FRI-2G.302-1-CSNT-06

A COMPARATIVE ASSESSMENT BETWEEN SIMULATION AND EXPERIMENTAL RESULTS OBTAINED FROM THE STUDY OF THE SYNTHESIZED DIGITAL FREQUENCY MODULATOR-DEMODULATOR [4]

Assoc. Prof. Boyan Karapenev, PhD
Department of the Communication Equipment and Technologies
Technical university of Gabrovo
Phone: 066-827 415
E-mail: bkarapenev@tugab.bg

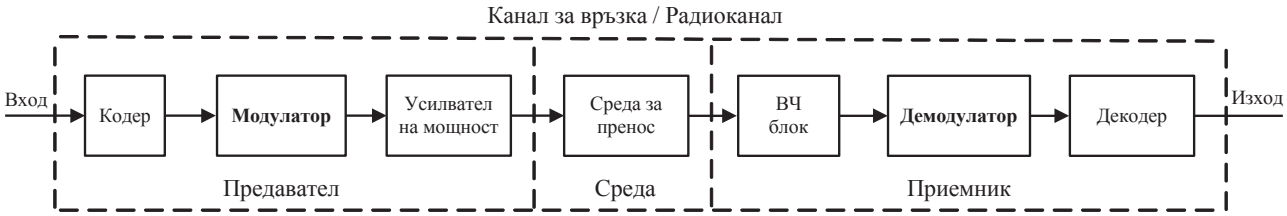
Abstract: *This paper presents a comparative assessment between simulation end experimental results obtained from the performed studies of the synthesized digital frequency modulator-demodulator. On the basis of a preliminary design developed, its main structural and functional blocks have been chosen and designed and its full electric circuit has been synthesized, which is briefly described. Simulation studies have been carried out via the MultiSIM module of the Circuit Design Suite software with the help of which parametric and structural optimization has been performed. A graphic image of a printed circuit board and complete technical documentation have been developed using UltiBOARD, on which a laboratory model has been implemented. It is also experimentally studied. The presented simulation and experimental results from the performed studies illustrate the work and explain the principle of operation of the synthesized circuit of a digital frequency modulator-demodulator. It is established that the behavior of the circuit in both cases is analogous by preserving the type and nature of the intermediate signals at the individual nodes, despite the presence of defined differences in both the operating frequencies and the amplitudes.*

Keywords: *Comparative Assessment, Simulation and Experimental Studies, Results, Digital Frequency Modulator-Demodulator.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Предаването на информацията на големи разстояния е свързано с използването на процесите модулация и демодулация, и съответните нелинейни устройства - модулатори и демодулатори.

Блоковата схема на една комуникационна система в показана на фиг. 1. Предавателят, приемникът и средата за пренос формират съответно т.нар. канал за връзка или радиоканал.



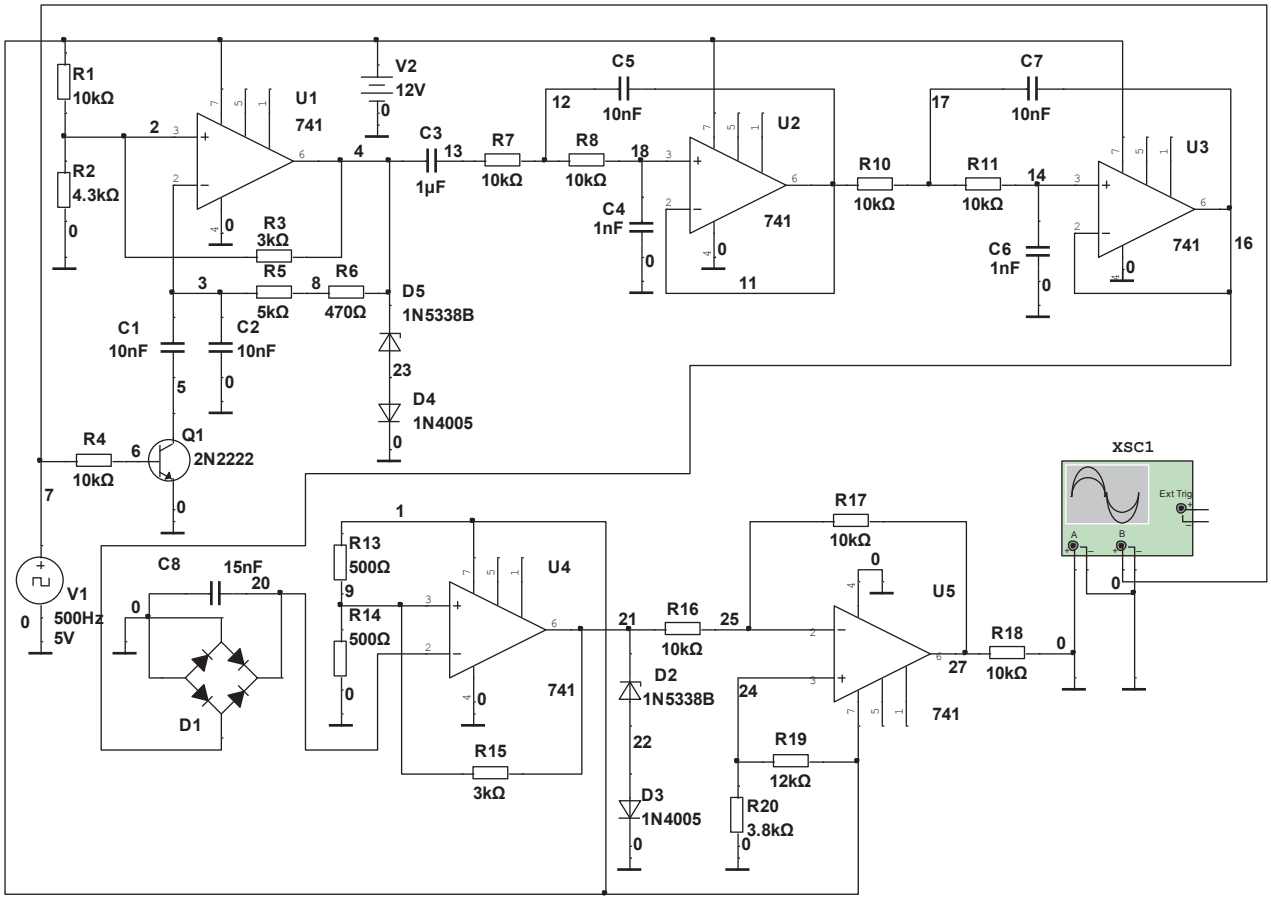
Фиг. 1. Блокова схема на комуникационна система

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Принципна схема на синтезиран цифров честотен модулатор-демодулатор

На фиг. 2 е представена пълната принципна схема на синтезиран цифров честотен (FSK) модулатор-демодулатор, въведена в работната среда на продукта за симулационни изследвания и разработване на печатни платки и техническа документация Circuit Design Suite – съответно модулите MultiSIM и UltiBOARD.

[4]Докладът е представен на сесия на 27 октомври 2017 г. с оригинално заглавие на български език: Сравнителна оценка между получени симулационни и експериментални резултати от изследването на синтезиран цифров честотен модулатор-демодулатор



Фиг. 2. Пълна принципна схема на синтезиран
цифров честотен модулатор-демодулатор

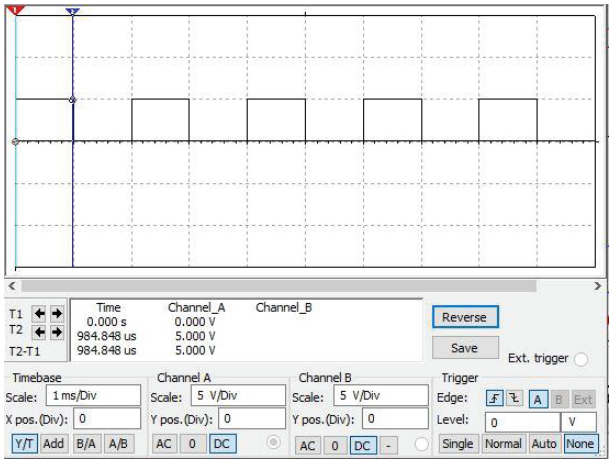
Тя е синтезирана на базата на (Karapenev,2017):

- цифров честотен модулатор с тригер на Шмид (компаратор на напрежение с ПОВ и хистерезисна зона Ux), реализиран с ОУ U1;
- некохерентен цифров честотен демодулатор, изграден от:
  - двузвенен нискочестотен активен филтър (НЧАФ) по Sallen–Key топология - ОУ U2 и U3 като преобразувател на честота в амплитуда;
  - изправителна схема Грец D1 и кондензатор C8 за изглаждане на сигнала с по-ниската честота и с по-голямата амплитуда след НЧАФ;
  - тригер на Шмид - ОУ U4 за реализиране на амплитудния детектор като на неговия изход се появява входният цифров модулиращ сигнал, носител на информацията;
- инвертор с ОУ U5 за инвертиране на изходния демодулиран сигнал.

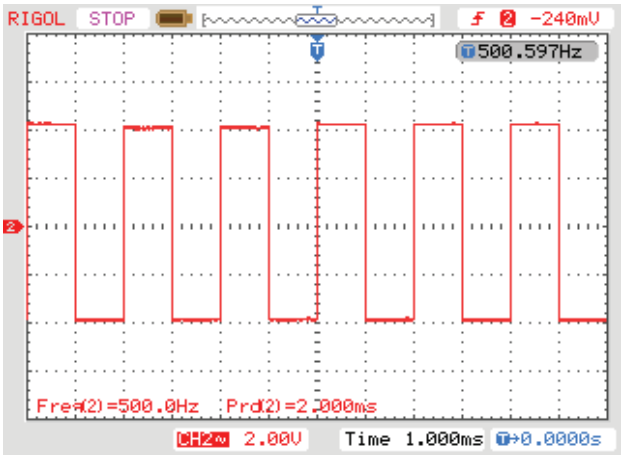
2. Сравнителната оценка между симулационно и експериментално получените резултати от извършените изследвания на синтезирания и практически реализиран цифров честотен модулатор-демодулатор

С помощта на фигури 3 ÷ 16 е извършена сравнителна оценка между симулационно и експериментално получените резултати от извършените изследвания на синтезирания и практически реализиран цифров честотен модулатор-демодулатор от фиг. 2.

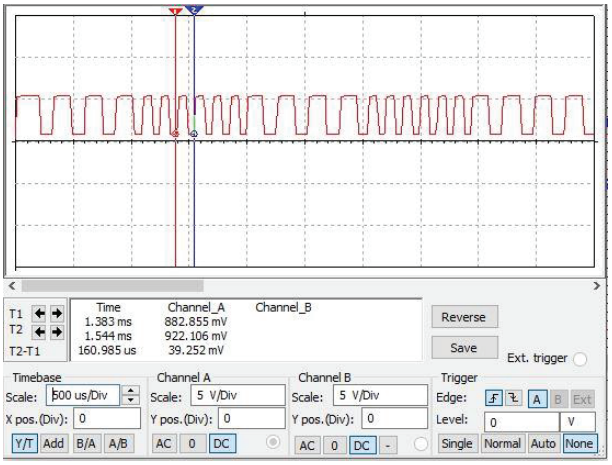
На фиг. 3 и фиг. 4 са показани входните импулсни сигнали, като при симулационните изследвания сигналът е еднополярен, а при експерименталните - двуполярен.



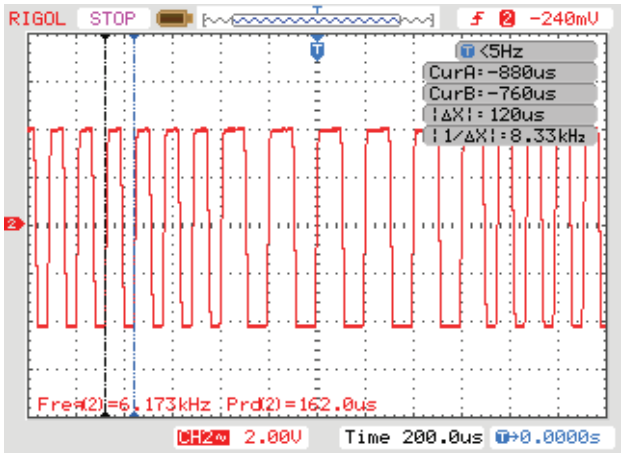
Фиг. 3. Входен сигнал на синтезираната и въведена схема в модула Multisim за извършването на симулационните изследвания



Фиг. 4. Входен сигнал на практически реализираната схема за извършването на експерименталните изследвания



Фиг. 5. Осцилограма на изходния сигнал на FSK модулатора при симулационните изследвания при логическа 0 с f_0 = 6,72 kHz



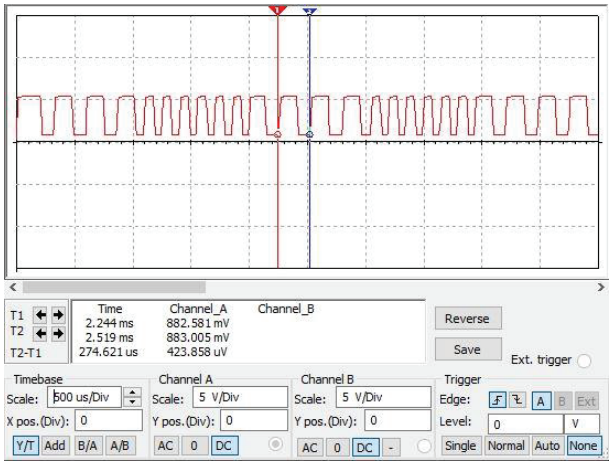
Фиг. 6. Осцилограма на изходния сигнал на FSK модулатора при експерименталните изследвания при логическа 0 с f_0 = 8,33 kHz

След подаването на входния сигнал към компаратора (U1 фиг. 2) на осцилограмите, показани на фиг. 5 и фиг. 6, са определени честотите за f_0 като при симулационните изследвания е измерена честота 6,72 kHz, а при експерименталните - 8,33 kHz като за относителна разлика между двете честоти се получава 1,61 kHz. За f_1 честотата при симулационните изследвания е 3,68 kHz, а при експерименталните - 5 kHz, както е показано на осцилограмите от фиг. 7 и фиг. 8, с разлика между тях 1,32 kHz.

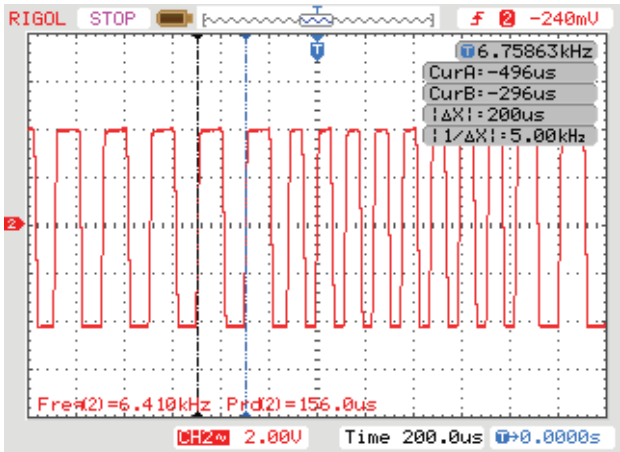
На следващите фигури от 9 до 16 са сравнени изходните напрежения на сигналите на изходите на първото и второто звено на НЧАФ за честотите f_0 и за f_1.

Измерените напрежения на сигналите са засечени от връх до връх и са дадени с "ΔY", като на фиг. 9 и фиг. 10 е представено U_{pp} е за логическа 1 и има стойност 8,64 V, докато при симулационните изследвания U_{pp}= 6,172 V. Разликата между двете напрежения е "-" 2,468 V. За логическа 0 измерените напрежения са показани на осцилограмите от фиг. 11 и фиг. 12, като при симулационните изследвания U_{pp} = 4,436 V, а при експерименталните U_{pp}= 5,04 V. Тези две напрежения в сравнение с другите измерени стойности са много близки и тяхната разлика е 0,604 V. На фигури от 13 до 16 са представени осцилограмите на сигналите след второто звено на НЧАФ, като от фиг. 13 е измерена стойността U_{pp} = 7,811 V, а от фиг. 14 U_{pp} = 3 V. Разликата при симулационите изследвания за логическа 1 на първото и второто звено

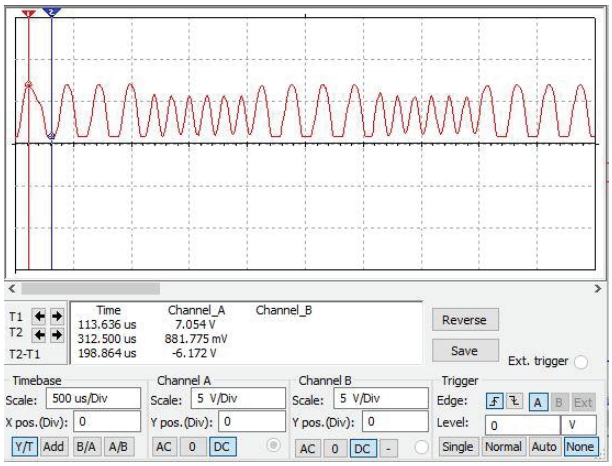
на НЧАФ, показани на фиг. 9 и фиг. 13 е, че на изхода на втория филтър сигналът има по-голямо напрежение с 1,639 V, а при експерименталните се наблюдава спад на напрежението



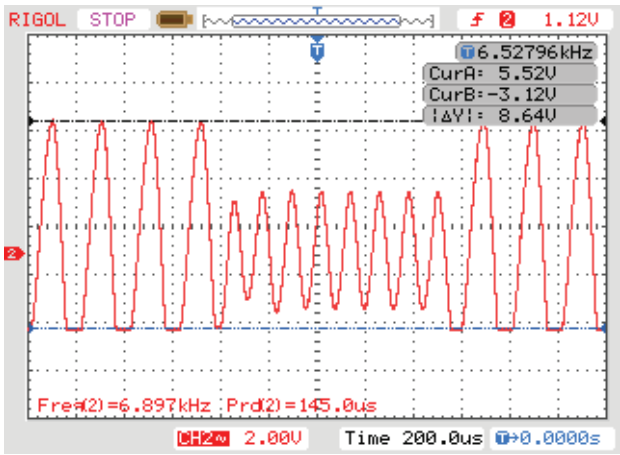
Фиг. 7. Осцилограма на изходния сигнал на FSK модулатора при симулационните изследвания при логическа 0 с f_1 = 3,68 kHz



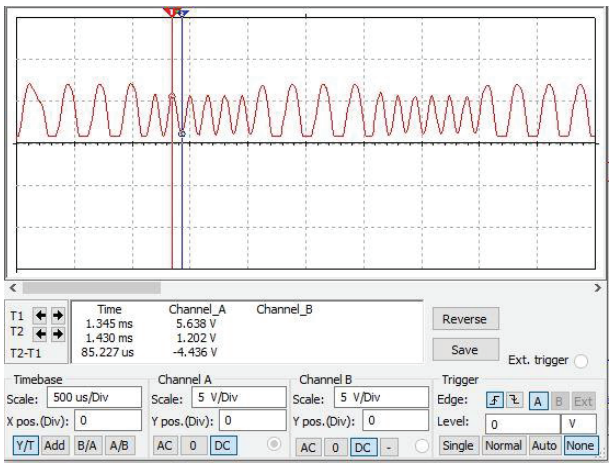
Фиг. 8. Осцилограма на изходния сигнал на FSK модулатора при експерименталните изследвания при логическа 0 с f_1 = 5 kHz



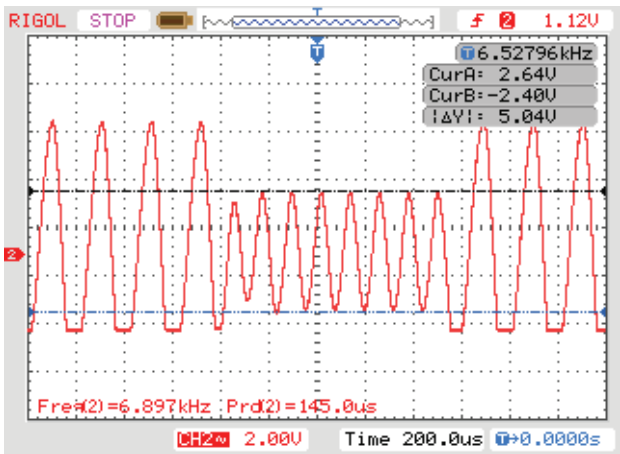
Фиг. 9. Осцилограма на изхода на НЧАФ1 при симулационните изследвания за f_1 с ΔY_1 = 6,172 V



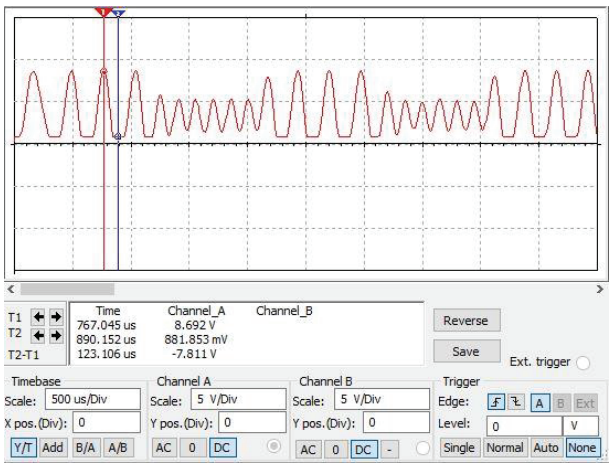
Фиг. 10. Осцилограма на изхода на НЧАФ1 при експерименталните изследвания за f_1 с ΔY_1 =8,64 V



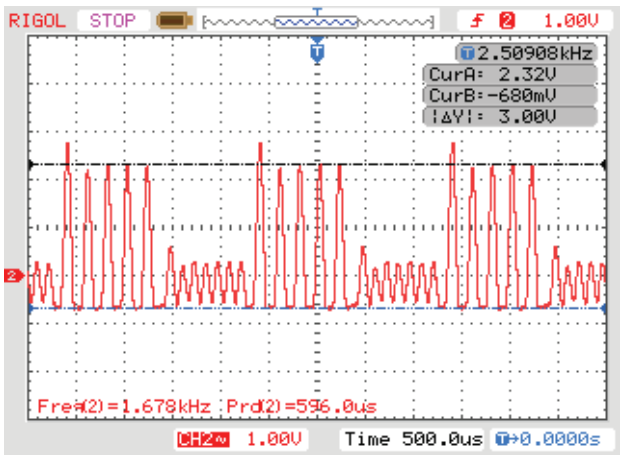
Фиг. 11. Осцилограма на изхода на НЧАФ1 при симулационните изследвания за f_0 с ΔY_0 = 4,436 V



Фиг. 12. Осцилограма на изхода на НЧАФ1 при експерименталните изследвания за f_0 с ΔY_0 = 5,04 V

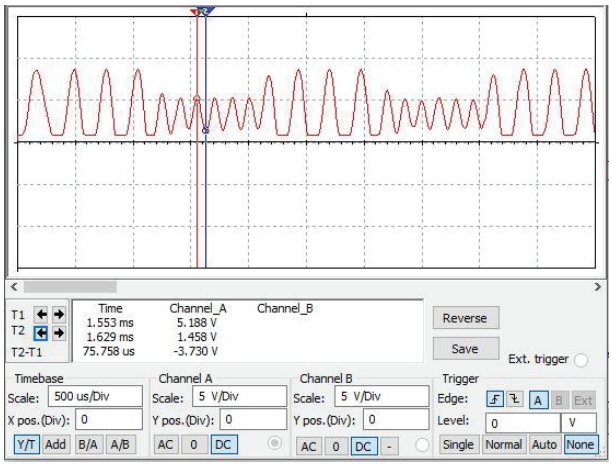


Фиг. 13. Осцилограма на изхода на НЧАФ1 при симулационни изследвания за f_1 с $\Delta Y_1 = 7{,}811$ V

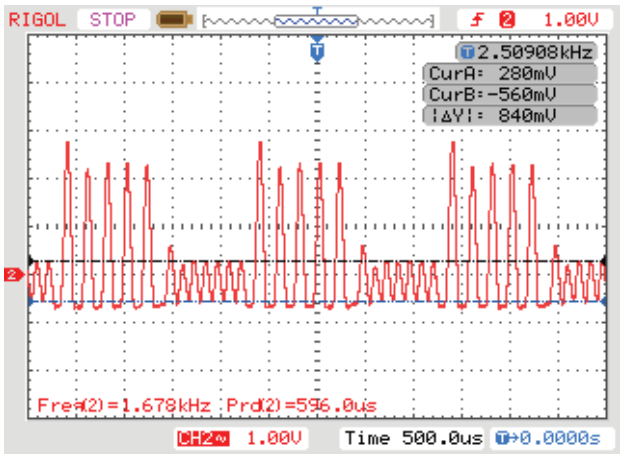


Фиг. 14. Осцилограма на изхода на НЧАФ1 при експериментални изследвания за f_1 с $\Delta Y_1 = 3$ V

на изхода на второто звено с 5,64 V. Разликата между напреженията на сигналите от фиг. 13 и 14 е 4,881 V. На фиг. 15 и фиг. 16 измерените стойности на напреженията са при сигнал логическа 0, като за симулационните изследвания U_{pp} = 3,73 V и при експерименталните - U_{pp} = 0,84 V с разлика между тях "-" 2,89 V. За f_0 и двата изходни сигнала след второто звено на филтъра имат по-малка стойност на напрежението, като за симулационните изследвания сравнените осцилограми на фиг. 11 и фиг. 15 разликата е 0,706 V и при експерименталните (фиг. 12 и фиг. 16) 4,2 V.



Фиг. 15. Осцилограма на изхода на НЧАФ1 при симулационните изследвания за f_0 с $\Delta Y_0 = 3{,}73$ V



Фиг. 16. Осцилограма на изхода на НЧАФ1 при експерименталните изследвания за f_0 с $\Delta Y_0 = 0{,}84$ V

Обобщение

Поведението на синтезираната и реализирана схема на цифров честотен модулатор-демодулатор при симулационните и експерименталните изследвания е аналогично, т.е. запазва се видът и характера на междинните сигнали в отделните възли. Установяват се обаче определени разлики както в работните честоти, така и в амплитудата на междинните сигнали.

ИЗВОДИ

Чрез модула MultiSIM на продукта Circuit Design Suite са реализирани симулационни изследвания на синтезирана принципна схема на цифров честотен модулатор-демодулатор, с

помощта на които е извършена нейната параметрична и структурна оптимизация. Разработено е графично изображение на печатна платка и пълна техническа документация, по които е разработен и практически реализиран лабораторен модел на цифровия честотен модулатор-демодулатор. Той е експериментално изследван като обектът на настоящата публикация е извършването на сравнителна оценка в паралелен вид между получените симулационни и експериментални резултати. Установява се, че поведението на схемата и в двата случая е аналогично като се запазва видът и характера на междинните сигнали в отделните възли въпреки наличието на определени разлики както в работните честоти, така и в амплитудите.

Представените симулационни и експериментални резултати от извършените изследвания онагледяват работата и обясняват принципа на работа на синтезираната принципна схема на цифров честотен модулатор-демодулатор. Извършената сравнителна оценка между тях дава информация за относителната разлика в стойностите на реализираните параметри на сигналите (вид, честоти и амплитуди) в отделните възли.

REFERENCES

Karapenev, B. (2017). Sintez na makromodel na cifrov nekoherenten chestoten demodulator I simulacionni izsledvania na FSK modulator-demodulator. Izvestia na TU-gabrovo, 54, 45-48. (***Оригинално заглавие:*** *Карапенев, Б. (2017). Синтез на макромодел на цифров некохерентен честотен демодулатор и симулационни изследвания на FSK модулатор-демодулатор. Известия на Технически университет Габрово, 54, 45-48.)*

Karapenev, B. (2015). A Digital Frequency Modulator using Schmith-trigger. *Scientific papers at the University of Rousse*, 54(3.2), 92-98.

Karapenev, B. (2017). Synthesis and Study of Digital Frequency Modulator-Demodulator, *Journal of Communications Technology, Electronics and Computer Science*, 13, 1-9.

Sallen-Key Low-pass Filter Design Tool, Okawa Electric Design. URL: http://sim.okawa-denshi.jp/en/ OPseikiLowkeisan.htm (Accessed on 15.05.2017).

Sallen-Key Low-pass Filter, eCircuit Center. URL: http://www.ecircuitcenter.com/ Circuits/opsalkey1/ opsalkey1.htm (Accessed on 15.05.2017).