

7-pasmowy korektor graficzny

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT5851

Podstawowe parametry:

- zawiera siedem niezależnie regulowanych zakresów częstotliwości: 31,5 Hz, 100 Hz, 315 Hz, 1 kHz, 3 kHz, 15 kHz, 10 kHz, 31,5 kHz,
- możliwość zmiany zakresów poprzez odpowiedni dobór elementów,
- bazuje na symulacji indukcyjności za pomocą wzmacniacza operacyjnego w układzie żyratora,
- jest wyposażony w funkcję bypass, która ułatwia budowę torów szeregowych,
- wymaga zasilania symetrycznego ±15 V, ok. 200 mA.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

- AVT-5816 Regulator balansu tonów (EP 10/2020)
- AVT-5637 Wielokanałowy regulator głośności VCA (EP 8/2018)
- AVT-5629 Cyfrowy regulator głośności z układem PT2257 (EP 6/2018)
- AVT-3222 Sterowany dowolnym pilotem potencjometr audio z przełącznikiem (Edw 5/2018)

*** Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!**

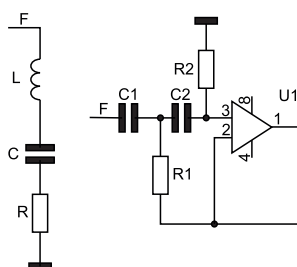
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] - jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] - zamontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw
- [B] (elementy wlutowane 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 <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Korektor graficzny jest często używanym elementem toru audio domowego studia lub systemu nagłośnienia. Umożliwia kształtowanie charakterystyki częstotliwościowej obrabianego sygnału w znacznie bardziej precyzyjny sposób niż klasyczny regulator barwy dźwięku. Pozwala dostroić brzmienie głosu lub instrumentu pod kątem realizacji nagrania lub skorygować charakterystykę pomieszczenia w celu eliminacji rezonansów lub tłumienia sygnału.

Opisany moduł jest klasycznym układem korektora graficznego opartego na symulacji indukcyjności za pomocą wzmacniacza operacyjnego w układzie żyratora. Eliminuje to konieczność użycia drogich i trudno dostępnych cewek indukcyjnych. Schemat żyratora został pokazany na **rysunku 1**. Podstawowy model zawiera siedem niezależnie regulowanych zakresów częstotliwości: 31,5 Hz, 100 Hz, 315 Hz, 1 kHz, 3 kHz, 15 kHz, 10 kHz, 31,5 kHz.



Rysunek 1. Schemat żyratora

W zależności od zastosowania korektora, poprzez odpowiedni dobór elementów zakresy mogą zostać zmienione, np. na następujące: 100 Hz, 200 Hz, 400 Hz, 800 Hz, 1,6 kHz, 3,2 kHz, 6,4 kHz; 62 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz; 50 Hz, 120 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz, 4,5 kHz, 10 kHz

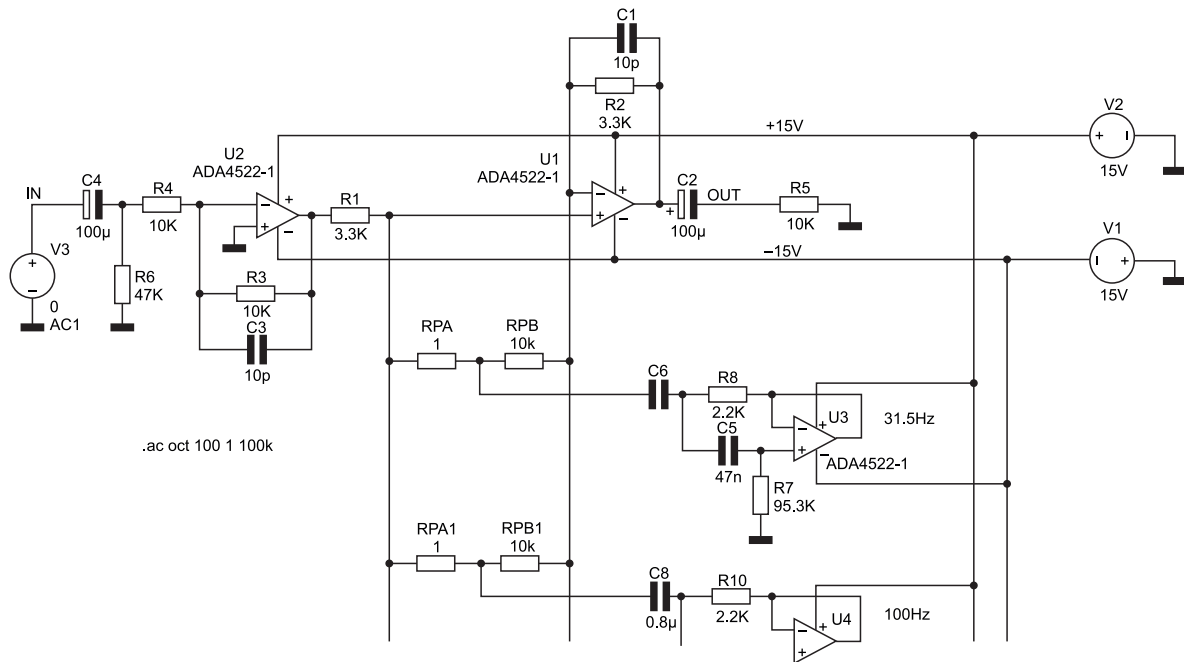
W celu obliczenia wartości elementów przyjmujemy dobrą Q (w modelu $Q \approx 0,9$) przy ustalonej wartości $R1=1,0...4,7 \text{ k}\Omega$ (2,2 kΩ), $R2=100 \text{ k}\Omega$ i ustalonej częstotliwości regulacji f obliczamy wartość $C1$, starając się ją dobrać z dostępnych wartości pojemności:

$$C1 = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f \cdot R1 \cdot Q)}$$

Następnie obliczamy indukcyjność:

$$L = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot C1}$$

i pojemność $C2$:



Rysunek 2. Fragment schematu symulacyjnego modelu korektora

Wykaz elementów:

Rezystory:

R1, R3, R22, R23: 10 kΩ 1% SMD 1206
 R2: 47 kΩ 1% SMD 1206
 R4: 6,8 kΩ 1% SMD 1206
 R5, R6: 3,3 kΩ 1% SMD 1206
 R9, R11, R13, R15, R17, R19, R20: 2,2 kΩ 1% SMD 1206
 R7: 470 kΩ 1% SMD 1206
 R8, R12, R14: 95,3 kΩ 1% SMD 1206
 R10: 68 kΩ 1% SMD 1206
 R16: 100 kΩ 1% SMD 1206
 R18: 75 kΩ 1% SMD 1206
 R21: 62 kΩ 1% SMD 1206
 LEV0: helitrim pionowy 10 kΩ 3296W
 Pot1...Pot7: potencjometr 10 kΩ liniowy typ PTD90

Kondensatory: (kondensator foliowy 5% R=5 mm, o ile nie oznaczono inaczej)

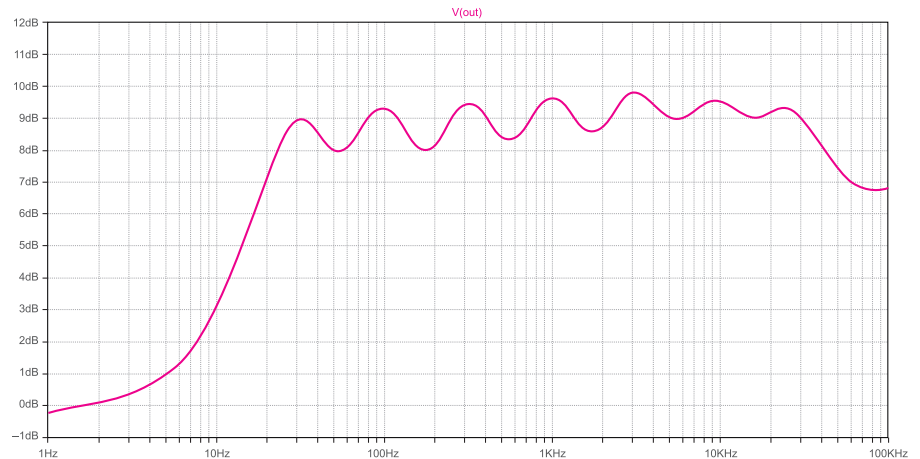
C1, C2, C5, C28: 47 pF SMD 1206
 C3, C4, C6, C7, C12, C13, C18, C19, C24, C25: 0,1 μF X5R 25 V SMD 805
 C8: 2,2 μF
 C9, C16: 47 nF
 C10: 0,47 μF
 C11, C20: 22 nF
 C14: 220 nF
 C15: 4,7 nF
 C17: 1,5 nF
 C21: 470 pF
 C22: 10 nF
 C23: 150 pF
 C26: 2,2 nF
 C27: 100 pF
 C10A: 0,33 μF
 C14A: 33 nF
 C16A: 33 nF
 C20A: 3,3 nF
 C22A, C26A: 0 nF
 C8A: 330 nF
 CE1...CE4: 47 μF kondensator elektrolityczny 25 V (6,3 mm)

Półprzewodniki:

D1, D2: 1N4148 SMD 1206
 INL LED0, LED1: dioda LED 3 mm
 U1, U2, U3, U4, U5: NE5532 (lub SSM2135, LM833, LM4562)

Pozostałe:

IN, OUT: złącze śrubowe DG 3,81 mm 2 pin
 PWR: złącze śrubowe DG 3,81 mm 3 pin
 BVP: złącze SIP 2 + przełącznik dźwigniowy 2-pozycyjny
 RL1: przekaźnik 12 V AZ850



Rysunek 3. Wynik symulacji korektora

$$C_2 = \frac{L}{(R_1 \cdot R_2)}$$

Można też dla wygody dobrać zamiast stałej R2, typową pojemność C2 i obliczenia przekształcić:

$$R_2 = \frac{L}{(R_1 \cdot C_2)}$$

Ostatecznie weryfikujemy dobrane elementy i wpływ na zmiany f i Q:

$$L' = C_2 \cdot R_1 \cdot R_2$$

$$f' = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot \sqrt{(L \cdot C_1)})}$$

$$Q' = \frac{(2 \cdot \pi \cdot f \cdot L)}{R_1}$$

W przypadku doboru częstotliwości f i dobroci filtra Q należy zwrócić uwagę na możliwość wpływu sąsiednich pasm na przebieg regulacji. Nie zawsze musi być to cecha negatywna, ale należy mieć świadomość zachowania korektora. Niewielkie odstępstwa częstotliwości regulacji, takie jak występują w korektorach instrumentalnych np.: 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz, jeżeli wzajemny

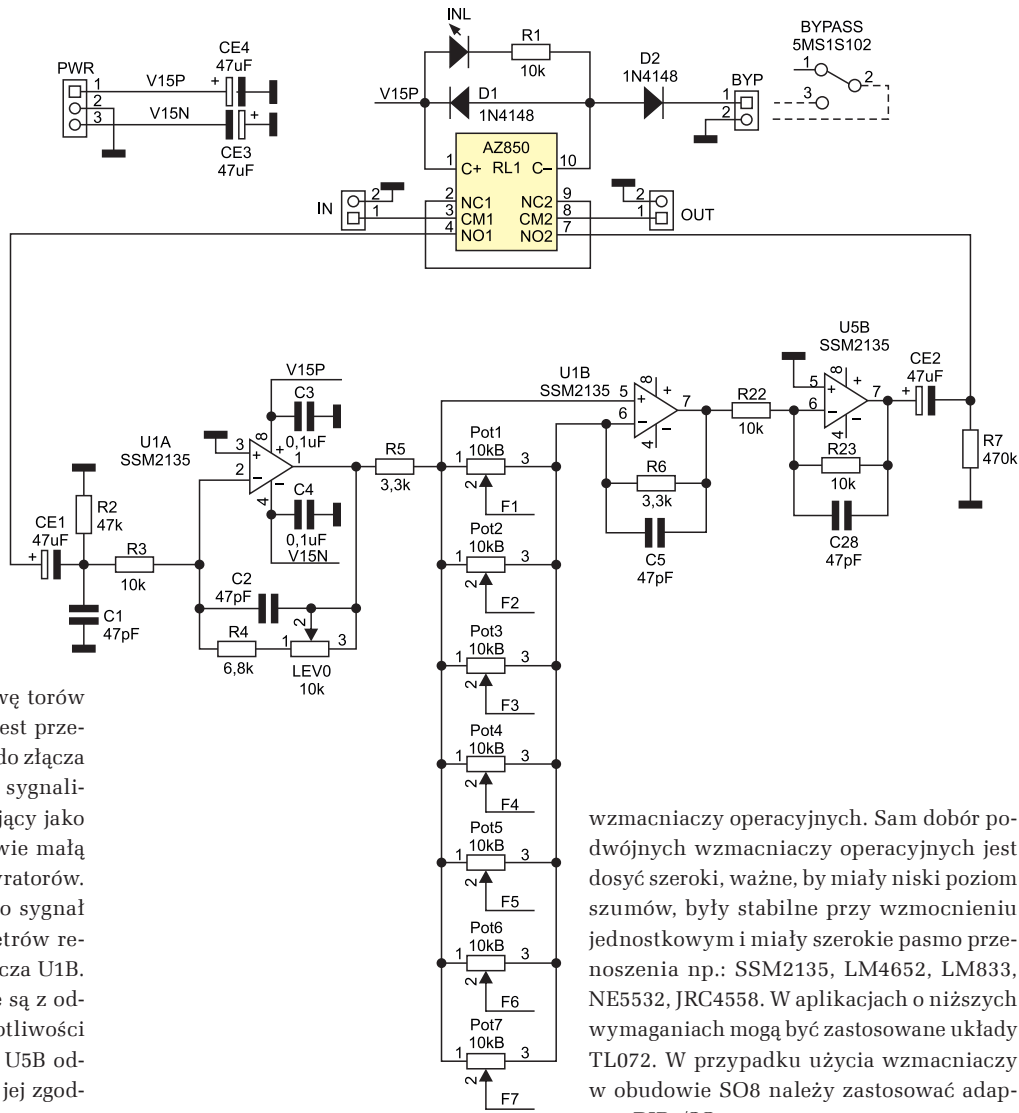
wpływ pasm i utrata selektywności układu nie jest pożądana, wymagają odpowiedniej korekty dobroci układu. Nie zawsze będzie to możliwe do realizacji z typowymi wartościami elementów. Ciekawe opracowanie na temat publikuje firma Rane *Perfect-Q™ The Next Step in Graphic EQ Design* (<http://bit.ly/3f0mzTj>), polecam jego lekturę.

Budowa i działanie

Układ korektora został zasymulowany w LT-Spice. Ułatwiło to dobór wartości elementów oraz umożliwiło sprawdzenie konsekwencji zmiany dobroci. Fragment schematu został pokazany na **rysunku 2** i jest on dostępny w materiałach dodatkowych. Wybrany inny typ wzmacniaczy operacyjnych nie ma znaczącego wpływu na analizę częstotliwościową układu. Dla częstotliwości: 31,5 Hz, 100 Hz, 315 Hz, 1 kHz, 3 kHz, 15 kHz, 10 kHz, 31,5 kHz i maksymalnych podbić sygnału uzyskano przebieg regulacji pokazany na **rysunku 3**. Ze względu na niewielką dobroć widać zafalowania w regulacji poszczególnych

pasm, nie jest to jednak w docelowym zastosowaniu szkodliwe.

Schemat rzeczywistego układu korektora podzielony jest na dwa bloki. Pierwszy to część wzmacniająca, która została pokazana na **rysunku 4**, drugi to układy żyratorów pokazane na **rysunku 5**. Sygnał wejściowy z gniazda IN doprowadzony jest do stopnia o regulowanym wzmocnieniu, opartym na wzmacniaczu U1A. Układ umożliwia dopasowanie potencjometrem LEV0 czułości wejściowej i ustawienie wzmocnienia układu na 0 dB przy potencjometrach ustawionych w zerowych położeniach. Przekaznik RL1 odpowiedzialny jest za funkcję bypass korektora, przekazuje sygnał z wejścia na wyjście, bez jakiegokolwiek zmiany, gdy układ jest pozbawiony zasilania (ułatwia to budowę torów szeregowych) lub gdy wyłączony jest przełącznikiem BYPASS podłączonym do łącza BYP. Pracę korektora w torze audio sygnalizuje dioda INL. Układ U1A, pracujący jako bufor wejściowy, zapewnia możliwie małą impedancję sterującą układami żyratorów. Z wyjścia wzmacniacza wstępnego sygnał doprowadzony jest do potencjometrów regulacyjnych Pot1...Pot7 wzmacniacza U1B. Suwaki potencjometrów połączone są z odpowiadającymi za ustalenie częstotliwości regulacji żyratorami. Wzmacniacz U5B odwraca fazę sygnału, aby zapewnić jej zgodność z sygnałem wejściowym.



Rysunek 4. Część wzmacniająca korektora

wzmacniaczy operacyjnych. Sam dobór podwójnych wzmacniaczy operacyjnych jest dosyć szeroki, ważne, by miały niski poziom szumów, były stabilne przy wzmocnieniu jednostkowym i miały szerokie pasmo przenoszenia np.: SSM2135, LM4652, LM833, NE5532, JRC4558. W aplikacjach o niższych wymaganiach mogą być zastosowane układy TL072. W przypadku użycia wzmacniaczy w obudowie SO8 należy zastosować adaptery DIP8/SO8.

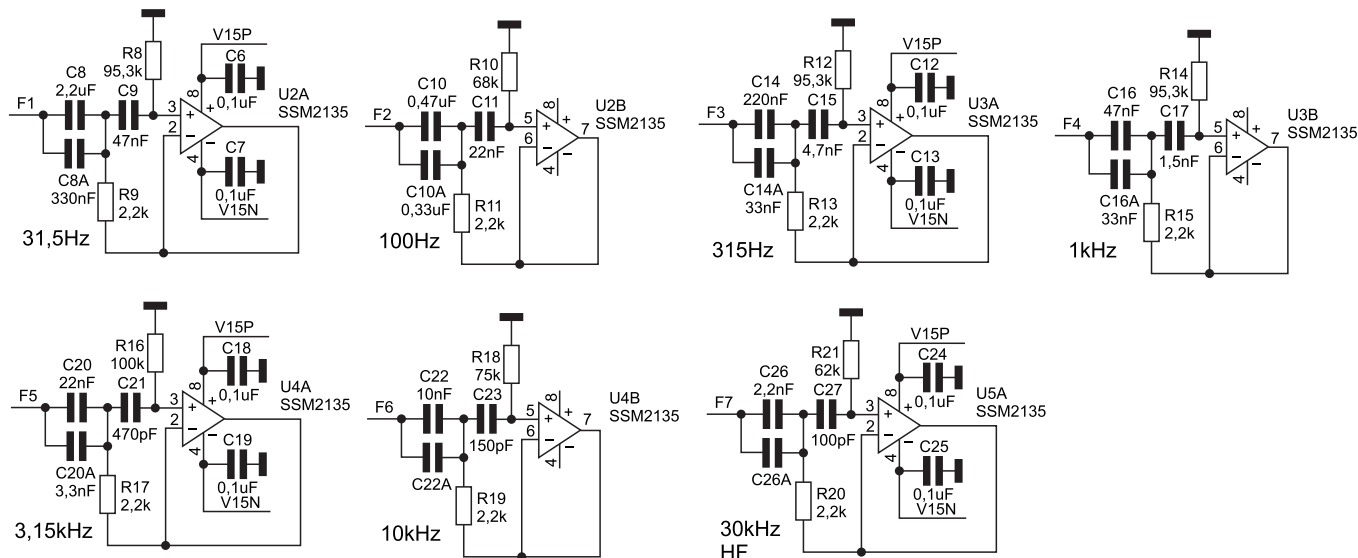
Podczas uruchomienia korektora należy w położeniach zerowych potencjometrów Pot1...Pot7 ustawić wzmocnienie układu 0 dB za pomocą potencjometru LEV0. Przykładowe charakterystyki regulacji osiągnięte w modelu zostały pokazane na **rysunku 7**. Dosyć dokładnie pokrywają

Montaż i uruchomienie

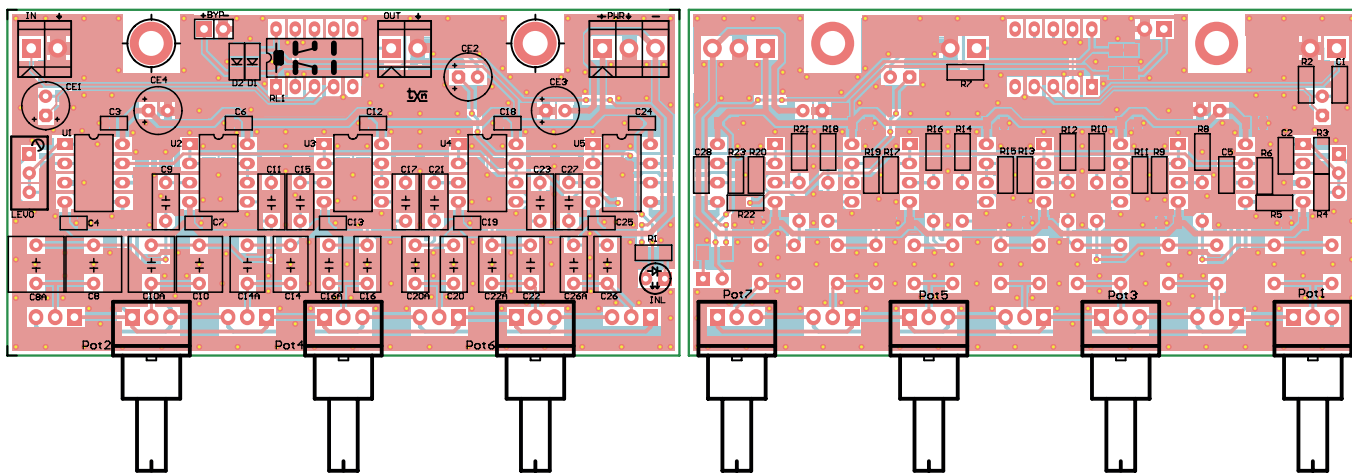
Układ korektora został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 6**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga dokładnego opisu.

Zmontowany moduł pokazano na fotografii tytułowej.

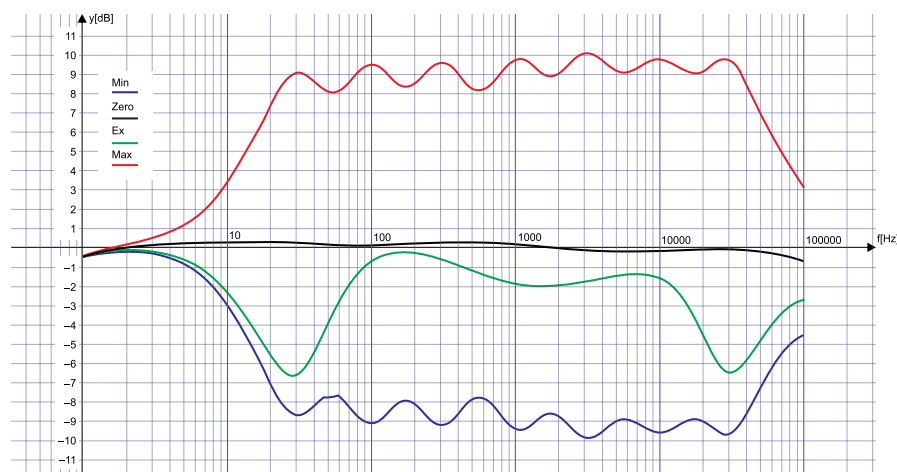
Moduł wymaga zasilania symetrycznego ± 15 V i wydajności zależnej praktycznie tylko od poboru prądu zastosowanych



Rysunek 5. Blok żyratorów



Rysunek 6. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów



Rysunek 7. Charakterystyki regulacji uzyskane w modelu

się z charakterystykami uzyskanymi podczas symulacji. Pomiarzy przenoszenia wykonano za pomocą Analog Discovery 2. Dla pomiarów audio warto wypróbować też oprogramowanie alternatywne dla WaveForms – Audio Analyzer Suite. W przypadku wszystkich typów korektorów należy zwrócić uwagę na poziom sygnału wejściowego, aby przy maksymalnym podbiciu nie przesterować kolejnego elementu toru lub samego korektora. Przy zasilaniu ± 15 V maksymalne napięcie wejściowe wynosi 2,8 Vrms dla wszystkich potencjometrów ustawionych w położeniach maksymalnego podbicia. Po regulacji poziomu układ jest gotowy do pracy i można go podłączyć w docelowym torze audio.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

Montaż i uruchomienie

Schemat regulatora pokazany jest na rysunku 1. Aby...
 Schemat regulatora pokazany jest na rysunku 1. Aby...
 Schemat regulatora pokazany jest na rysunku 1. Aby...

KITy AVT

@KITyAVT · Elektronika

<http://bit.ly/2BjVMN7>