

ЕМИЛ ФРЕНСКИ

ЮГОЗАПАДЕН УНИВЕРСИТЕТ, ГР. БЛАГОЕВГРАД

СИМУЛИРАНЕ НА ЦИФРОВИ ФИЛТРИ С Qucs/QucsStudio

SIMULATING DIGITAL FILTERS WITH Qucs/QucsStudio

EMIL FRENSKI, Member, IEEE

SOUTH WEST UNIVERSITY "NEOFIT RILSKI", BLAGOEVGRAD

Abstract: The design and simulation of digital filters is supported by Matlab® and Simulink, but these tools are very expensive and require training courses. In this paper we proposed Qucs/QucsStudio as a simulations tools which is freely available. Another advantage is the schematics editor, enabling easy drawing the filter structure by connecting the blocks of delay, coefficient multiplication and signal summation.

Key Words: QUCS, QucsStudio, SPICE, digital filters

Изследването на цифрови филтри е приоритет на софтуер за числени изчисления от семейството на Matlab, GNU Octave, FreeMat или Scilab. Използването на такъв софтуер де факто се е превърнало в световен стандарт [Eleti, 2013] и макар че цената на Matlab и неговите специализирани добавки (toolbox) е много висока, ще го намерите в компютъра на всеки, който се занимава с цифрова обработка на сигнали. Разбира се, освен високата цена работата с такива програми изисква и познаването на езика за програмиране. Допълнителен недостатък е и факта, че m-файлът не дава представа за структурата на цифровата система или пътя на сигнала.

Желанието да се преодолеят тези недостатъци е причината множество автори [Bialek, 2006; Mark, 2009; Hewlett, 2011] да се обърнат към SPICE (Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis) или подобни програми [Tobin, 2006], представляващи най-разпространената програмна система за числен анализ на електронни схеми.

В тази работа се предлага използването на Qucs и QucsStudio за симулиране и визуализация на резултатите от работата на цифрови филтри.

QUCS u QucsStudio

Тези програми водят началото си от проекта QUCS (Quite Universal Circuit Simulator) [Margraf, 2003]. Двата проекта имат сходен интерфейс, но не са съвместими. И в двата случая става дума за богати развойни среди, позволяващи с помощта на графичен потребителски интерфейс да се чертаят и симулират електронни схеми, да се трасират печатни платки, да се проектират аналогови филтри. И двете среди имат връзка с GNU Octave / Matlab и позволяват създаването на модели на електронни компоненти на C++ и на VerilogA, както и симулиране на цифрови схеми с Verilog и VHDL.

Поддържат се всички видове анализ – постоянно токова развивка, малосигнален променливотоков анализ (включително шумов анализ), анализ във времевата област (включително в установен режим), хармоничен балансен анализ (включително за голям сигнал), анализ на оптични комуникационни системи. Параметричен анализ и толерансен анализ по метода на Монте-Карло.

Резултатите от анализа могат да се визуализират с различни видове диаграми – декартова, полярна, диаграма на Смит (кръгова диаграма), таблица на истинност за цифровите схеми и много други.

Текущите версии могат да импортират модели разработени за SPICE – подобните програми, както и нетлист файлове. Програмите поддържат работа с йерархични подсхеми, при което е възможно да се предават параметри към тях.

Много важна особеност на двете програми е поддръжката на голям брой математически операции и функции. Те са достъпни чрез възможността за въвеждане на математически изрази – както в процеса на предварителна обработка, така и след симулацията. И двете програми могат да работят с реални и комплексни числа и извършват основни операции, свързани с цифрова обработка – дискретно и бързо право и обратно преобразуване на Фурие, прилагане на различни прозоречни функции и др.

При създаването на нови подсхеми, както и при надписването на диаграмите могат да се използват приетите в LaTeX означения за специални символи. Както схемите, така и диаграмите могат да се експортират в различни формати с цел използването им в други програми.

Основни градивни блокове в цифровите филтри

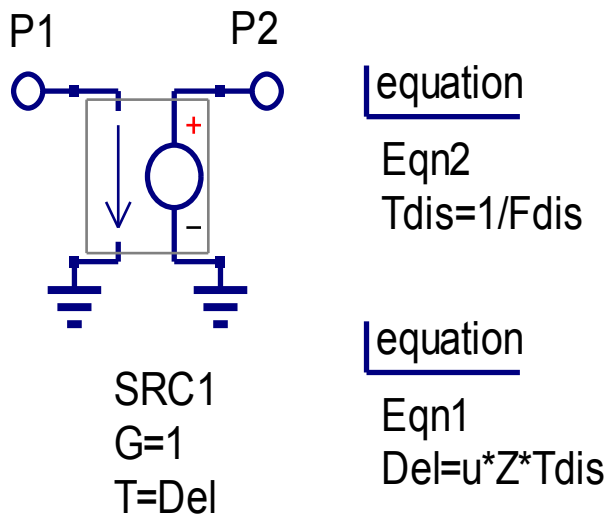
Процесите в цифровите филтри се описва с разликови (диференчни) уравния. Например за нерекурсивен (FIR) филтър израза свързващ изходния сигнал с входната последователност ще е от вида (1.1):

$$(1.1) \quad y_{(n)} = x_{(n)}a_n + x_{(n-1)}a_{(n-1)} + x_{(n-2)}a_{(n-2)} + \dots + x_{(n-(N-1))}a_{(n-(N-1))}$$

Тук $y_{(n)}$ е изходния сигнал на филтъра, $x_{(n)} \div x_{(n-(N-1))}$ са отчетите на входния сигнал, а $a_n \div a_{(n-(N-1))}$ са коефициентите на филтъра. Ясно е, че структурната схема, която реализира (1.1) включва само три различни елемента – закъснителни звена, умножители и суматори. Разбира се, ситуацията се усложнява, когато става дума за комплексен сигнал или пък коефициентите на филтъра са комплексни.

Реализирането на закъснителното звено може да бъде направено по различен начин [Brinson, 2009], но ние приехме да използваме източник на напрежение, управляван с напрежение. В тези програми за ИНУН може да бъде зададено закъснение, което с помощта на формула се изчислява за всеки отделен филтър.

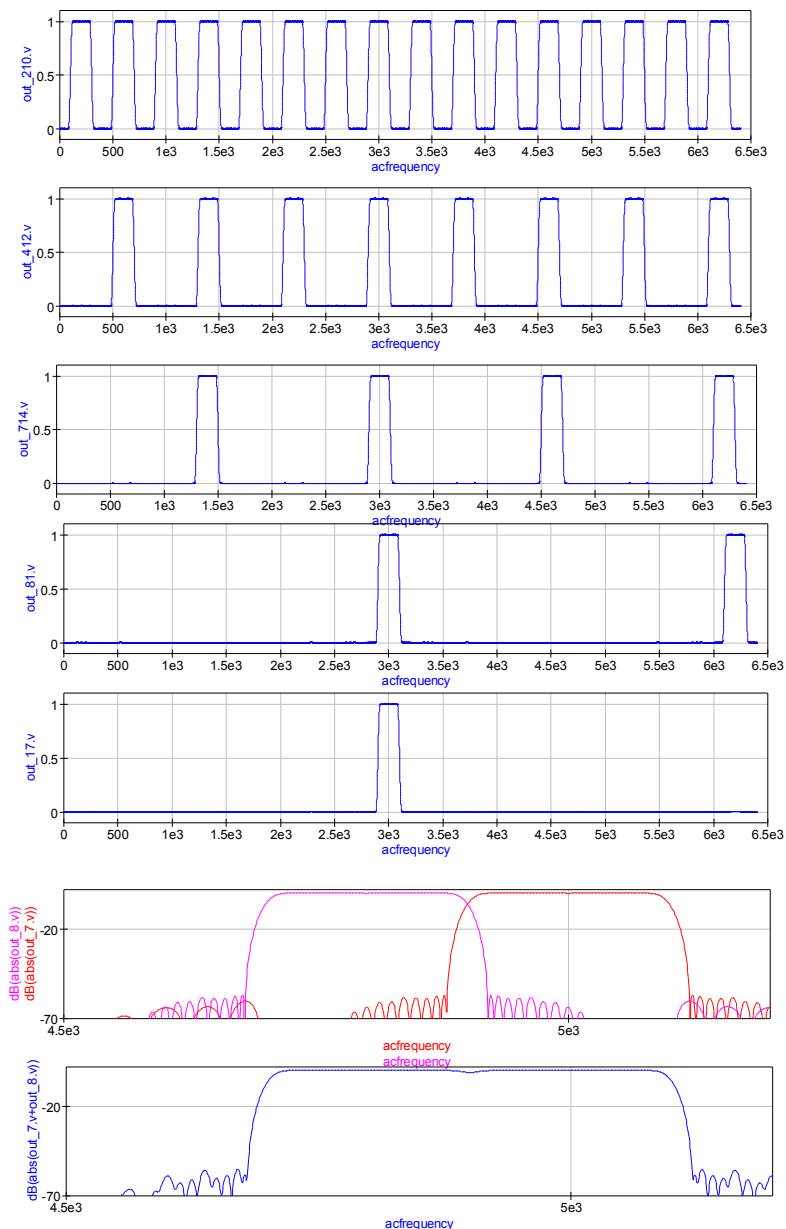
На фигура 1.1. е показана схемата на закъснително звено, като закъснението зависи от честотата на дискретизация F_{dis} и допълнителни параметри. Умножителите и суматорите също са реализирани с ИНУН. При честотно модулираните филтърни банки е необходима промяна на чрез фазата на сигнала, в конкретния случай това се реализира с компонент дефиниран в честотната област чрез серия от уравнения, описващи работата му.



Фиг. 1.1. Закъснително звено реализирано с ИНУН

За илюстрация на възможностите на Qucs и QucsStudio за симулиране и визуализация, на фигура 1.2. е показана структурната схема на 32 канална банка с бързи лентови филтри (FFB) [Lim, 1992]. Както се вижда от структурната схема, този метод на симулация позволява наблюдаването на сигнала във всеки възел на филтъра. Филтърът е реализиран с използване на маскиране на честотната лента (Frequency Response Masking Techniques) [Milic, 2009].

На фигура 1.3. са показани амплитудно-честотните характеристики в различни възли от схемата на филтъра, поясняващи принципа на честотното маскиране. В допълнение са показани два съседни лентови филтъра и тяхната сума, като върху сигналите е приложена различна математическа обработка – сумиране, абсолютна стойност, преобразуване в децибели.



Фиг. 1.3. Амплитудно честотни характеристики

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представен е метод за симулиране работата на цифрови филтри с програмите Qucs и QucsStudio. Методът дава възможност за лесно изграждане и симулиране на различни цифрови филтри, чрез използване на основните звена – закъснително, умножително и сумиращо.

ЛИТЕРАТУРА

- A. Eleti, Zerek, A. R. "FIR digital filter design by using windows method with MATLAB" in Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering, 2013 14th International Conference on, vol., no., pp.282-287, 20-22 Dec. 2013
- D. Biolek, Abuetwirat I. F. "Analysis of digital filters via Spice-Compatible programs", 2006. Elektrovue, 2006/26, ISSN 1213 – 1539.
- H. Mark. "PSpice as a simulation tool for control system engineering course". In: 20th Annual Conference for the Australasian Association for Engineering Education, 6-9 December 2009: Engineering the Curriculum. Barton, A.C.T.: Engineers Australia, 2009: 858 – 863
- J. Hewlett, B. Wilamowski, G. Dunder. "SPICE as a Fast and Stable Tool for Simulating a Wide Range of Dynamic Systems". International Journal of Engineering Education, vol.27, No.2, pp. 217 - 224 (2011)
- Lim, Y.C.; Farhang-Boroujeny, B. "Fast filter bank (FFB)," in Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing, IEEE Transactions on , vol.39, no.5, pp.316-318, May 1992
- M. E. Brinson and H. Nabijou. "Z Domain Delay Subcircuits and Compact Verilog-A Macromodels for Mixed-mode Sampled Data Circuit Simulation", Test Technology Technical Council (TTTC) of the IEEE Computer Society, Radioelectronics & Informatics Journal, vol. 45, no. 2, April-June 2009, pages 14-20, ISSN 1563-0064.
- M. Margraf, S. Jahn, J. Flucke, R. Jacob, T. Habchi T, M.E. Brinson, et. al. "Qucs (Quite universal circuit simulator)". (2003)
- Milic, L. Frequency-Response Masking Techniques. In L. Milic (Ed.) "Multirate Filtering for Digital Signal Processing: MATLAB Applications" (pp. 295-315). (2009).
- P. Tobin. "Teaching digital signal processing using PSpice". 9th International Conference on Engineering Education, San Juan, USA (July, 2006)