

Politechnika  Białostocka

Wydział Elektryczny

Katedra Telekomunikacji i Aparatury Elektronicznej

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

Przetwarzanie Sygnałów

Kod: TS1C400027

Temat ćwiczenia:

Synteza i analiza filtrów analogowych

Opracował: dr inż. Dariusz Jańczak

Białystok 2018

Temat: Synteza i analiza filtrów analogowych

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poszerzenie wiedzy studentów oraz nabycie przez nich umiejętności z zakresu syntezy i analizy filtrów analogowych. W ramach zajęć studenci ugruntowują umiejętność sformułowania specyfikacji prostych analogowych układów przetwarzania sygnałów oraz nabywają podstawowe umiejętności z zakresu ich syntezy i weryfikacji przy wykorzystaniu narzędzi komputerowego wspomaganie projektowania. Studenci zdobywają umiejętność realizacji sprzętowej prostych analogowych układów przetwarzania sygnałów oraz umiejętność wykonania pomiarów ich charakterystyk. Studenci doskonalą umiejętność opracowania dokumentacji dotyczącej realizacji zadania inżynierskiego obejmującej omówienie wyników.

2. Zagadnienia do opracowania przed przystąpieniem do zajęć

2.1 Przed przystąpieniem do zajęć należy opracować (na podstawie materiałów z wykładu "Przetwarzanie Sygnałów 1") następujące zagadnienia teoretyczne:

- aproksymacje analogowe filtrów idealnych: Butterwortha, Czebyszewa, eliptyczny, Bessela – charakterystyki, parametry;
- znaczenie charakterystyk częstotliwościowych (amplitudowych i fazowych);
- metody wyznaczania charakterystyk częstotliwościowych (w sposób sprzętowy i teoretyczny).

2.2 Przed przystąpieniem do zajęć należy wykonać następujące ćwiczenie:

- Zapoznać się z programem FilterCAD firmy Linear Technology służącym do projektowania filtrów analogowych. W tym celu wstępnie zaprojektować filtr o podanych przez prowadzącego parametrach wykorzystując układ filtra z przełączanymi pojemnościami *LTC1060*. Należy wyznaczyć rezystancje zewnętrzne oraz wyznaczyć charakterystyki częstotliwościowe i czasowe.

3. Program ćwiczeń

- 3.1. Dokonać syntezy filtra dolnoprzepustowego o podanym przez prowadzącego typie i parametrach, wykorzystując układ filtra z przełączanymi pojemnościami *LTC1060*.
- 3.2. Dokonać realizacji sprzętowej zaprojektowanego filtra poprzez dołączenie odpowiednich rezystancji zewnętrznych do układu *LTC1060* wykorzystując laboratoryjny moduł filtrów.
- 3.3. Zbadać charakterystyki częstotliwościowe otrzymanych filtrów. Porównać z charakterystykami obliczonymi teoretycznie.
- 3.4. Zbadać odpowiedzi impulsowe i skokowe otrzymanych filtrów. Porównać z charakterystykami obliczonymi teoretycznie.
- 3.5. Zbadać odpowiedzi otrzymanych filtrów na sygnały prostokątne o następujących częstotliwościach: $0,01fp$; $0,1fp$; $0,2fp$; $0,3fp$; $0,7fp$ (gdzie fp to częstotliwość graniczna pasma przepustowego filtra).
Do analizy uzyskanych wyników pomocne będą informacje zamieszczone w Dodatku 2.
- 3.6. (dodatkowe) Przeprowadzić badania z punktów 3.1 – 3.3 dla filtra środkowoprzepustowego o parametrach podanych przez prowadzącego.

4. Realizacja ćwiczeń

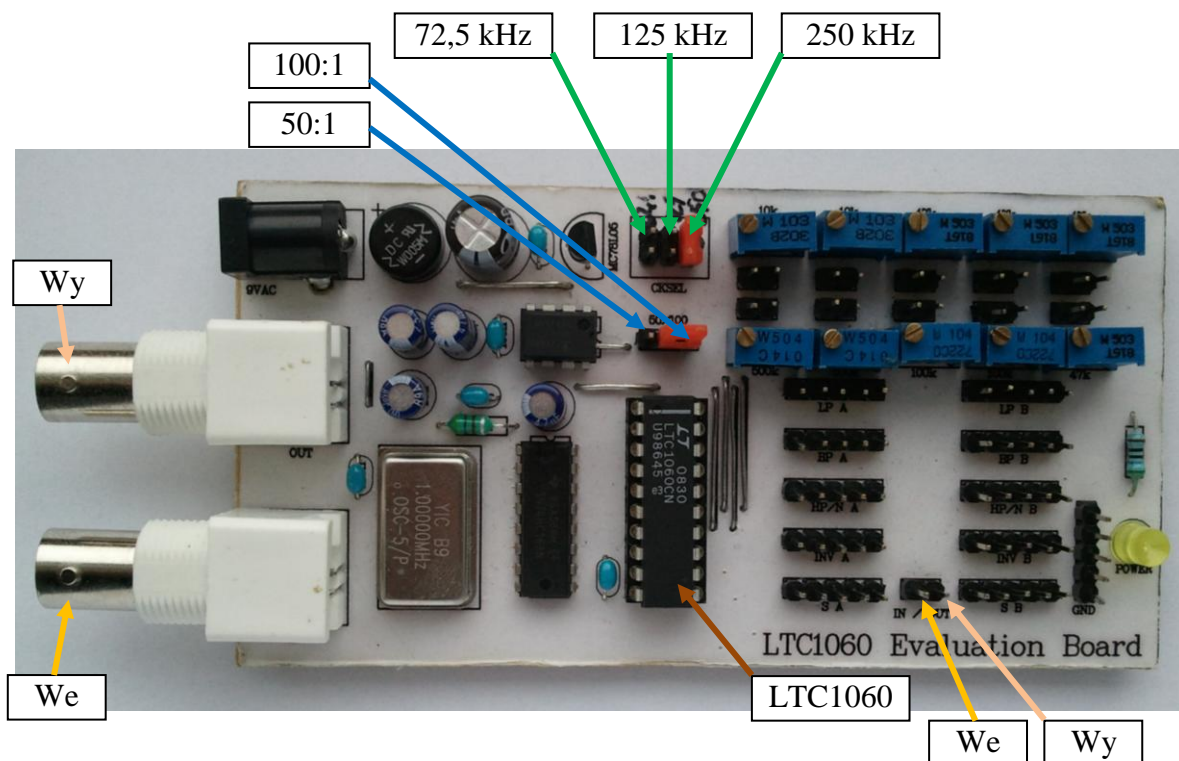
4.1 Projekt filtra analogowego o podanych przez prowadzącego parametrach należy wykonać wykorzystując program FilterCAD firmy Linear Technology. Uwzględniając konstrukcję stanowiska laboratoryjnego, w projekcie należy przyjąć poniższą konfigurację układu filtrów:

- układ z przełączaną pojemnością "Switched Capacitor"
- typ układu: 1060
- zasilanie +/- 5V
- podział 100:1 lub 50:1
- zegar - do wyboru: 250kHz, 125kHz, 72,5kHz

W Dodatku 1. zamieszczono opis programu FilterCAD wraz z przykładem procesu projektowego filtra analogowego.

4.2 Filtry realizowane są z wykorzystaniem laboratoryjnego modułu z układem *LTC1060* (Rys. 1).

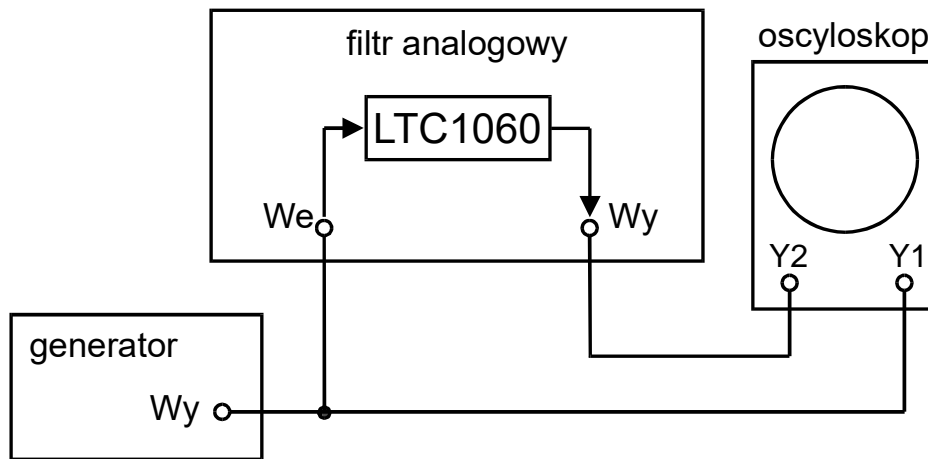
W celu realizacji filtra należy ustawić uzyskane w projekcie wartości rezystorów i wykonać odpowiednie połączenia. Należy również pamiętać o ustawieniu przy pomocy zworek odpowiedniej częstotliwości pracy zegara (250, 125, 72,5kHz) oraz wartości podziału (100:1, 50:1) (patrz Rys. 1).



Rys. 1. Laboratoryjny moduł filtrów z układem *LTC1060*

W dodatkowym pliku *PS_L1_LTC1060.pdf* zamieszczono fragmenty dokumentacji układu filtra analogowego *LTC1060* firmy Linear Technology (wyjątki z: Linear Technology, *LTC1060 Universal Dual Filter Building Block*).

4.3 Badania eksperymentalne należy przeprowadzić w układzie zestawionym według schematu przedstawionego na Rys. 2.



Rys. 2. Schemat połączeń stanowiska laboratoryjnego

5. Sprawozdanie powinno zawierać:

- wymagania projektowe, skrócony opis syntezy i implementacji filtra;
- wyznaczone eksperymentalnie oraz wyznaczone numerycznie (korzystając z programu FilterCAD) charakterystyki amplitudowe i fazowe badanych filtrów;
- wyznaczone eksperymentalnie oraz teoretycznie odpowiedzi czasowe badanych filtrów;
- porównanie charakterystyk wyznaczonych eksperymentalnie z wyznaczonymi numerycznie;
- uwagi i wnioski nasuwające się w trakcie wykonywania ćwiczenia.

6. Wymagania BHP

W trakcie realizacji programu ćwiczenia należy przestrzegać zasad omówionych we wstępie do ćwiczeń, zawartych w: „Regulaminie porządkowym w laboratorium” oraz w „Instrukcji obsługi urządzeń elektronicznych znajdujących się w laboratorium z uwzględnieniem przepisów BHP”. Regulamin i instrukcja są dostępne w pomieszczeniu laboratoryjnym w widocznym miejscu.

7. Literatura

1. Linear Technology, *LTC1060 Universal Dual Filter Building Block*
2. Wojciechowski J. M., *Sygnaly i systemy*, WKŁ, Warszawa, 2008.
3. Szabatin J., *Podstawy teorii sygnałów*, WKŁ, Warszawa 2007.
4. Lyons R., *Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów*, WKŁ, Warszawa, 2010.

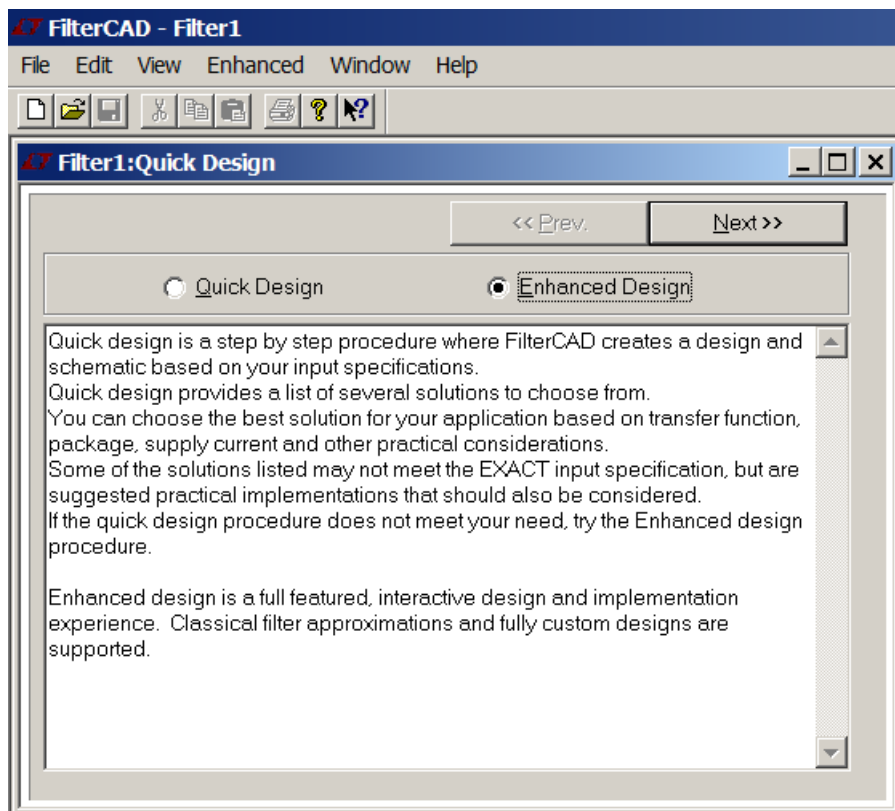
5. Zieliński T., *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów: od teorii do zastosowań*, WKŁ, Warszawa, 2009.
6. Smith S. W., *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów: praktyczny poradnik dla inżynierów i naukowców*, Wydawnictwo BTC, Warszawa, 2007.

Dodatek 1

W dodatku zamieszczono opis programu FilterCAD firmy Linear Technology wraz z przykładem procesu projektowego filtra analogowego zrealizowanego z wykorzystaniem układu *LTC1060* (firmy Linear Technology).

D1.1. Okno wyboru trybu projektowania (uproszczony/rozszerzony)

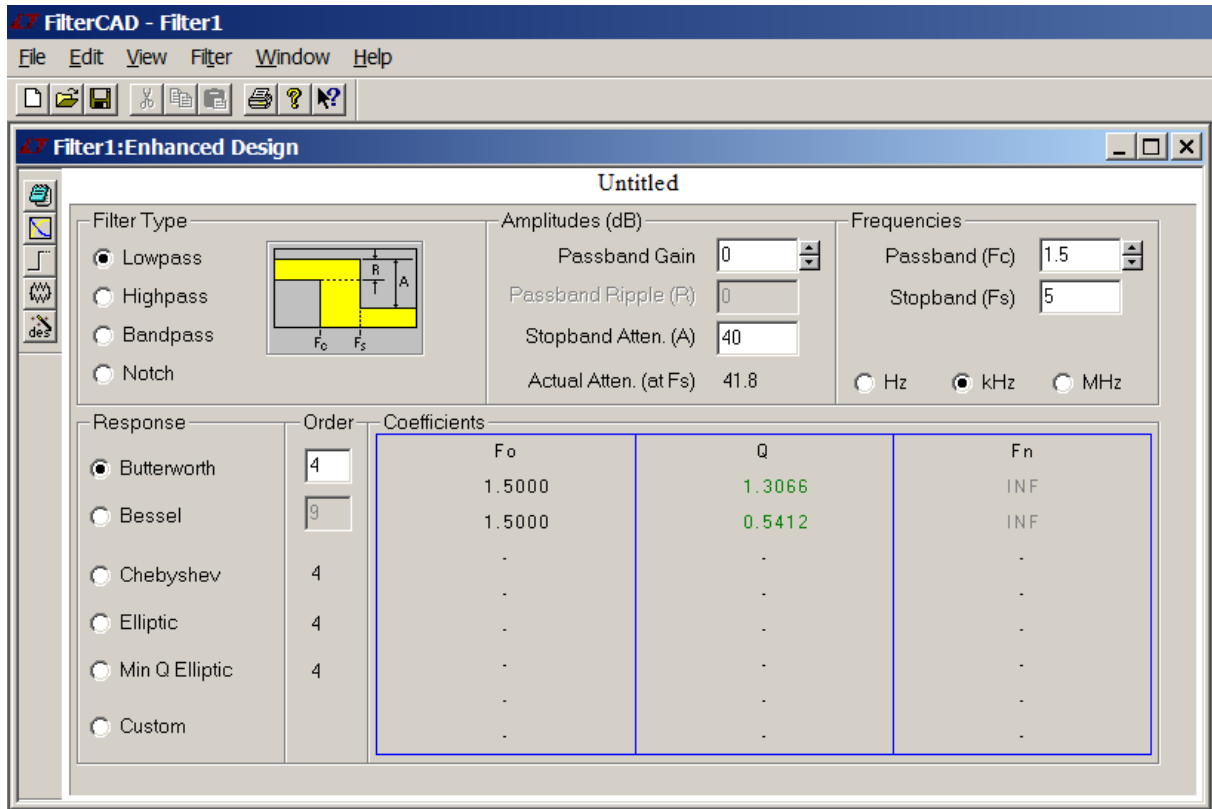
- należy wybrać tryb rozszerzony: "Enhanced Design"



Rys. D1.1 Okno wyboru trybu projektowania

D1.2. Okno wyboru typu, rodzaju i parametrów filtra

- wybrać typ filtra: dolnoprzepustowy, górnoprzepustowy, pasmowoprzepustowy, pasmowozaporowy;
- wybrać rodzaj filtra: Butterwortha, Czebyszewa, eliptyczny, Bessela;
- ustawić parametry filtra: parametry pasma przepustowego i zaporowego

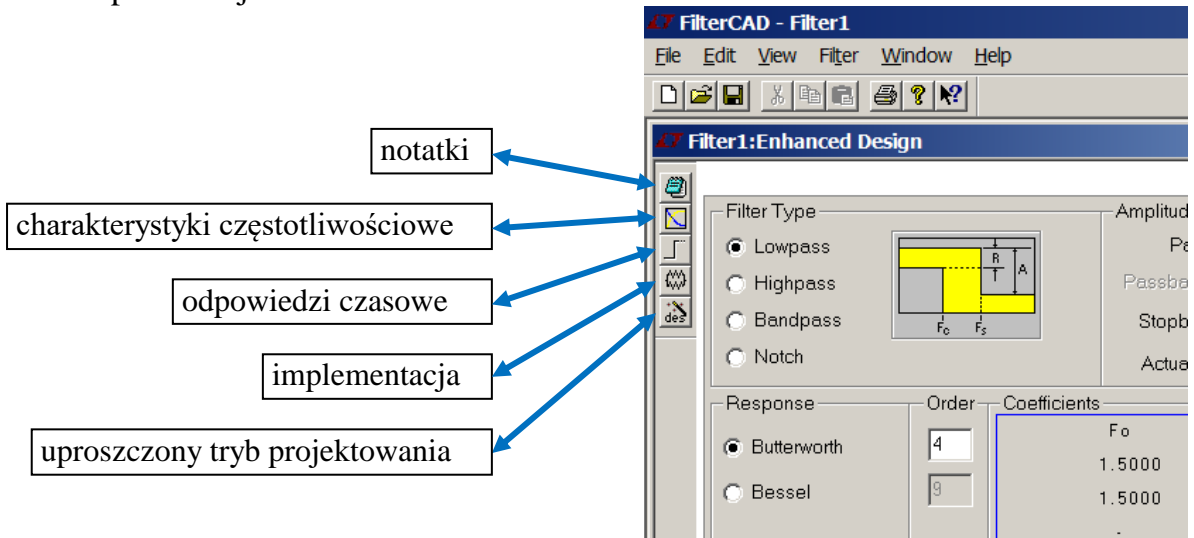


Rys. D1.2 Okno wyboru typu, rodzaju i parametrów filtra

Uwagi:

- "Pasband Gain" oznacza wzmocnienie przy częstotliwości $f_0=0\text{Hz}$
- W przypadku filtra Butterwortha "Pasband F_c " jest częstotliwością przy której tłumienie wynosi $A_g=3\text{dB}$

2.1 Opis funkcji:



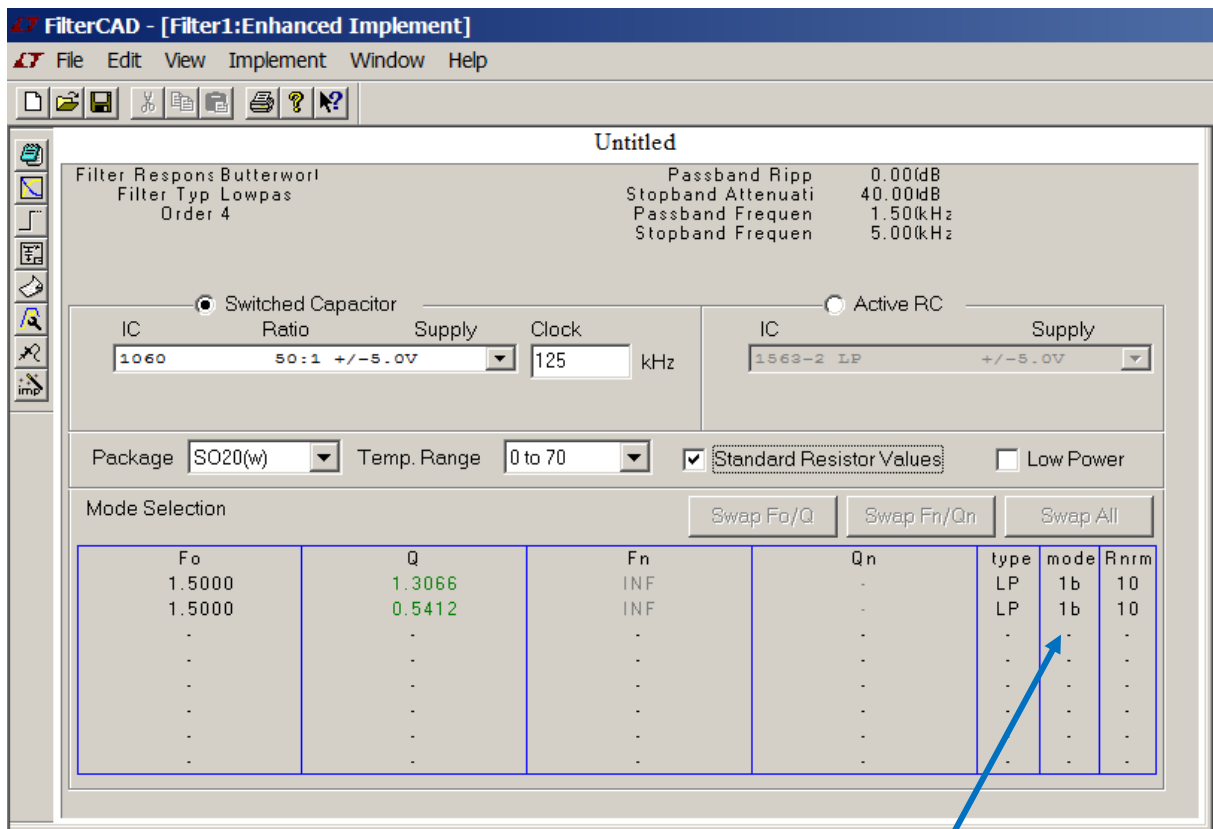
Rys. D1.3 Wybór funkcji

D1.3. Wybór układu scalonego i parametrów pracy

Konfiguracja układu filtrów na stanowisku laboratoryjnym:


- układ z przełączaną pojemnością "Switched Capacitor"
- typ układu: 1060
- zasilanie +/- 5V
- podział: 100:1 lub 50:1
- zegar: 250kHz, 125kHz, 72,5kHz


Okno wyboru układu scalonego i parametrów pracy zostało przedstawione na rys. D1.4



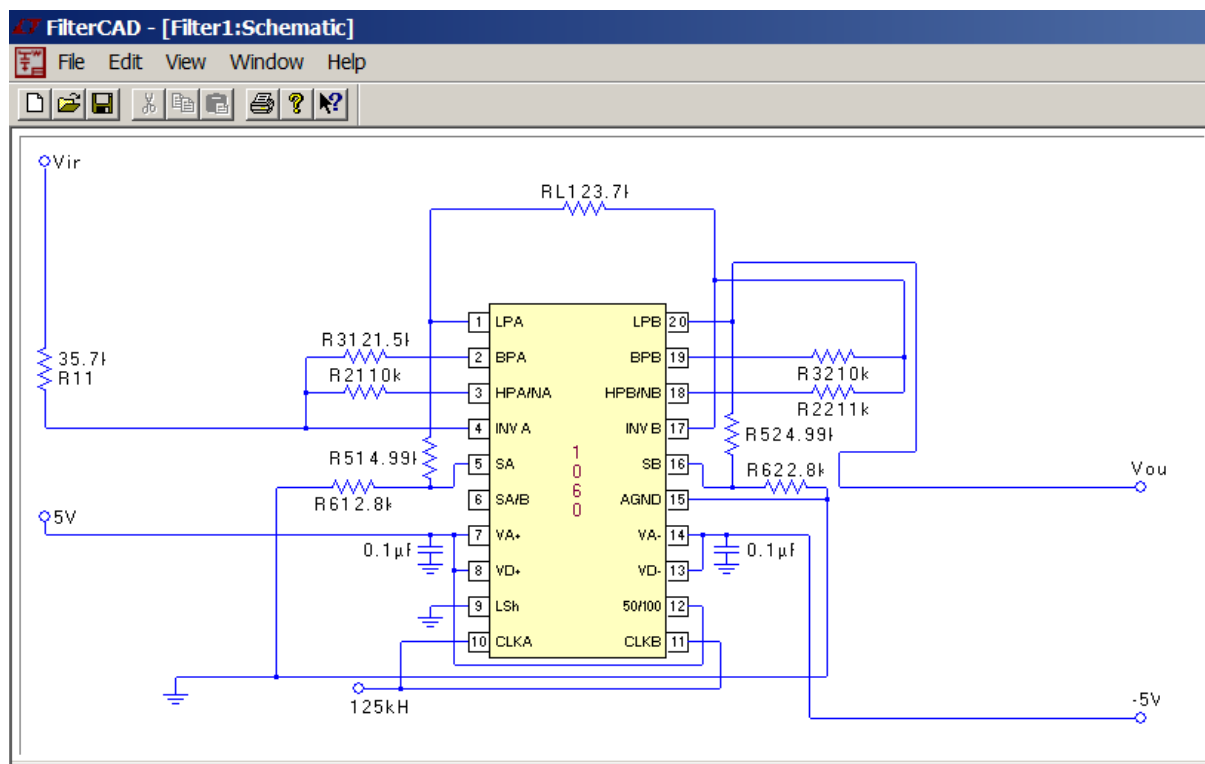
Rys. D1.4 Okno wyboru układu scalonego i parametrów pracy

Uwaga: na zakończenie konfiguracji należy ustawić ten sam tryb pracy w obu sekcjach filtra - w tabeli "Mode Selection" kolumna "mode".

Po zakończeniu konfiguracji należy wcisnąć ikonę:  "Schematic" lub "ctrl+shift+S" by uzyskać schemat połączeń i wartości rezystorów.


Dodatkowy spis wartości rezystorów można uzyskać wybierając ikonę:  "Report" lub "ctrl+shift+R".

D1.4. Schemat połączeń i wartości rezystorów



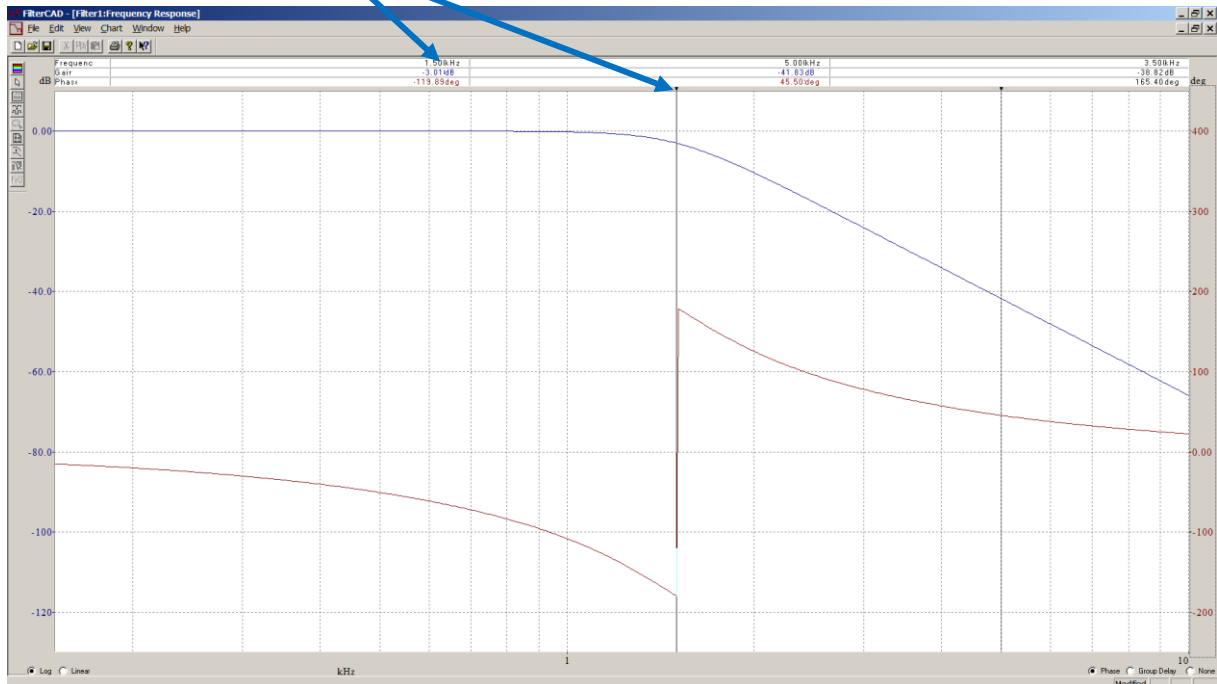
Rys. D1.5 Schemat połączeń

D1.5. Charakterystyki czasowe i częstotliwościowe


Teoretyczne charakterystyki częstotliwościowe zaprojektowanego filtra można uzyskać wciskając ikonę  lub "ctrl+shift+F". Okno z wyznaczonymi charakterystykami częstotliwościowymi przedstawiono na rys. D1.6.

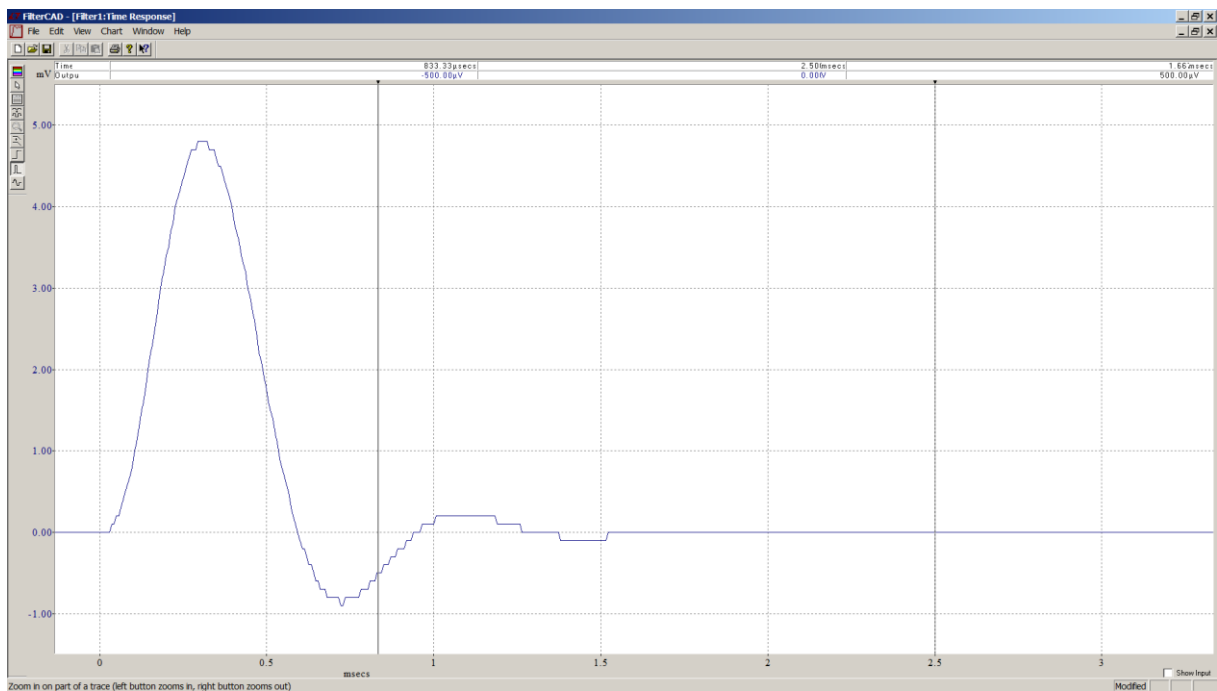
Wartości tłumienia oraz przesunięcia fazowego (lub opóźnienia grupowego) dla wybranych częstotliwości są wyświetlane w górnej części okna, przy czym konkretną częstotliwość można ustawić wpisując wartość liczbową lub za pomocą suwaka (patrz rys. D1.6). Tak wyznaczone punkty umożliwią porównanie charakterystyki teoretycznej z charakterystyką pochodzącą z pomiarów.

zmiana częstotliwości
odczytu



Rys. D1.6 Charakterystyki częstotliwościowe

Odpowiedzi czasowe (impulsowa, skokowa, na wymuszenie sinusoidalne) można uzyskać wciskając ikonę  lub "ctrl+shift+T".

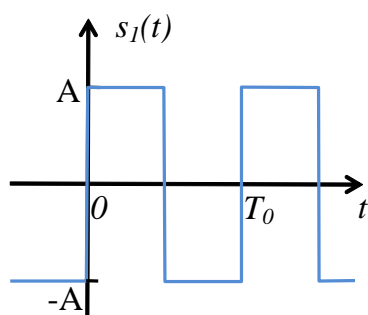


Rys. D1.7 Odpowiedź impulsowa

Dodatek 2

W dodatku zamieszczono rozkład przebiegu prostokątnego na szereg Fouriera.

Sygnal prostokątny



Rys. D2.1 Sygnal prostokątny

$$s_I(t) = \frac{4A}{\pi} \left[\sin(\omega_0 t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega_0 t) + \frac{1}{5} \sin(5\omega_0 t) + \frac{1}{7} \sin(7\omega_0 t) + \dots \right]$$