

АСПЕКТИ РЕВЕРСИВНОЇ ЛІЧБИ У КОДАХ ФІБОНАЧЧІ З УРАХУВАННЯМ ЗНАКІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано особливості режиму реверсивної лічби у кодах Фібоначчі з урахуванням знаків. Запропоновано структурну організацію лічильника, що реалізує даний режим і має високу швидкодію..

Ключові слова: швидкодіючий лічильник, коди Фібоначчі.

Abstract

The peculiarities of the reverse number counting mode in Fibonacci codes are analyzed, taking into account the signs. The structural organization of the counter which implements the given mode and has high speed is offered.

Keywords: fast counter, Fibonacci codes.

Вступ

Фібоначчєві ЦАП, що базуються на використанні фібоначчєвих лічильників, мають високу швидкодію формування складних аналогових сигналів та низький рівень так званих глітчів – завад, які з'являються при перемиканні розрядів ЦАП [1]. Досягнення високої швидкодії лічильників у фібоначчєвій системі числення стало можливим завдяки реалізації перенесення, що виникає під час лічби, шляхом виконання адитивних перетворень, які мають обмежену довжину розповсюдження [2]. Відомо фібоначчєві лічильники, що додають [3] та віднімають [4]. Також відомо реверсивний [5] фібоначчєвий лічильник, що запропонований авторами та може використовуватись в ЦА-перетворенні на основі кодів Фібоначчі. Проте всі вказані лічильники не можуть напряму використовуватись в фібоначчєвих ЦАП, що генерують як додатні, так і від'ємні аналогові сигнали, оскільки вони не реалізують логіку обробки знаку коду.

У даній роботі авторами проаналізовано особливості реверсивної лічби у кодах Фібоначчі з урахуванням знаків та запропонована структурна організація реверсивного фібоначчєвого лічильника, що реалізує зберігання знаку коду, логіку його обробки при перемиканні режимів лічби (пряма або обернена), а також логіку його зміни під час переходу через нульове значення.

Інформаційні аспекти

Організація швидкої реверсивної лічби у кодах Фібоначчі у режимі прямої лічби базується на реалізації перенесення за допомогою елементарного фібоначчєвого адитивного перетворення з перенесенням у старші розряди (EFAL-перетворення), а у режимі оберненої лічби – на реалізації запозичення за допомогою елементарного фібоначчєвого адитивного перетворення з перенесенням у молодші розряди (EFAR-перетворення).

У фібоначчєвій системі числення для кожного i -го розряду φ_i коду виконується співвідношення $\varphi_i = \varphi_{i-1} + \varphi_{i-2}$, де φ_i – i -е число Фібоначчі, що є вагою i -го розряду фібоначчєвого коду. Це дозволяє виконувати для даного розряду елементарні адитивні EFAL та EFAR-перетворення, які є умовними арифметичними операціями. Дані операції є окремим випадком EAL та EAR-перетворень, що описані в [2].

При i -у EFAL-перетворенні ($i > 1$) деякого n -розрядного фібоначчєвого коду M_{i-1}^{n-1} числа M відбувається умовна арифметична операція над i -м, $(i-1)$ -м та $(i-2)$ -м розрядами його коду

де M_i^k – частина коду M_0^{n-1} довжиною в $(k+1)$ розрядів, починаючи з j -го. Тобто, старший i -й розряд даного коду вагою з φ_i збільшується на одиницю, а кожен з двох молодших розрядів – $(i-1)$ -й з вагою φ_{i-1} та $(i-2)$ -й, з вагою φ_{i-2} зменшується на одиницю. При цьому загальне значення всього коду не змінюється, оскільки

$$M + \varphi_{n-i} - \varphi_{n-i-1} - \varphi_{n-i-2} = M.$$

тобто, віднімаються і додаються еквівалентні значення. При цьому відбувається перенесення з двох молодших розрядів у старший. Отже, FAL-перетворення виконує роль перенесення при прямій лічбі.

Аналогічно при i -у EFAR-перетворенні також відбувається умовна арифметична операція над i -м, $(i-1)$ -м та $(i-2)$ -м розрядами коду:

$$EFAR_i(M_0^{n-1}) = \begin{cases} M_0^{n-1} - 1_i^0 + 1_{i-1}^0 + 1_{i-2}^0 & \text{при } M_i^0 = 1 \ (M_{i-1}^0 = 0 \ (M_{i-2}^0 = 0), \\ M_0^{n-1} & \text{при } M_i^0 = 0 \ (M_{i-1}^0 = 1 \ (M_{i-2}^0 = 1). \end{cases}$$

EFAR-перетворення виконує роль запозичення при оберненій лічбі.

Основною відмінністю EFAL- та EFAR-перетворень від перенесень і запозичень є те, що їх можна виконувати раніше, ніж з'явиться переповнення чи від'ємне значення у розрядах. Більш раннє виконання адитивних перетворень призводить до неможливості появи у лічильнику кодів типу 01...1 (всі одиниці після нуля) при прямій лічбі, чи кодів типу 10...0 (всі нулі після одиниці) при оберненій лічбі, оскільки в режимі прямої лічби коду 0111... буде передувати код 0110..., який призведе до виконання відповідного EFAL-перетворення і переходу до коду 1000.... Аналогічно у режимі оберненої лічби коду 1000... буде передувати код 1001..., який призведе до відповідного EFAR-перетворення і переходу до коду 0111... Отже, виконання EFAL- та EFAR-перетворень дозволяє отримувати такі коди сусідніх станів лічильника, які забезпечують коротку довжину перенесення і запозичення при переходах між ними. Це впливає на швидкість лічби, оскільки розповсюдження перенесення є основним чинником, що впливає на час перехідного процесу, що відбувається в лічильнику на кожному такті.

Під час лічби з урахуванням знаку вмісту лічильника існує відмінність між встановленням зовнішнього режиму (додавання чи віднімання) і внутрішнього дійсного режиму роботи лічильника в залежності від знаку його вмісту. Наприклад, при від'ємному вмісті лічильника і встановленні зовнішнього режиму віднімання насправді потрібно виконувати додавання одиниць до його від'ємного значення. Крім того, потрібно постійно у процесі лічби зберігати знак вмісту лічильника. Також даний лічильник матиме зовнішній знак Z_3 , що визначатиме реальний знак вмісту лічильника і внутрішній знак $Z_в$, що впливатиме на встановлення внутрішнього режиму роботи і на зовнішній знак. Позначимо зовнішній режим роботи лічильника через P_3 , реальний внутрішній режим його роботи через $P_в$. Тоді логіка визначення $P_в$ в залежності від P_3 і $Z_в$ буде такою, яка зображена за допомогою діаграми на рисунку 1.

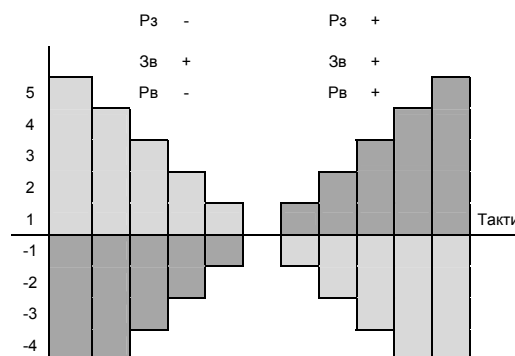




Рисунок 1 – Діаграма зміни режимів роботи реверсивного фібоначчєвого лічильника з урахуванням знаків

Схемотехнічна реалізація

Структурна організація реверсивного фібоначчєвого лічильника базується на використанні запропонованого авторами раніше реверсивного фібоначчєвого лічильника РФЛ з інформаційними виходами [5]. Для зберігання внутрішнього знаку лічильника потрібно мати тригер внутрішнього знаку ТгЗв, в якості якого обрано D-тригер, що працює у лічильному режимі з керуванням по входу синхронізації $C_{ТгЗн}$, на вхід $D_{ТгЗн}$ якого поступає сигнал з його інверсного виходу $\overline{Зв}$. Для забезпечення стабільної роботи тригера використовується стробування сигналу на його вхід $C_{ТгЗн}$ за допомогою інверсного тактового імпульсу ТІ. На вхід R тригера знаку поступає нульовий сигнал $\overline{Пв}$. У відповідності до логіки встановлення внутрішнього режиму роботи лічильника, представлені на рисунку 1, і вказаних особливостей його схемотехнічної реалізації визначимо логічні вирази для формування сигналів. Позначимо сигнали з інформаційних виходів трьох молодших розрядів лічильника як Q1, Q2, Q3. Тоді дані вирази матимуть вигляд

$$D_{ТгЗн} = \overline{Зв},$$

$$C_{ТгЗн} = \overline{ТІ} ((Q1 \vee Q2 \vee Q3) \wedge Pv)$$

$$R_{ТгЗн} = \overline{Пв},$$

$$Зз = (Q1 \vee Q2 \vee Q3) \wedge Зв.$$

Відповідно до представлених виразів схема структурної організації реверсивного фібоначчів-

евого семи-розрядного лічильника з урахуванням знаків має вигляд, зображений на рисунку 2.

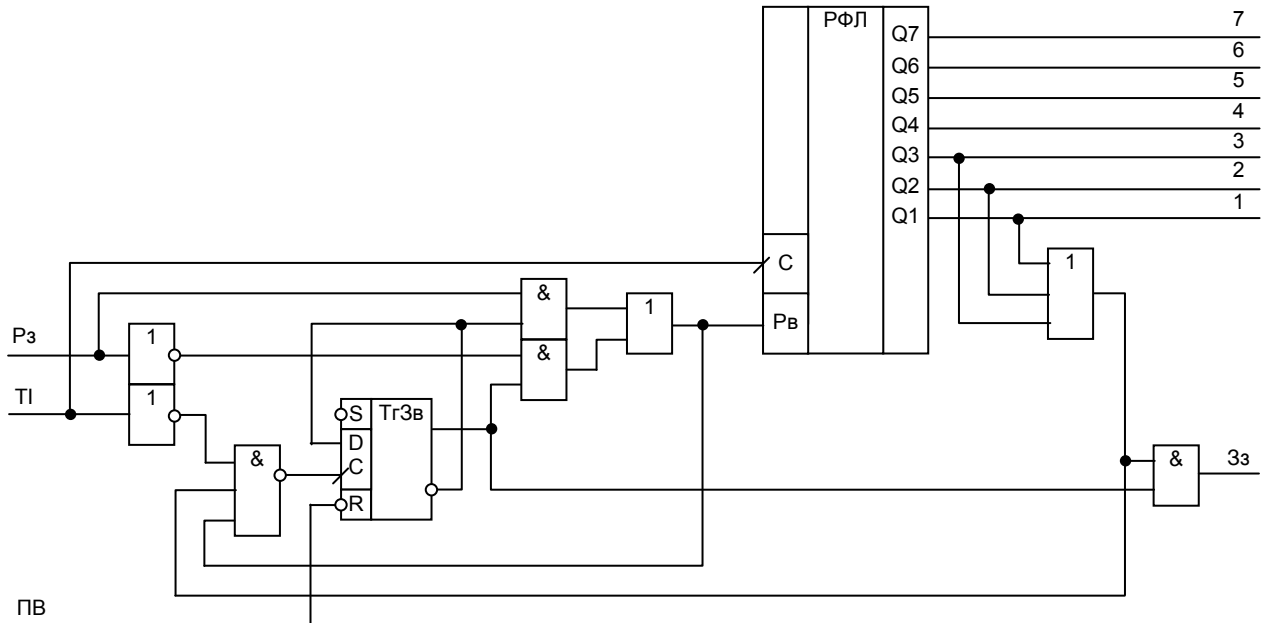


Рисунок 2 – Схема структурної організації реверсивного фібоначчівського лічильника з урахуванням знаків

З метою спрощення сприйняття на даній схемі не показано організацію задання початкового стану лічильника, оскільки вона є тривіальною.

Запропонований лічильник було промодельовано у середовищі ActiveHDL. Результати моделювання підтвердили працездатність лічильника.

Висновки

- Аналіз особливостей лічби у кодах Фібоначчі дозволив запропонувати реверсивний фібоначчівський лічильник з урахуванням знаків на основі раніше запропонованого авторами реверсивного фібоначчівського лічильника та побудувати діаграму встановлення внутрішнього режиму роботи в залежності від внутрішнього знаку і зовнішнього режиму роботи;
- Запропоновано введення додаткового тригера знаку для зберігання внутрішнього знаку;
- Отримано логічні вирази для формування логічних сигналів
- Запропонована структурна організація реверсивного лічильника з урахуванням знаків.
- Розроблений лічильник має високу незалежну від розрядності швидкодію, просту схему керування знаком та лінійне зростання апаратних витрат при нарощуванні розрядності.
- Можливість врахування знаку у лічильнику дозволяє використовувати його напряму у цифро-аналоговому перетворенні при генерації як додатних, так і від'ємних аналогових сигналів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 94085 UA, МПК H03M 1/46. Цифро-аналоговий перетворювач / О. Д. Азаров, О. І. Черняк, С. В. Богомолов, О. Г. Муращенко (Україна). - № u201405694 ; заявл. 26.05.2014 ; опубл. 27.10.2014, Бюл. № 20. - 9 с. : кресл.

2. Азаров О. Д. Повнофункціональна побітова потокова арифметика зі зменшеними витратами обладнання. : монографія / О. Д. Азаров, О. І. Черняк. – Вінниця : ВНТУ, 2013. 200с.
3. Азаров О. Д. Метод побудови швидкодіючих фібоначчєвих лічильників / О. Д. Азаров, О. І. Черняк // Проблеми інформатизації та управління – 2014. – №2(46). – С 5-8.
4. Азаров О. Д. Метод швидкої оберненої лічби з лінійним зростанням апаратних витрат при нарощуванні розрядності / О. Д. Азаров, О. І. Черняк // Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2015. – №2. – С 57-61.
5. Пат. 141386 UA, МПК (2020.01) H03M 7/0. Реверсивний лічильник у фібоначчєвій системі числення / О. Д. Азаров, О. І. Черняк (Україна). - № u201908712 ; заявл. 19.07.2019 ; опубл. 10.04.2020, Бюл. № 7. - 6 с. : кресл.

Азаров Олексій Дмитрович – докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Олександр Іванович Черняк – канд. техн. наук, доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Azarov, Olexiy D. – Doct. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Computer Techniques Chair, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Oleksandr I. Chernyak – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Computer Techniques Chair, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.