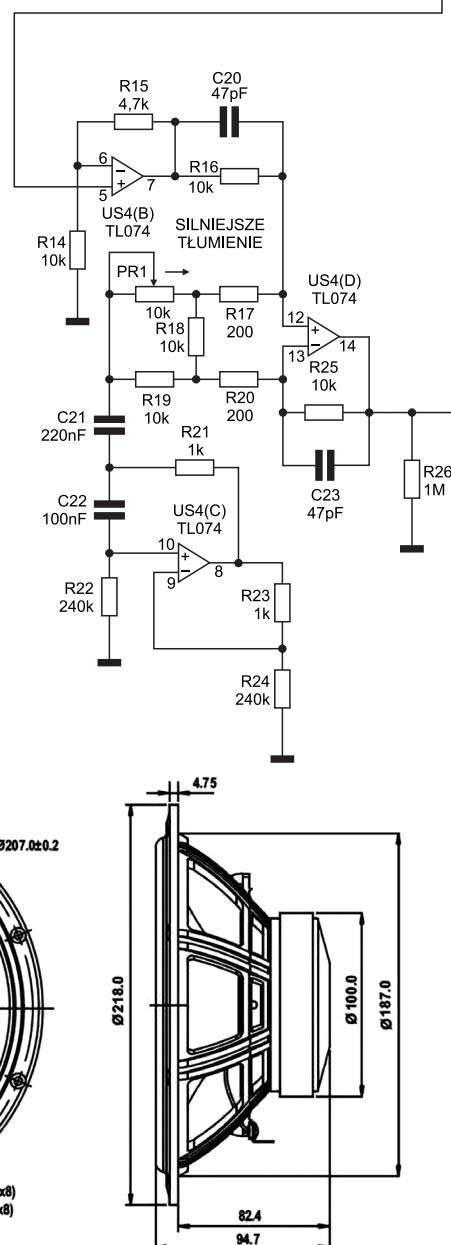
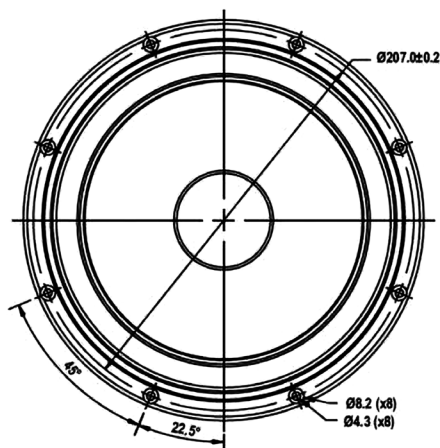
Specs :

Nominal Impedance	4 Ω	Free air resonance, F_s	34 Hz
DC resistance, R_e	3.4 Ω	Sensitivity (2.83 V / 1 m)	92.5 dB
Voice coil inductance, L_e	0.71 mH	Mechanical Q-factor, Q_{ms}	2.78
Effective piston area, S_d	216 cm ²	Electrical Q-factor, Q_{es}	0.37
Voice coil diameter	30.5 mm	Total Q-factor, Q_{ts}	0.33
Voice coil height	16.5 mm	Moving mass incl. air, M_{ms}	22.4 g
Air gap height	5 mm	Force factor, Bl	6.6 Tm
Linear coil travel (p-p)	11.5 mm	Equivalent volume, V_{as}	66.2 liters
Magnetic flux density	1.2 T	Compliance, C_{ms}	1.0 mm/N
Magnet weight	0.54 kg	Mechanical loss, R_{ms}	1.7 kg/s
Net weight	1.42 kg	Rated power handling*	50 W

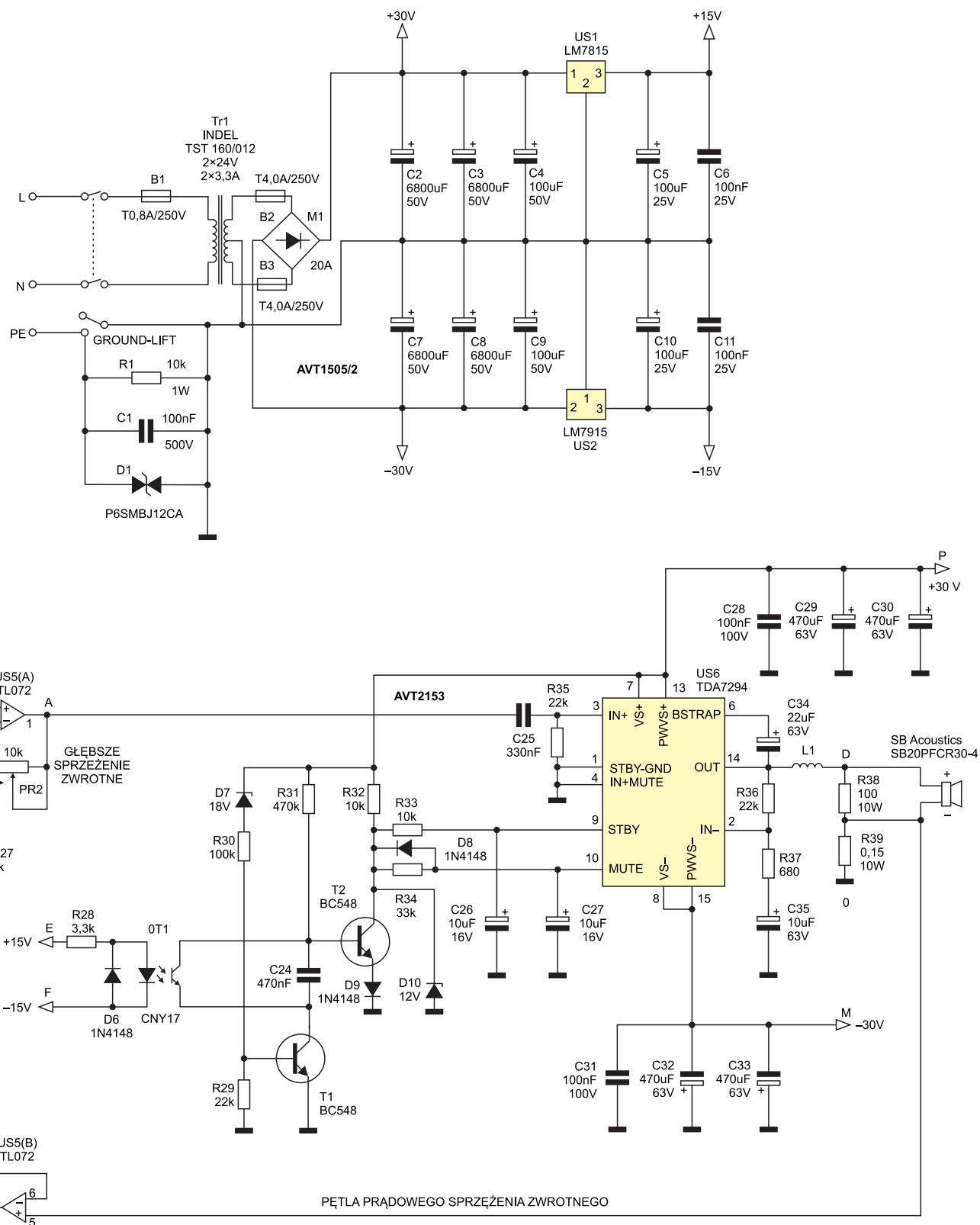
* IEC 268-5, T/S parameters measured on drive units that are broken in.

Rysunek 3. Dane techniczne głośnika typu SB Acoustics SB20PFCR30-4 (źródło: <https://blackdotaudio.eu/>)

głośnika został pokazany na **rysunku 3**, a jego wymiary pokazuje **rysunek 4**. Głośnik zabudowano w obudowie zamkniętej o objętości wewnętrznej równej ok. 27 litrów. Potencjometr montażowy PR2 typu helitrim służy do regulacji głębokości prądowego sprzężenia zwrotnego. Pętla sprzężenia zwrotnego ma zakres regulacji ustalony wartościami elementów PR2 oraz R27 na $K_u=0...10$ V/V. Sygnał sprzężenia zwrotnego pobierany jest z 10-watowego opornika R39 za pośrednictwem bufora zrealizowanego na wzmacniaczu operacyjnym US5(B). Opornik R38 o mocy 10 W pełni funkcję zabezpieczającą wyjście wzmacniacza mocy w przypadku, gdyby podczas pełnego wystęrowania nastąpiło odłączenie zacisków głośnika od pozostałej części układu.



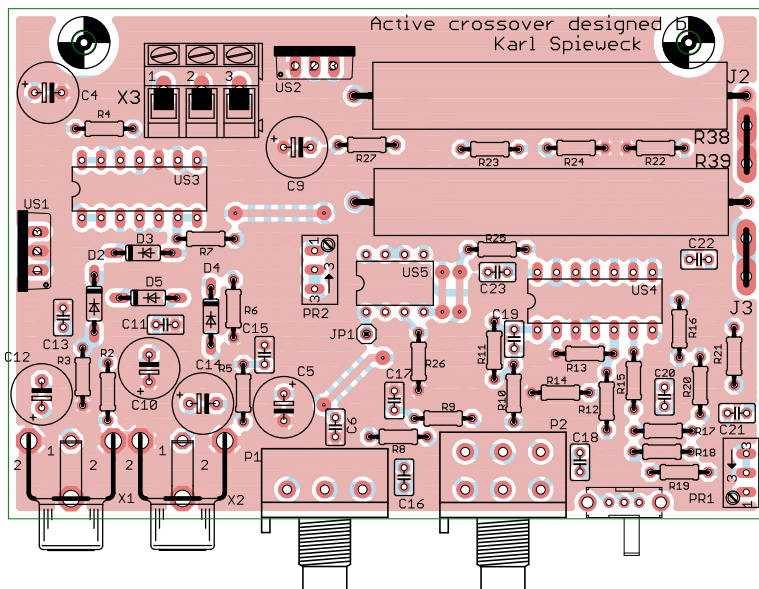
Rysunek 4. Wymiary gabarytowe głośnika typu SB Acoustics SB20PFCR30-4 (źródło: <https://blackdotaudio.eu/>)



Pozostałe elementy układu stanowią zestaw do samodzielnego montażu typu AVT2153, który jest zmontowany na osobnym obwodzie drukowanym. Jest to katalogowa aplikacja układu scalonego typu TDA7294 z dwiema drobnymi modyfikacjami. Przede wszystkim pojemność kondensatora C25 na wejściu

układu została obniżona z 470 nF na 330 nF, tworząc w ten sposób w pętli sprzężenia zwrotnego filtr subsoniczny, służący do tego, aby przesunąć próg wzbudzenia i rozszerzyć zakres regulacji głębokości pętli sprzężenia zwrotnego. Natomiast na wyjściu układu dołączona została cewka powietrzna L1, która

tworzy w pętli sprzężenia zwrotnego filtr ultrasoniczny zapobiegający wzbudzeniu się układu na częstotliwości ok. 1 MHz pod wpływem współpracy wzmacniacza mocy z obciążeniem o charakterze reaktancyjnym. Cewkę tę należy wykonać we własnym zakresie, nawijając ok. 7...8 zwojów drutem nawojowym



Rysunek 5. Obwód drukowany układu zwrotnicy aktywnej do wzmacniacza transkonduktancyjnego do subwoofera

emaliowanym o średnicy 1 mm na średnicy wewnętrznej równej ok. 10 mm.

Montaż i uruchomienie

Projekt obwodu PCB obejmuje sam układ zwrotnicy aktywnej i został pokazany na **rysunku 5**. Montaż nie jest skomplikowany i nie wymaga szczegółowego omawiania.

Do precyzyjnego zestrojenia układu potrzebny jest dostęp do komory bez-echowej oraz komputerowego systemu pomiarowego, jednak zgrubną regulację można wykonać za pomocą domowego systemu pomiarowego z darmowym programem komputerowym Speaker Workshop bazującym na metodzie MLS (*Maximum Length Sequence*), którego opis można znaleźć w Internecie.

Pomiar najniższych częstotliwości pasma akustycznego może zostać wykonany w sposób zgrubny przy użyciu metody pomiaru w polu bliskim (tzw. pomiar typu *nearfield*). W tej metodzie subwoofer znajduje się w pomieszczeniu o określonej kubaturze, natomiast

mikrofon należy umieścić w odległości jednego centymetra od kopułki przeciwpylowej (tzw. krążka) głośnika. Uzyskane w ten sposób wyniki pomiarów nie odbiegają w sposób znaczący od wyników pomiarów uzyskanych w warunkach pola swobodnego.

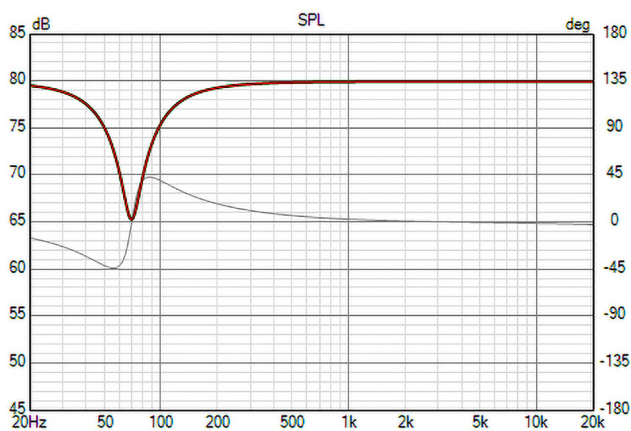
Podczas strojenia najlepiej podłączyć układ do sieci za pośrednictwem żarówki o mocy 60 W celem zabezpieczenia głośnika i wzmacniacza mocy przed uszkodzeniem na skutek wzbudzenia. Wzmocnienie należy ustawić na połowę zakresu potencjometrem P1, natomiast częstotliwość podziału na maksimum (200 Hz) potencjometrem P2. Fazę sygnału ustawiamy jako zgodną. Potencjometr montażowy PR1 typu helitrim ustawiamy na wartość 10 kΩ, natomiast potencjometr montażowy PR2 typu helitrim ustawiamy na wartość bliską 0 Ω. Uruchamiamy układ i ostrożnie regulujemy potencjometrem montażowym PR2 głębokość sprzężenia zwrotnego. Przy ustawieniu tego potencjometru na ok. 90% wartości jego rezystancji układ powinien się wzbudzić (choć nie jest to konieczne i zależy

się membrany głośnika z częstotliwością o wartości poniżej jednego herca z rosnącą w czasie amplitudą drgań. W przypadku wystąpienia wzbudzenia cofamy natychmiast śrubę potencjometru, aby zapobiec uszkodzeniu układu. Następnie mierzymy charakterystykę poziomu ciśnienia akustycznego w funkcji częstotliwości w komorze bez-echowej lub w pomieszczeniu o skończonej kubaturze za pomocą trybu *nearfield*. Po określeniu wartości tzw. wzmocnienia krytycznego nastawę zapewniającą stabilność układu możemy ustalić, posilując się metodą Zieglera-Nicholsa dla układu proporcjonalnego. Możemy także eksperymentalnie ustalić taką nastawę, przy której układ zachowuje jeszcze stabilność, ale wzniesienie rezonansowe na charakterystyce poziomu ciśnienia akustycznego w funkcji częstotliwości będzie wyższe niż w przypadku nastawy ustalonej metodą Zieglera-Nicholsa.

Po określeniu odpowiadającej nam nastawy w dalszym ciągu mierzymy charakterystykę poziomu ciśnienia akustycznego w funkcji częstotliwości, tym razem regulując tłumienie żyratora potencjometrem montażowym PR1 w taki sposób, aby uzyskać charakterystykę odpowiadającą swoim kształtem pracy przy pobudzeniu napięciowym, zwracając uwagę na to, aby nie przekompensować układu. W przypadku, gdy nie mamy możliwości przeprowadzenia pomiarów, możemy w sposób bardzo zgrubny ustawić żyrator za pomocą własnego słuchu, odtwarzając fragment audycji słowno-muzycznej i ustawiając tłumienie żyratora w taki sposób, aby sygnał o częstotliwości ok. 68...70 Hz nie zdominował reszty pasma niskich tonów.

Podsumowanie i wnioski

Na **rysunkach 6 i 7** pokazano charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe układu żyratora, natomiast na **rysunkach 8 i 9** pokazano charakterystyki modułu impedancji w funkcji częstotliwości oraz charakterystyki fazowo-częstotliwościowe głośnika typu SB Acoustics SB20PFCR30-4. Z kolei na **rysunku 10** znajduje się oscylogram pokazujący zjawisko wzbudzenia się układu na częstotliwości ok. 1 MHz, któremu zapobiega zastosowanie cewki L1 na wyjściu wzmacniacza mocy.

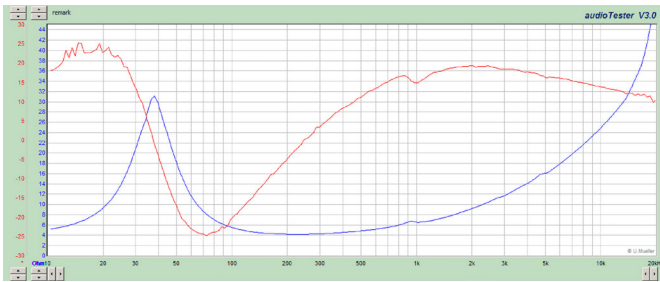


Rysunek 6. Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa (kolor pomarańczowy) oraz fazowo-częstotliwościowa (kolor szary) układu żyratora

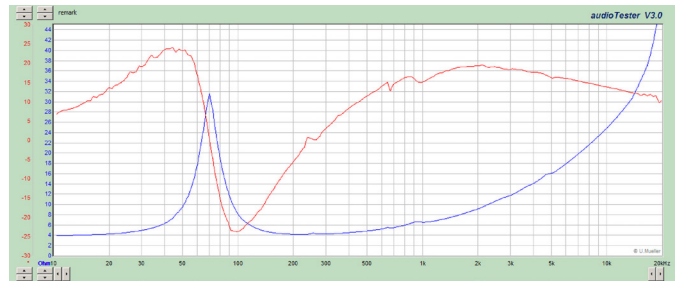
nieczne i zależy od konkretnego przypadku). Wzbudzenie objawia się cyklicznym wychyleniem



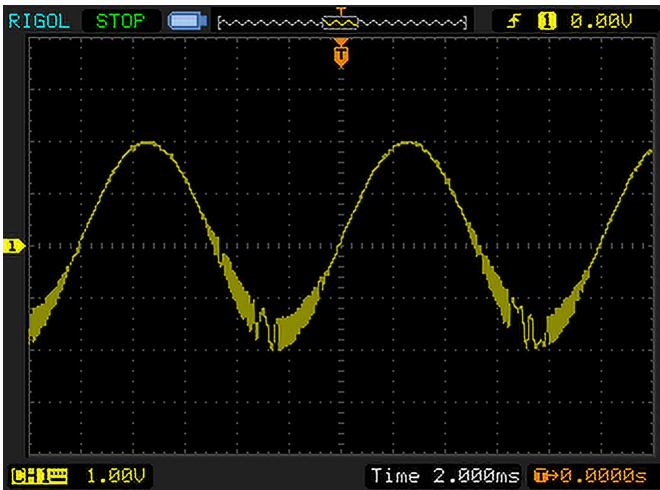
Rysunek 7. Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa (kolor niebieski) oraz fazowo-częstotliwościowa (kolor czerwony) układu żyratora z filtrem dolnoprzepustowym



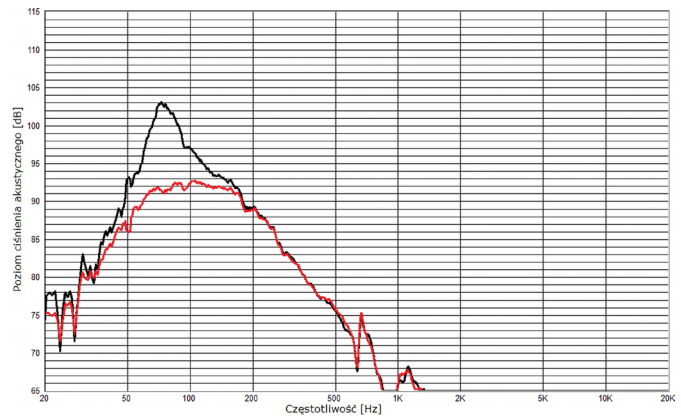
Rysunek 8. Charakterystyka modułu impedancji w funkcji częstotliwości (kolor niebieski) oraz charakterystyka fazowo-częstotliwościowa (kolor czerwony) głośnika typu SB Acoustics SB20PFCR30-4 zmierzona na wolnym powietrzu



Rysunek 9. Charakterystyka modułu impedancji w funkcji częstotliwości (kolor niebieski) oraz charakterystyka fazowo-częstotliwościowa (kolor czerwony) głośnika typu SB Acoustics SB20PFCR30-4 zmierzona w obudowie zamkniętej



Rysunek 10. Zjawisko wzbudzenia się układu na częstotliwości ok. 1 MHz, któremu zapobiega zastosowanie cewki L1 na wyjściu wzmacniacza mocy



Rysunek 11. Charakterystyki poziomu ciśnienia akustycznego subwoofera ze wzmacniaczem transkonduktancyjnym w funkcji częstotliwości: kolor czarny – charakterystyka dla pobudzenia prądowego bez kompensacji, kolor czerwony – charakterystyka dla pobudzenia prądowego po kompensacji żyratorem

Jak widać na **rysunku 11**, wzmocnienie wzmacniacza transkonduktancyjnego jest proporcjonalne do lokalnej wartości modułu impedancji w funkcji częstotliwości głośnika pracującego w obudowie zamkniętej. Interesujący nas obszar pracy subwoofera (do częstotliwości 200 Hz – pasmo przepustowe) nie wymaga stosowania w tym przypadku obwodu kompensacyjnego. Zob. Z kolei sprowadzenie kształtu charakterystyki poziomu ciśnienia akustycznego w funkcji częstotliwości z powrotem do kształtu odpowiadającego pobudzeniu napięciowemu

nie wymaga zastosowania pułapki rezonansowej RLC ze względu na bardzo duże wartości indukcyjności oraz pojemności jej elementów składowych. Sprawę załatwia układ aktywnego żyratora, dużo tańszy w aplikacji oraz umożliwiający regulację tłumienia. Należy jednak podkreślić, że parametry żyratora zostały dobrane do współpracy z głośnikiem SB Acoustics SB20PFCR30-4 pracującym w obudowie o objętości wewnętrznej równej ok. 27 litrów. Zastosowanie innego rodzaju głośnika w tej samej bądź innej obudowie wymaga zmiany wartości

elementów składowych żyratora celem dostrojenia jego dobroci i częstotliwości rezonansowej do konkretnego przypadku.

Zaprezentowany układ można szczególnie polecić pasjonatom elektroniki i elektroakustyki, pragnącym samodzielnie poznać jego właściwości. Może on także stanowić przedmiot badań wielu różnych prac dyplomowych realizowanych na uczelniach wyższych.

inż. Karl Spieweck
mgr inż. Tomasz Łysek

REKLAMA

m.technik
Ciekawi świata są zawsze młodzi

w prezencie na każdą okazję
przejrzysz i kupisz na
www.ulubionykiosk.pl