

# ІНФОРМАЦІЙНО-СТРУКТУРНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ ШВИДКОДІЮЧИХ РЕВЕРСИВНИХ ФІБОНАЧЧІЄВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Проаналізовано інформаційні аспекти реверсивного фібоначчівського лічильника, що має високу швидкодію і малі витрати обладнання у порівнянні з іншими відомими лічильниками і запропоновано структурну організацію такого лічильника.

**Ключові слова:** швидкодіючий лічильник, витрати обладнання лічильника, коди Фібоначчі.

## Abstract

The information aspects of designing of fast reversible Fibonacci counter which have low equipment expenses in comparison with known counters was analyzed and structural organization of such counter was offered.

**Keywords:** fast counter, equipment expenses of counter, Fibonacci codes.

## Вступ

Використання фібоначчівських ЦАП разом з фібоначчівськими лічильниками забезпечує високу швидкодію формування складних аналогових сигналів та одночасне зменшення так званих глічів – завад, що виникають при перемиканні розрядів у процесі зміни коду [1]. Висока швидкодія досягається малою довжиною розповсюдження перенесення у фібоначчівському лічильнику за рахунок можливості виконання на кожному кроці елементарних адитивних перетворень (ЕА-перетворень) [2]. Авторами було запропоновано фібоначчівський лічильник, що додає [3] та фібоначчівський лічильник, що віднімає [4]. Обидва лічильники мають високу швидкодію і незначні витрати обладнання. Проте просте об'єднання схем цих лічильників у реверсивний призводить до значного збільшення обладнання.

У даній статті з метою зменшення витрат обладнання авторами пропонується швидкодіючий реверсивний лічильник, в якому за рахунок властивостей фібоначчівської системи числення одна і та ж комбінаційна схема використовується як для прямої так і для оберненої лічби.

## Інформаційні аспекти

Побудова швидкодіючого реверсивного лічильника базується на трьох властивостях фібоначчівської системи числення.

1. Можливості реалізації перенесення і запозичення за допомогою ЕА-перетворень.
2. Симетричності визначення умов ЕАЛ- та ЕАР-перетворень.
3. Подібності ЕАЛ- та ЕАР-перетворень.

У фібоначчівській системі числення для будь-якої тріади сусідніх розрядів виконується адитивне співвідношення  $100=011$ . Це дозволяє виконувати над ними ЕАЛ- та ЕАР-перетворення, які є умовними арифметичними операціями і описані в [2]. Елементарне адитивне перетворення з перенесенням у старші розряди (ЕАЛ-перетворення) фібоначчівського коду полягає у відніманні одиниць від двох молодших розрядів тріади і додаванні одиниці у старший розряд даної тріади при умові, що у цій тріаді записано код 011. Значення результату  $EAL_i(A)$ -перетворення деякого фібоначчівського коду  $A$  обчислюється за допомогою виразу

$$EAL_i(A) = A + \varphi_i - \varphi_{n-i-1} - \varphi_{n-i-2} \text{ при } (a_{n-i}=0) \wedge (a_{n-i-1}=1) \wedge (a_{n-i-2}=1),$$

де  $\varphi_i$  – вага  $i$ -го розряду фібоначчівського коду, що є  $i$ -м числом Фібоначчі,  $a_i$  – значення  $i$ -го розряду цього коду. Таке перетворення не змінює число, яке представляє код  $A$ , оскільки віднімаються і додаються еквівалентні значення. В арифметиці віднімання деякого значення від молодших розрядів і додавання еквівалентного йому значення у старші розряди називається перенесенням. Отже, ЕАЛ-перетворення виконує роль перенесення при прямій лічбі.

Аналогічно можна виконувати елементарне адитивне перетворення з перенесенням у молодші розряди (EAR-перетворення) тріади сусідніх розрядів фібоначчівського коду. Таке перетворення полягає у відніманні одиниці від старшого розряду тріади і додаванні одиниць у два молодших її розряди при умові, що у цій тріаді записано код 100. Значення результату  $EAR_i(A)$ -перетворення деякого фібоначчівського коду  $A$  обчислюється за допомогою виразу

$$EAR_i(A) = A - \varphi_{n-i} + \varphi_{n-i-1} + \varphi_{n-i-2} \text{ при } (a_{n-i}=1) \wedge (a_{n-i-1}=0) \wedge (a_{n-i-2}=0).$$

EAR-перетворення виконує роль запозичення при оберненій лічбі.

Основною відмінністю EAL- та EAR-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 01...1 буде передувати код 0110..., який призведе до виконання відповідного EAL-перетворення і переходу до коду 1000.... Аналогічно у режимі оберненої лічби коду 10...0 буде передувати код 1001..., який призведе до відповідного EAR-перетворення і переходу до коду 0111... Отже, перша властивість дозволяє отримувати такі коди сусідніх станів лічильника, які забезпечують коротку довжину перенесення і запозичення при переходах між ними

Друга властивість фібоначчівської системи числення, що полягає у симетричності визначення умов EAL- та EAR-перетворень, дозволяє визначати ці умови за допомогою одних і тих самих логічних елементів. Дійсно, умовою виконання EAL-перетворення є код 011 у тріаді, а умовою виконання EAR-перетворення є обернений йому код 100 у тріаді. Тобто, визначення умови виконання EAR-перетворення реалізується за допомогою тієї самої кон'юнкції, що і визначення умови для EAL-перетворення, якщо проінвертувати сигнали на вході цієї кон'юнкції.

Третя властивість фібоначчівської системи числення, що полягає у подібності виконання EAL- та EAR-перетворень, дозволяє реалізувати ці перетворення за допомогою одних і тих самих елементів. Дійсно, у фібоначчівській системі числення умовою EAL-перетворення є код 011, а результатом є код 100. І навпаки, умовою EAR-перетворення є код 100, а результатом є код 011. Якщо для побудови лічильника використовувати синхронні лічильні тригери, то обидві операції можна реалізувати за допомогою інвертування розрядів у тріадах.

### Структурна організація

Для синтезу схеми лічильника потрібно побудувати таблицю його переходів. Розглянемо приклад роботи семи-розрядного фібоначчівського реверсивного лічильника у режимі прямої і оберненої лічби. Оскільки фібоначчівська система числення є надлишковою, то у ній окремі стани лічильника можна представляти різними кодами. Сусідні коди лічильника повинні бути такими, щоб довжина перенесення при прямій лічбі і довжина запозичення при оберненій лічбі були мінімальними. Для обмеження довжини перенесення при роботі лічильника у режимі прямої лічби потрібно крім додавання одиниці в молодший розряд виконувати всі можливі EAL-перетворення коду. Це унеможливить появу у ньому довгих послідовностей одиниць, через які можливе виникнення перенесення. При роботі реверсивного фібоначчівського лічильника у режимі оберненої лічби потрібно крім віднімання одиниці від молодшого розряду виконувати всі можливі EAR-перетворення коду. Це унеможливить появу у ньому довгих послідовностей нулів після одиниці, через які можливе виникнення запозичення. При зміні режиму лічби з прямого на обернений спочатку у режимі прямої лічби виконується додавання одиниці у молодшому розряді і EAL-перетворення коду, а потім у режимі оберненої лічби виконується віднімання одиниці у молодшому розряді і EAR-перетворення коду, як це показано у таблиці 1, в якій перші 26 тактів виконується пряма лічба (керуючий сигнал  $P=0$ ), а решту тактів виконується обернена лічба (керуючий сигнал  $P=1$ ).

Для цього потрібен логічний елемент, який здійснює керувану інверсію логічного сигналу в залежності від режиму лічби. Таку функцію виконує логічний елемент "ВИКЛЮЧНЕ АБО". Якщо на одному із входів цього елемента (який будемо вважати керуючим) присутній одиничний сигнал, то сигнал, що поступає на інший вхід (який будемо вважати інформаційним) буде проінвертовано на виході. Якщо ж на керуючому вході присутній нульовий сигнал, то інвертування інформаційного сигналу не відбудеться. Отже, виділення умови виконання EAL- та EAR-перетворення у тріаді описується виразом

$$(\bar{Q}_i \oplus P) \wedge (Q_{i-1} \oplus P) \wedge (Q_{i-2} \oplus P),$$

де  $Q_i$  – інверсний вихід тригера старшого розряду тріади,  $Q_{i-1}$ ,  $Q_{i-2}$  – прямі виходи молодших розрядів тріади,  $P$  – режим лічби (0 – пряма лічба, 1 – обернена лічба).

Таблиця 1. Коды послідовних станів лічильника при зміні режиму лічби

P	Код							№ стану	P	Код							№ стану
	Q7	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1			Q7	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	26
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	27
0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	1	0	1	1	0	1	28
0	0	0	0	0	0	1	1	3	1	0	1	0	1	1	0	0	29
0	0	0	0	0	1	0	1	4	1	0	1	0	1	0	1	0	30
0	0	0	0	0	1	1	0	5	1	0	1	0	1	0	0	1	31
0	0	0	0	1	0	0	1	6	1	0	1	0	0	1	1	0	32
0	0	0	0	1	0	1	0	7	1	0	0	1	1	1	0	1	33
0	0	0	0	1	0	1	1	8	1	0	0	1	1	1	0	0	34
0	0	0	0	1	1	0	1	9	1	0	0	1	1	0	1	0	35
0	0	0	1	0	0	1	0	10	1	0	0	1	1	0	0	1	36
0	0	0	1	0	0	1	1	11	1	0	0	1	0	1	1	0	37
0	0	0	1	0	1	0	1	12	1	0	0	1	0	1	0	1	38
0	0	0	1	0	1	1	0	13	1	0	0	1	0	1	0	0	39
0	0	0	1	1	0	0	1	14	1	0	0	1	0	0	1	0	40
0	0	1	0	0	0	1	0	15	1	0	0	0	1	1	0	1	41
0	0	1	0	0	0	1	1	16	1	0	0	0	1	1	0	0	42
0	0	1	0	0	1	0	1	17	1	0	0	0	1	0	1	0	43
0	0	1	0	0	1	1	0	18	1	0	0	0	1	0	0	1	44
0	0	1	0	1	0	0	1	19	1	0	0	0	0	1	1	0	45
0	0	1	0	1	0	1	0	20	1	0	0	0	0	1	0	1	46
0	0	1	0	1	0	1	1	21	1	0	0	0	0	1	0	0	47
0	0	1	0	1	1	0	1	22	1	0	0	0	0	0	1	0	48
0	0	1	1	0	0	1	0	23	1	0	0	0	0	0	0	1	49
0	1	0	0	0	0	1	1	24	1	0	0	0	0	0	0	0	50
0	1	0	0	0	1	0	1	25	1	0	0	0	0	0	0	0	51

Враховуючи описані особливості фібоначчєвої системи числення та переходи станів лічильника, представлених у таблиці 1, і використовуючи синхронні лічильні тригери, можна побудувати комбінаційну частину схеми  $N$ -розрядного швидкодіючого реверсивного фібоначчєвого лічильника за такими логічними виразами:

$$A1_i = P \oplus Q_i \text{ при } 0 \leq i \leq N-2;$$

$$A2_i = P \oplus \bar{Q}_i \text{ при } 1 \leq i \leq N-1;$$

$$B_0 = \overline{A1_0 \wedge A1_1};$$

$$B_1 = \overline{A1_0 \wedge A2_1};$$

$$B_i = \overline{A2_{i-2} \wedge A2_{i-1} \wedge A1_i} \text{ при } 2 \leq i \leq N-1;$$

$$T_0 = B_0 \wedge B_2;$$

$$T_i = \overline{B_{i-2} \wedge B_{i-1} \wedge B_i} \text{ при } 1 \leq i \leq N-3;$$

$$T_{n-2} = \overline{B_{n-2} \wedge B_{n-1}}; T_{n-1} = \overline{B_{n-1}}.$$

На рис. 1 подано схему семи-розрядного лічильника, побудованого за даними виразами. З рисунку видно, що максимальна затримка комбінаційної схеми дорівнює часу переключення трьох логічних

елементів і не залежить від розрядності, а витрати обладнання зростають лінійно при збільшенні розрядності.

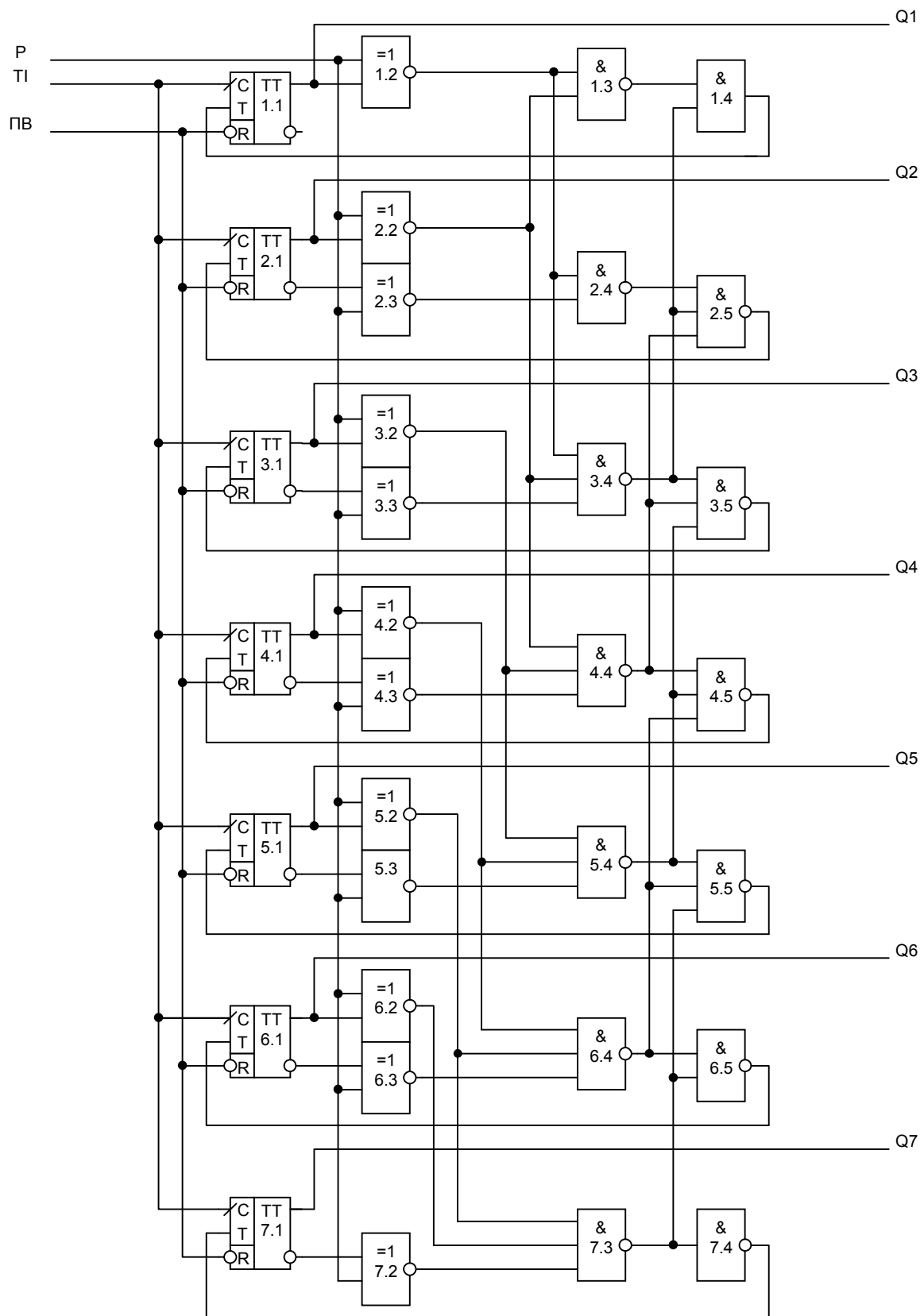


Рис. 1 – Схема семи-розрядного лічильника

Запропонований лічильник був промодельований у середовищі ActiveHDL. Результати моделювання підтвердили працездатність лічильника.

### Висновки

- Аналіз властивостей фібоначчєвої системи числення дозволив виявити можливість використання однієї і тієї ж комбінаційної схеми для організації як прямої, так і оберненої лічби.
- Запропонована структурна організація реверсивного лічильника з використанням лічильних тригерів, яка має однорідну структуру зв'язків і однотипні логічні елементи.
- Розроблений лічильник має високу незалежну від розрядності швидкодію та лінійне зростання апаратних витрат при нарощуванні розрядності.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 94085 UA, МПК Н03М 1/46. Цифро-аналоговий перетворювач / О. Д. Азаров, О. В. Черняк, С. В. Богомолів, 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.

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

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