

УДК 681.325.5

Азаров О. Д., д. т. н., проф.
Черняк О. І., к. т. н., доц.,
Мурашенко О. Г.

МЕТОД ПОБУДОВИ ШВИДКОДІЮЧИХ ФІБОНАЧЧІЄВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ

Вінницький національний технічний університет

alexandr.chernyak@gmail.com

Запропоновано метод побудови лічильників у системі числення фібоначчі, які мають високий показник швидкодії при помірних апаратних витратах.

Ключові слова: коди фібоначчі, лічильник, згортка

Вступ

Лічильники широко використовуються у цифровій техніці [1]. Проте, лічба є найповільнішою операцією зміни числового значення. Тому для розширення галузі використання лічильників потрібно підвищувати швидкість їх роботи [2].

Відомо способи підвищення швидкодії лічильників за рахунок організації послідовного, наскрізного чи паралельного перенесення та їх комбінацій [3]. Проте всі вони мають недоліки. Паралельне перенесення дозволяє отримати найвищий показник швидкодії, але потребує значних апаратних витрат, що експоненціально зростають при нарощуванні розрядності [4]. Тому цей спосіб практично не використовується при побудові багаторозрядних лічильників. Найменші апаратні витрати і найнижчу швидкодію мають лічильники з послідовним перенесенням. Наскрізне перенесення дозволяє при порівняно невеликих апаратних витратах досягти значного підвищення швидкості лічби. Якщо швидкодія лічильників з наскрізним перенесенням є недостатньою, то використовуються різноманітні комбінації паралельного і наскрізного перенесень, що дозволяють підвищити швидкість але призводять при цьому до збільшення апаратних витрат. Тому відомі методи організації перенесення є малоефективними при побудові багаторозрядних швидкодіючих лічильників.

Метою статті є розробка методу побудови швидкодіючого лічильника у сис-

темі числення фібоначчі, який при невеликих апаратних витратах дозволяє досягти високої швидкодії за рахунок того, що під час лічби на кожному такті лише невелика кількість розрядів змінює свій стан.

Суть запропонованого методу полягає у тому, що на кожному такті одночасно з додаванням одиниці у молодший розряд у код лічильника виконуються всі елементарні згортки у розряди, починаючи з третього. Елементарна згортка замінює дві сусідні одиниці коду фібоначчі на одинцю більш старшого розряду (011→100) [5]. Такі згортки відіграють роль перенесень у старші розряди, тому у статті згортка і перенесення використовуються як синоніми. Збільшення будь-якого розряду коду лічильника, починаючи з другого, відбувається лише за рахунок перенесення з молодших розрядів. При цьому вага перенесень завжди більша ваги молодшого розряду. Тому не відбувається переповнення коду лічильника. Більш того, кількість сусідніх одиниць коду лічильника, через які можливе перенесення на кожному такті, становить не більше двох. Це обґрунтовується наведеним далі твердженням.

Твердження. Якщо на кожному такті роботи фібоначчієвого лічильника додається одиниця до молодшого розряду та виконуються всі можливі елементарні згортки, то в його коді не може бути більше двох сусідніх одиниць, через які відбувається перенесення.

Перенесення через $(n-1)$ -й розряд можливе лише при переповненні, а справедливість твердження для першого і другого розрядів очевидна. Тому доведення твердження буде проведено методом неповної математичної індукції для n -розрядного лічильника відносно номерів розрядів, починаючи з номера $n-2$ до номера 3.

Позначимо n -розрядний код лічильника через X_0^{n-1} , а його i -й розряд позначимо через x_i . Доведення справедливості твердження для розрядів $x_{n-2}, x_{n-3}, x_{n-4}$ виконаємо методом від зворотного. Припустимо, що на деякому i -му такті в результаті перенесення у розряд x_{n-4} у розрядах $x_{n-1}, x_{n-2}, x_{n-3}, x_{n-4}$ утвориться код 0111. Для цього необхідно, щоб на $(i-1)$ -му такті код у цих розрядах був 0110 (розряд x_{n-1} повинен знаходитись у нульовому стані, інакше буде переповнення лічильника). Але у такому випадку на i -му такті над розрядами $x_{n-1}, x_{n-2}, x_{n-3}$ виконується елементарна згортка і тому у цих розрядах утвориться код 100. Це означає неможливість появи трьох сусідніх одиниць у розрядах $x_{n-2}, x_{n-3}, x_{n-4}$. Отже, для цих номерів розрядів справедливість твердження доведена. Далі, вважаючи твердження справедливим для розрядів x_i, x_{i-1}, x_{i-2} , доведемо його справедливість для розрядів x_{i-1}, x_{i-2} ,

x_{i-3} . Справедливість твердження для розрядів x_i, x_{i-1}, x_{i-2} означає, що у цих розрядах не може бути більше двох сусідніх одиниць. Доведення справедливості твердження для розрядів $x_{i-1}, x_{i-2}, x_{i-3}$ так само виконаємо методом від зворотного. Припустимо, що на деякому i -му такті в результаті перенесення у розряд x_{i-3} у розрядах $x_i, x_{i-1}, x_{i-2}, x_{i-3}$ утвориться код 0111 (у розрядах x_i, x_{i-1}, x_{i-2} не може бути більше двох сусідніх одиниць). Для цього необхідно, щоб на $(i-1)$ -му такті код у цих розрядах був 0110. Але у такому випадку на i -му такті над розрядами x_i, x_{i-1}, x_{i-2} виконується елементарна згортка і тому на i -му такті код у цих розрядах стане 100. Це означає неможливість появи трьох сусідніх одиниць у розрядах $x_{i-1}, x_{i-2}, x_{i-3}$. Таким чином, справедливість твердження доведена.

З даного твердження слідує можливість побудови лічильників, в яких перенесення на кожному такті розповсюджується не далі, ніж на два розряди.

На рисунку 1 зображено структурну організацію швидкодіючого шестирозрядного фібоначчєвого лічильника побудованого на основі лічильних тригерів, який складається з розрядних блоків 1, 2, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4.

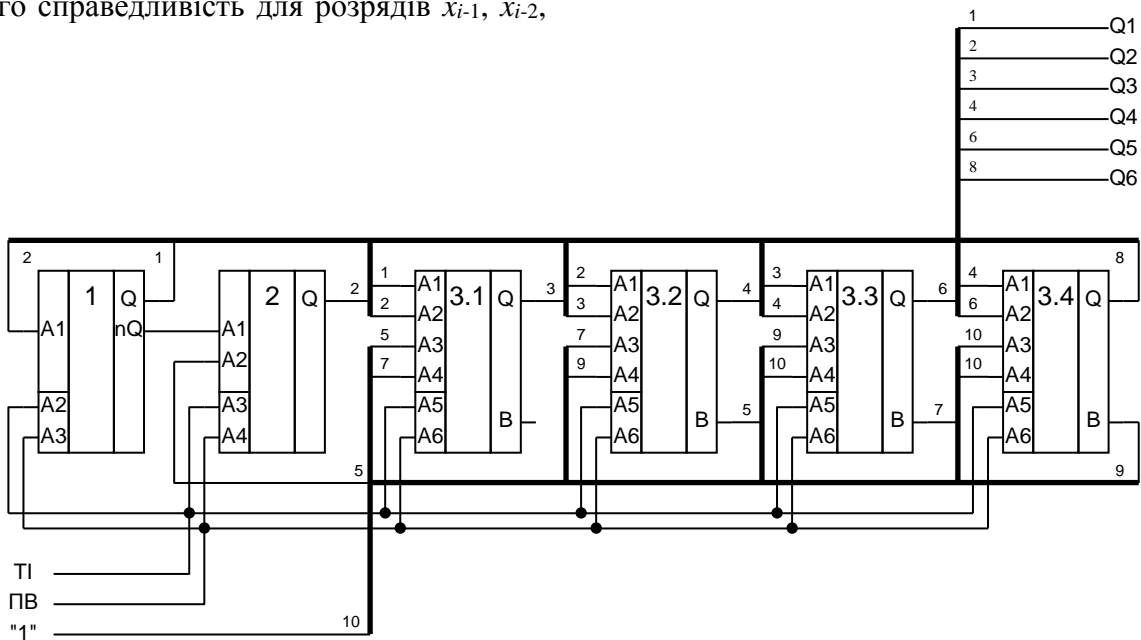


Рисунок 1 – Структурна організація швидкодіючого фібоначчєвого лічильника

На рисунку 2а зображено структурну організацію розрядного блоку першого розряду, а на рисунку 2б зображено структурну організацію другого розряду лічильника. Оскільки у системі числення фібоначчі ваги першого і другого розрядів будуються по іншому, ніж ваги інших розрядів, то розрядні блоки 1 і 2 також відрізняються від інших розрядних блоків. Решта розрядних блоків 3.1, 3.2, 3.3, і 3.4 мають однакову структурну організацію, яку зображено на рисунку 2в, і реалізують відповідно третій, четвертий, п'ятий і шостий розряди лічильника. З наведених рисунків видно, що у середньому кожен розряд лічильника містить крім лічильного тригера ще два логічних елементи І-НЕ.

Тобто апаратні витрати такого лічильника відповідають апаратним витратам відомого лічильника з наскрізним перенесенням. З іншого боку, максимальна затримка лічильника на кожному такті визначається часом виконання елементарної згортки і дорівнює часу переключення лічильного тригера плюс затримки двох елементів І-НЕ. Тобто швидкодія даного лічильника дорівнює швидкодії відомого лічильника з паралельним перенесенням. На рисунку 3 зображено часові діаграми, що пояснюють роботу лічильника і підтверджують його працездатність. На даних часових діаграмах не показано затримки тригерів і логічних елементів.

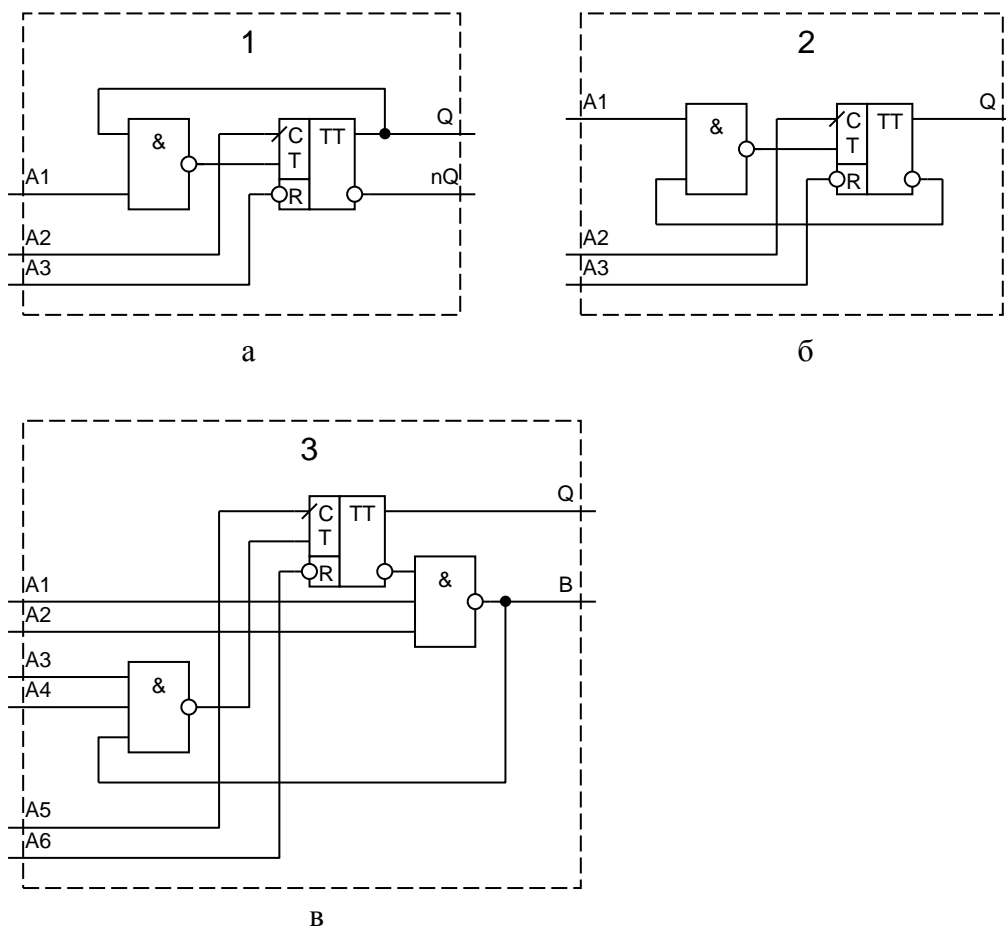


Рисунок 2 – Структурна організація розрядних блоків лічильника:
 а – структурна організація розрядного блоку першого розряду;
 б – структурна організація розрядного блоку другого розряду;
 в – структурна організація розрядних блоків, починаючи з третього

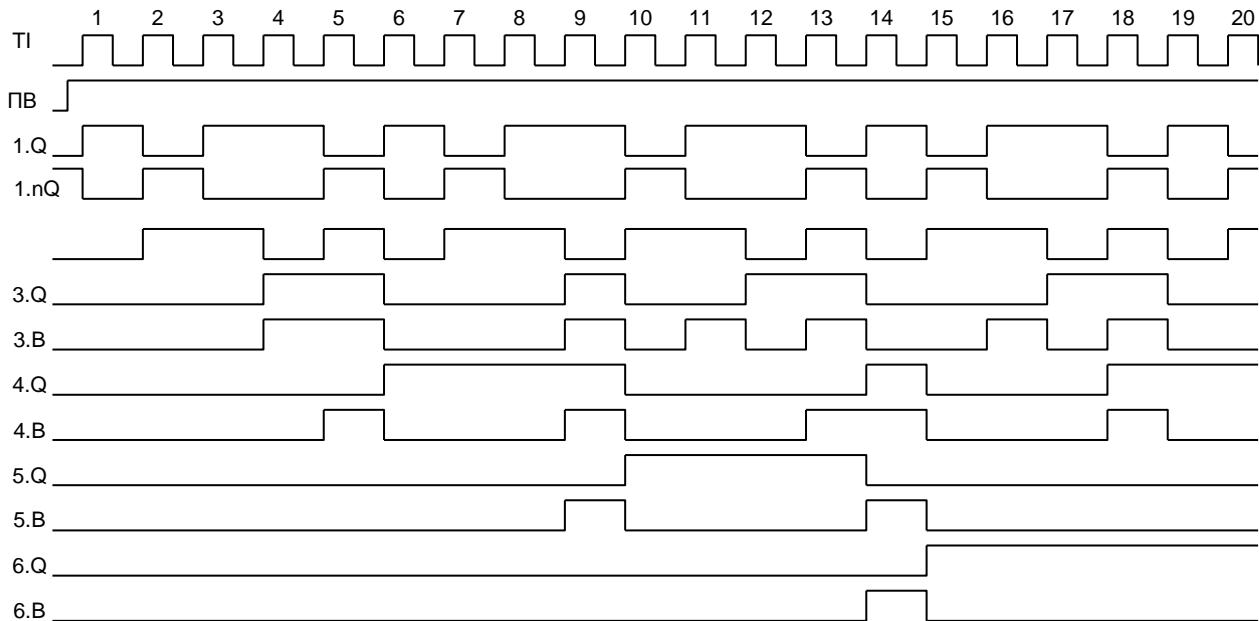


Рисунок 3 – Часові діаграми роботи лічильника

Висновки

1. Запропоновано метод побудови швидкодіючого фібоначчєвого лічильника на основі виконання всіх елементарних згорток на кожному такті.

2. Доведено твердження про максимальну довжину перенесення у швидкодіючому фібоначчєвому лічильнику.

3. Наведено структурну організацію швидкодіючого фібоначчєвого лічильника та його розрядних блоків.

4. Запропонований лічильник має апаратні витрати такі, як відомий лічильник з наскрізним перенесенням, а швидкодію таку, як відомий лічильник з паралельним перенесенням.

5. Наведено часові діаграми роботи лічильника, які пояснюють його роботу та підтверджують працездатність.

Список літератури

1. Комп'ютерна електроніка. Елементи цифрових схем / О. Д. Азаров, В. В. Байко, М. Р. Обертюх // Навчальний посібник / Під загальною редакцією О. Д. Азарова. – Вінниця.: УНІВЕРСУМ-

Вінниця, 2003. – 170с. / МОНУ (Лист №14/18 – 2 – 1696 від 22.10 2003 р.). – 170 с.

2. Мелешко Е. А. Наносекундная электроника в экспериментальной физике. : монография / Е. А. Мелешко. – М. : Энергоатом издат, 1987. – 216 с.

3. Букреев И. Н. Микроэлектронные схемы цифровых устройств. – 4-е изд., переработ. и доп. : монография / И. Н. Букреев, В. И. Горячев, Б. М. Мансуров. – М. : Техносфера, 2009. – 712с.

4. Борисенко А. А. Быстродействующий счетчик импульсов на основе кодов фибоначчи. / А. А. Борисенко, С. М. Мацепко // Вісник СумДУ. Серія "Технічні науки" – 2013. – №3. – С. 88-94.

5. Азаров О. Д. Повнофункціональна побітова потокова арифметика зі зменшеними витратами обладнання. : монографія / О. Д. Азаров, О. І. Черняк. – Вінниця : ВНТУ, 2013. 200с.

Статтю подано до редакції **.04.2014