

## РЕАЛІЗАЦІЯ ЧИСЛО-ІМПУЛЬСНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЗІ ЗРІВНОВАЖУВАННЯМ НА ПЛІС

*Проведено дослідження метрологічних характеристик степеневих, експоненційних і логарифмічних число-імпульсних функціональних перетворювачів зі зрівноважуванням (ЧФПЗ) реалізованих на ПЛІС фірми Xilinx. Для порівняння розглядалися структури ЧФПЗ на базі двійкових помножувачів та нагромаджуючих суматорів.*

*The study is dedicated to some metrological characteristics of power exponential and logarithmic digital-pulse functional transformers with balancing (DFTB), conducted on Xilinx FPGA. Two structures of DFTB have been studied: on rate multiplier and accumulative adder.*

### 1. ВСТУП

Число-імпульсні функціональні перетворювачі здійснюють функціональне перетворення число-імпульсного коду (ЧІК) паралельно формуванню позиційного двійкового коду. Завдяки суміщені в часі вимірювального перетворення і попередньої обробки вимірювальної інформації, вдається створювати високоефективні засоби для перетворення і оброблення інформації. Також скорочується обсяг інформації, яка передається каналами зв'язку, що робить раціональним обмін між вимірювальними перетворювачами і вищим ступенем інформаційно-вимірювальної системи, розвантажується ЕОМ, яка входить до складу системи, а також скорочується час, необхідний для вирішення задачі.

### 2. ВИКОРИСТАННЯ ПЛІС ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЧФПЗ

Для розширення функціональних можливостей число-імпульсних функціональних перетворювачів, запропоновано охопити перетворювачі прямого перетворення колом зворотного зв'язку. В результаті отримано число-імпульсні функціональні перетворювачі зі зрівноважуванням (ЧФПЗ). Для розгляду запропоновано структури, які реалізують експоненціальну, логарифмічну і степеневі функції. Базовими елементами для побудови ЧФПЗ є лічильники, логічні елементи І, АБО, регістри, комбінаційні суматори і пристрої порівняння. В залежності від того які елементи використовуються для побудови ЧФПЗ, можна виділити дві групи ЧФПЗ:

- на основі ЧІД;

---

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»

- на основі нагромаджуючих суматорів.

Структурна відмінність полягає в тому, що в ЧФПЗ на основі ЧІД використовують лічильник і групу логічних елементів І,АБО (рис. 1.а), а в ЧФПІ на основі нагромаджуючих суматорів використовують комбінаційний суматор і реєстр (рис. 1.б).

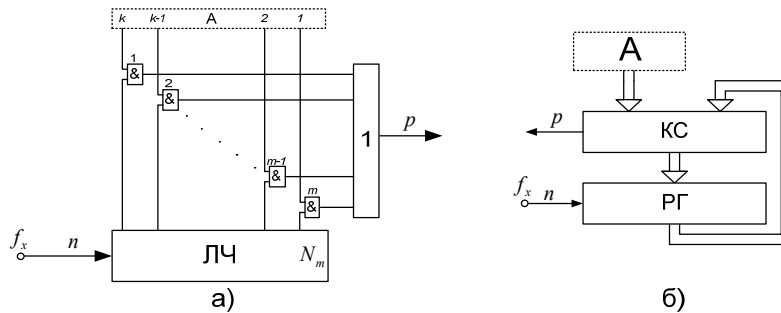


Рис. 1. Структурна схема ЧІД (а) і нагромаджуючого суматора (б)

Технологічною перевагою ЧФПЗ є можливість їх реалізації на програмованих логічних інтегральних схемах (ПЛІС), оскільки вони складаються з логічних елементів І, АБО, лічильників імпульсів, нагромаджуючих суматорів.

В останнє десятиріччя різко зросла кількість програмованих вентилів ПЛІС, їхня тактова частота і можливість трасування їхніх програмованих апаратних одиниць. Це призвело до різкого росту обчислювальних можливостей ПЛІС. На даний час, в світі розробили і використовують велику кількість різноманітних плат, що базуються на ПЛІС і підключаються до ПЕОМ, для прискорення обчислень. Саме тому для апаратної реалізації ЧФПЗ було обрано ПЛІС.

В роботі використовується ПЛІС фірми Xilinx сімейства Spartan 2 XC2S50-PQ208. Дана ПЛІС складається з 50000 вентилів, максимальна вхідна частота 200 МГц. Для дослідження були обрані структури ЧФПЗ які реалізують експоненційну, логарифмічну і степеневу функції, зокрема функції  $x^2$ ,  $\sqrt{x}$ ,  $\ln(x)$ ,  $e^x$ . Для опису роботи схем використовувалась мова опису цифрових електронних схем – VHDL, а проектування відбувалось в середовищі автоматизованого проектування ПЛІС фірми Xilinx – Web ISE 9.1i. Розрядність лічильників складала 10 біт. Процесор знаходження експоненціальної і логарифмічної функції здійснювався за допомогою розкладу функції в ряд Тейлора, процесор знаходження квадратного кореня здійснювався за допомогою апроксимації за методом Ньютона-Рафсона.

Архітектура сімейства Spartan-II базується на архітектурі популярного сімейства Virtex. ПЛІС сімейства Spartan-II можуть використовуватись в сімействах як альтернатива спеціалізованим інтегральним схемам ємністю до 200 000 вентилів і системною швидкістю 200 МГц. Вартість ПЛІС Spartan-II в оптових об'ємах в 3-4 рази нижча за вартість Virtex при роздрібних об'ємах. Сімейство складається з шести кристалів, які відмінні логічною ємністю. Порівняльні параметри наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні характеристики сімейства SpartanTM-II

Кристал	Логічні комірки	Системні вентилі	Матриця КЛБ	КЛБ	Блочний ОЗП, Біт	Користувацькі блоки вводу-виводу, тах
XC2S15	432	15 000	8x12	96	16 384	86
XC2S30	972	30 000	12x18	216	24 576	132
XC2S50	1 728	50 000	6x24	1 384	32 768	176
XC2S100	2 700	100 000	20x30	600	40 960	196
XC2S150	3 888	150 000	24x36	864	49 152	260
XC2S200	5 292	200 000	28x42	1 176	57 344	284

Було досліджено вісім структур ЧФПЗ, зокрема структури на основі нагромаджуючих суматорів і на основі двійкових помножувачів. Предметом дослідження були максимальний час затримки перетворення і кількість вентилів, необхідних для реалізації функціональної залежності. Результати досліджень показали що структури на основі нагромаджуючих суматорів володіють кращими метрологічними характеристиками на відміну від структур на основі двійкових помножувачів.

### 3. ВИСНОВКИ

1. Використання ЧФПЗ для функціонального перетворення ЧІК на відміну від табличних методів чи використання мікропроцесорів або мікроконтролерів є доцільнішим, оскільки їх структури є простіші з точки зору кількості вентилів а також мають більшу швидкість.

2. Технологічною перевагою ЧФПЗ є можливість їх реалізації на ПЛІС, що дозволить створювати спеціалізовані процесори для функціонального оброблення ЧІК.

*1. Горпенюк А.Я. Стан і перспективи розвитку число-імпульсних вимірвальних перетворювачів /Горпенюк А.Я., Дудикевич В.Б., Максимович В.М. : "Контроль і управління в технічних системах" (КУТС-97). Книга за матеріалами четвертої міжнародної науково-технічної конференції. – Вінниця, (21-23*

жовтня 1997 року. У 3-х томах. Том 2.) – “Універсум-Вінниця”, – 1997. – С.141-147. 2. Б.Д. Будз Розширення функціональних можливостей число-імпульсних функціональних перетворювачів / Б.Д. Будз : Тези доповідей дванадцятій науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу ІТРЕ НУ "Львівська політехніка" (7-9 квітня 2009 р.) / видавництво НУ "Львівська політехніка" – Львів, – 2009. – С.14. 3. [http://kit-e.ru/articles/plis/2001\\_03\\_84.php](http://kit-e.ru/articles/plis/2001_03_84.php)