

MODELING AND EXPLORATION OF A DIGITAL FILTER²

Senior Assist. Prof. Lachezar Yordanov, PhD
Computer Systems and Technologies Department,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: 082 888 859
E-mail: liordanov@ecs.uni-ruse.bg

***Abstract:** This report presents modeling and study of RC filter. The purpose of the study is to examine an RC filter that is simulated with programming product and to prepare the data for its examination in a practical exercise with DSP model. The theoretical prerequisites of the filter study are described. A simulation study with MATLAB was performed. Study of the filter with DSP model in a practical exercise is prepared.*

***Keywords:** modeling, study, Filter, DSP, Digital Filter, education.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Докладът е насочен към практическо приложение на изследването на RC филтри и тяхното изследване в средата на MATLAB и подготовка за изследване с DSP макет.

Резултатите от публикацията ще бъдат включени в практическите упражнения по дисциплината „Моделiranje и обработка на сигнали“, включена като задължителна в учебния план на специалност „Компютърни системи и технологии“, за ОКС „бакалавър“.

В публикацията се описва теоретичната постановка на изследването и резултатите от симулацията на филтрите с MATLAB.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Теоретични предпоставки

Основна характеристика на филтъра е неговият коефициент на предаване по напрежение $|K_U|$. За всеки филтър може да се дефинират поне две различни честотни ленти: лента на пропускане (филтриране) на сигнала (когато $|K_U| = 1$ при идеална характеристика) и лента на не пропускане на сигнала (когато $|K_U| = 0$).

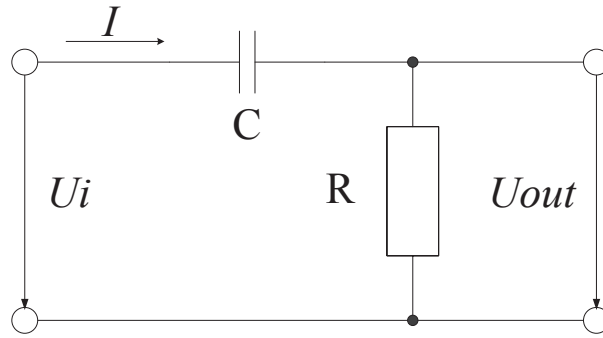
Двете ленти не са рязко отделени и има фронт на прехода. Преходът е на критичната честота ω_C , която се дефинира на ниво на сигнала по напрежение $= \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707$ от максималния коефициент $|K_U|$ на пропускане на филтъра.

Безиндуктивните пасивни филтри най-често се реализират с резистори и кондензатори. Типични техни представители са пасивните високочестотните и нискочестотните RC филтрите.

Високочестотен филтър

Високочестотен филтър с RC елементи (фиг. 1) пропуска честотите по-висока от критичната честота ω_C и не пропуска по-ниските честоти преди критичната точка.

² Докладът е представен на сесия на 27 октомври 2017 с оригинално заглавие на български език: Моделiranje и изследване на цифров филтър



Фиг. 1. Високочестотен филтър с RC елементи

Коефициентът на предаване по напрежение (предавателната функция) се изчислява по формула (1):

$$K(\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (1)$$

Където:

От базовата теория:

$$X_C = \frac{1}{j\omega C}; \quad \omega = 2\pi f, \quad j = \sqrt{-1} \quad (2)$$

$$V_{in} = I * (R + X_C) \quad (3)$$

$$V_{out} = I * R \quad (4)$$

След замесване и преобразуване на (2), (3), (4) в (1) се получава:

$$K(\omega) = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} \quad (5)$$

Амплитудната предавателна характеристика по формула (6):

$$|A| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}} \quad (6)$$

Фазовата предавателна характеристика по формула (7):

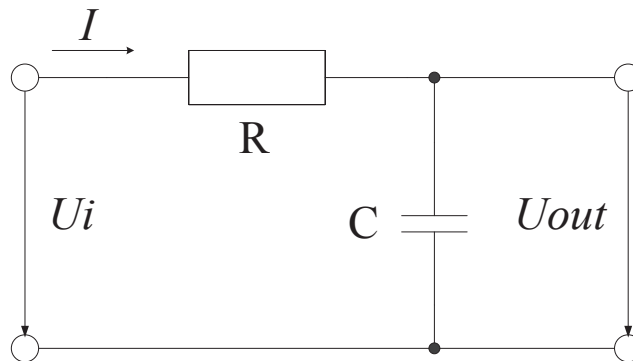
$$\varphi = - \tan^{-1}\left(\frac{1}{\omega RC}\right) \quad (7)$$

Критичната честота f_C се изчислява по формула (8):

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (8)$$

Нискочестотен филтър

Нискочестотният филтър (НЧФ) с RC елементи (фиг. 2) пропуска честотите по-ниски от критичната честота ω_c и не пропуска по-високите честоти (намалява изходния сигнал по експонента след критичната честота).



Фиг. 2. Нискочестотен филтър с RC елементи

Коефициентът на предаване по напрежение се изчислява по формула (9):

$$K(\omega) = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} \quad (9)$$

Амплитудната предавателна характеристика на нискочестотен филтър се определя по формула (10):

$$|A| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega R C)^2}} \quad (10)$$

Критичната честота f_c се изчислява по формула (11):

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (11)$$

Фазовата предавателна характеристика по формула (12):

$$\varphi = \tan^{-1}(\omega RC) \quad (12)$$

Изследванията са проведени със следните стойности на R и C:

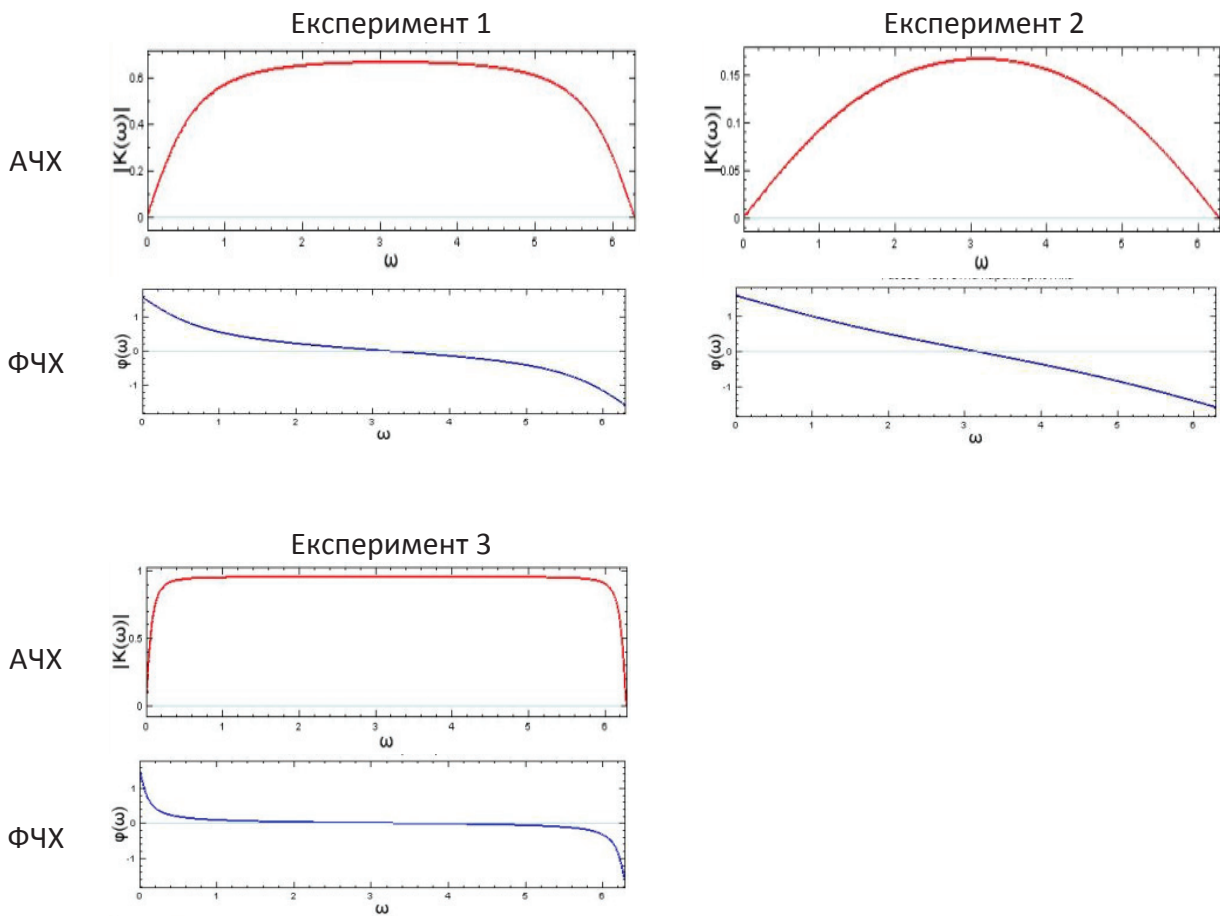
- Първи експеримент: R = 10 KΩ; C = 10 nF;
- Втори експеримент: R = 1 KΩ; C = 10 nF;
- Трети експеримент: R = 10 KΩ; C = 100 nF;

Първо се определят критичните честоти f_c за високочестотния и нискочестотния филтри за трите експеримента.

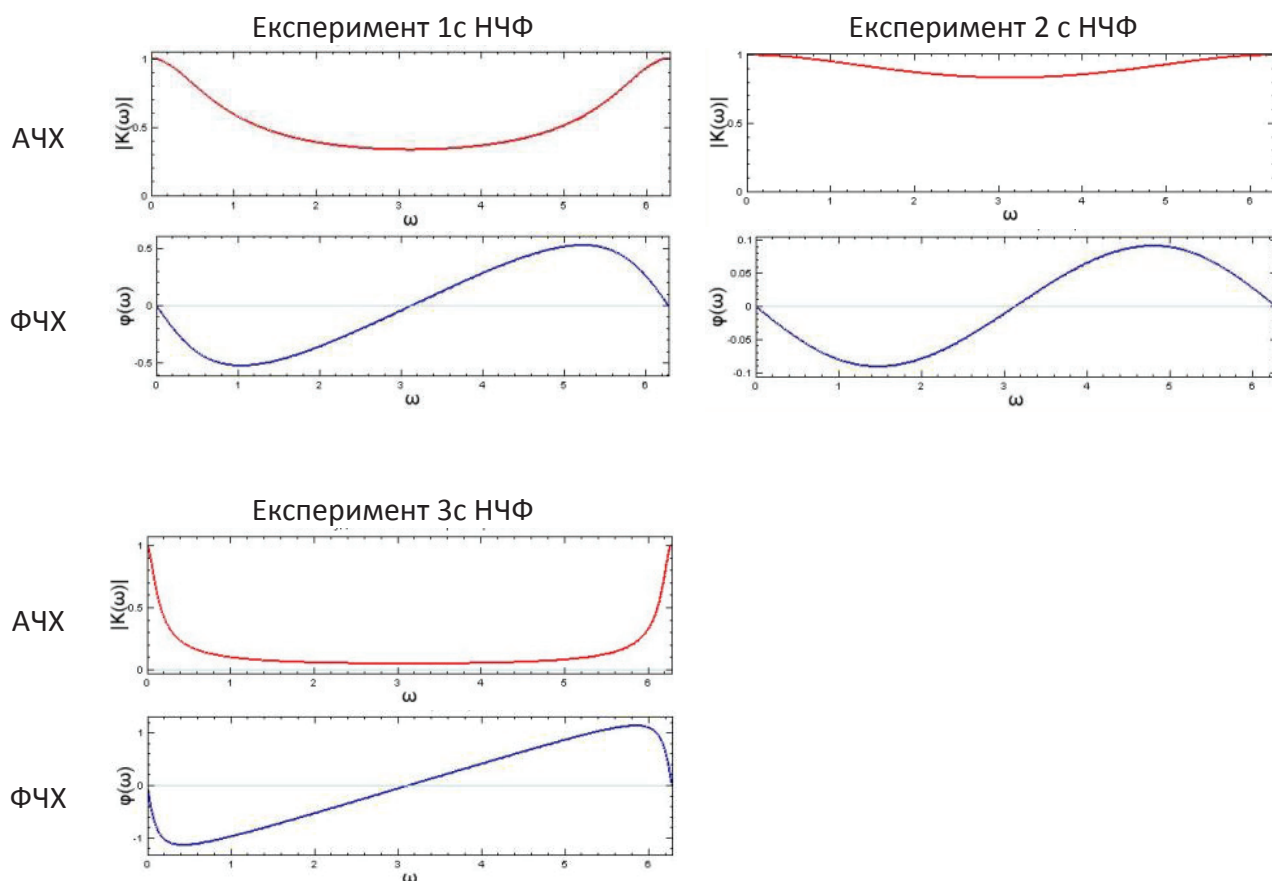
Таблица 1. Изчисляване на критичната честота f_c за филтъра .

f_c за	Експеримент 1: R = 10 kΩ; C = 10 nF;	Експеримент 2: R = 1 kΩ; C = 10 nF;	Експеримент 3: R = 10 kΩ; C = 100 nF;
Високочестотен филтър (Фиг. 1)	1592 Hz	15923 Hz	159,2 Hz
Нискочестотен филтър (Фиг. 2)	1592 Hz	15923 Hz	159,2 Hz

Резултатите от симулационните изследвания с MATLAB са дадени на следващите фигури, с честота на дискретизация 10 KHz:



Фиг. 3. Изследване на ВЧФ с RC елементи



Фиг. 4. Изследване на НЧФ с RC елементи

ИЗВОДИ

В доклада са описани теоретичните предпоставки за изследването на пасивните високочестотни и нискочестотни RC филтри. Показани са резултатите от изследването на филтрите с MATLAB. И подготовка на данните за цифрово изследване с DSP макета.

Избрани са стойностите на елементите на филтрите за изследването с макета и честотата за дискретизация.

Практическото приложение на изследването на филтри обект на тази публикация, демонстрира на студентите възможностите за симулация и изследване на RC филтри с MATLAB и съкращаването на сроковете за изследване им. Дава възможност за подготовка на данни за изследването на филтрите с DSP макета с процесор TMS320C5x.

REFERENCES

Georgiev, Tsv., Krastev, G., (2000). *Sistemi za avtomatizaciya na nauchnite izsledvaniya: Rakovodstvo za rabota s LABVIEW, MATLAB u SIMULINK*. Ruse: Izdatelstvo „Avangard print”.

Marven, C., Ewers, G., (1996). *A Simple Approach to Digital Signal Processing*, John Wiley & Sons, New York.