

УДК 671.327.1.

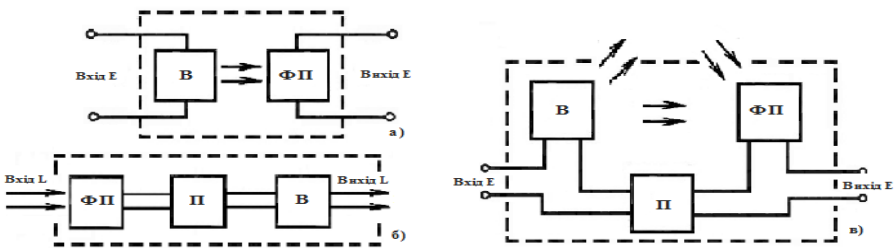
Проскурін М.П.

к.т.н., доц. каф. КСМ НУ «Запорізька політехніка»

## ЕЛЕКТРОННІ І ОПТОЕЛЕКТРОННІ ЛОГІЧНІ СХЕМИ: ПОРІВНЯННЯ ЇХ СХЕМОТЕХНІЧНОЇ ПОБУДОВИ

Відомі переваги сучасних способів оптичного зв'язку (ОЗ) [1] над традиційними (за допомогою дротів) для передавання швидкісних цифрових потоків (ЦП) у вигляді використання: волоконно оптичних каналів (ВОК) і хвилеводів [2] на поверхні підкладок у складі фотонних інтегральних схем (ФІС) [3]; підвищення їх продуктивності за рахунок втілення WDM технологій [4]; оптичної взаємодії об'єктів у космічному середовищі (в разі відповідного розташування їх у полі локації) когерентними джерелами випромінювання [5].

Однак є ще один напрямок, який стосується деяких переваг при створенні і порівнянні схемотехніки логічних схем (ЛС) електронної і оптоелектронної логіки (типу: nАБО, nАБО-НІ; виключне nАБО, nАБО-НІ, ін.), які створюють двійкові бази (відповідно: Пірса і Жегалкіна) і (разом із базами nІ-НІ-nАБО Буля та nІ-НІ Шеффера) лежать в основі побудови комбінаційних схем (КС) - найбільшою складовою частини обчислювальних цифрових пристроїв (ЦП). Щоб зрозуміти про які переваги йде мова, розглянемо типи спрощених моделей оптронів (рис.1 а, б, в), які широко використовуються і складають основу ОЗ.



- а) для електричної (гальванічної) роз'язки; б) з оптичним входом і виходом; в) регенеративний. Символами Е (Electrical) та L (Light) означено їх відповідні входи і виходи, а стрілками – напрям оптичних (L) зв'язків

Рисунок 1 – Типи оптронів.

На рис.1а-в зображено функціональні різновиди оптронів. У склад пристроїв з їх використанням можуть входити додатково електронні, оптичні, оптоелектронні, механічні елементи для виконання заданої функції. Оптичні,

електричні зв'язки мають в них довільний вид (прямі, зворотні, позитивні, негативні, зовнішні, внутрішні, їх комбінації). У оптронів по рис. 1а - входні, вихідні зв'язку електричні, а між випромінювачем (В) і ФП - оптична; по рис. 1б оптичний зв'язок між В та ФП розірваний, але присутній електричний зв'язок. Він може бути використаний, як перетворювач сигналів - оптоелектронний підсилювач спектру (наприклад, некогерентного випромінювання в когерентне або навпаки, ін.). Пристрій по рис. 1в з електричними і оптичними зв'язками носить назву регенеративного оптрона. За рахунок зворотного зв'язку між В і ФП на його ВАХ є ділянки з від'ємним опором (з можливістю часткового або повного відновлення вхідного сигналу, ін.). Різновидом оптрона з малою протяжністю ВОК (0,001...10 мм) є оптопара, функціонально - це елемент гальванічної розв'язки (є оптичний, відсутній – електричний зв'язок між В і ФП, рис. 1.5а).

Розглянемо деякі електронні схеми (на прикладі діодно-резистивної логіки, ДРЛ, елемент пАБО, рис. 2а-в [6] і оптоелектронну (елемент пАБО, рис. 3 [7]), які обидві доповнено інвертором (справа) і формально порівняємо їх схемотехнічні рішення. Додавання інвертора в означені схеми розширює їх до мінімального базису пАБО-НІ (базис Пірса).

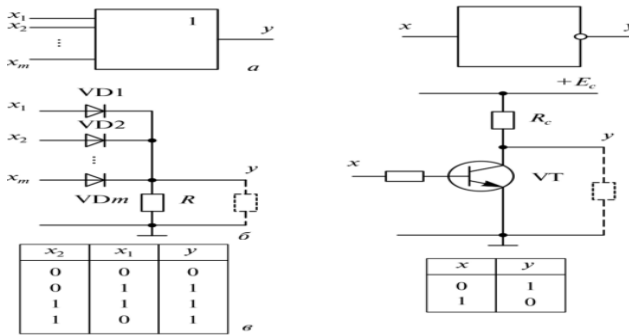


Рисунок 2 - Елемент пАБО-(НІ) на схемі ДРЛ з  $m$  входними діодами. Справа додано інвертор.

Як виходить з порівняння кількості елементів для електронної і оптоелектронної схем, остання має суттєві переваги, бо функція «монтажне пАБО» не потребує активних компонентів (дорівнює нулю) і формується виключно пасивним чином фактично шляхом механічного з'єднання  $Y$ -подібних розгалужувачів. Схема ДРЛ пАБО-(НІ) рис.2 наведена, як приклад і зараз не використовується в цифрових ІС (вхідні 1,2... $m$  діоди замінено на багатоміттерні транзистори, ін.), від чого вона стає ще складнішою.

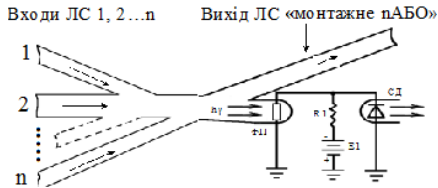


Рисунок 3 – Ескіз оптоелектронної схеми пАБО-(НІ) «монтажне пАБО» (зліва; виконано на Y-подібних розгалужувачах, які з'єднано з одним фотодіодом - ФД). Справа додано інвертор.

Відомий російський вчений, д.т.н., проф. Шустов М.А. (є автором багатьох робіт, печатних видань, підручників, ін. з цифрової схемотехники), останній час приділив увагу саме використанню оптичних зв'язків, оптронів при формуванні як елементарних логічних схем (ЛС), так і деяких типів комбінаційних схем (КС) [8-10]. Порівняльний аналіз їх схемотехнічних якостей з електронними аналогами (по типу наведеного на рис. 2, 3) також вказує на суттєві переваги при використанні оптоелектронних компонентів.

Висновок. Порівняння елементарних КС типу пАБО-(НІ) у вигляді електронного (рис. 2а-в) і оптоелектронного (рис. 3) варіантів вказує на те, що останні можуть бути виконані з меншою кількістю елементів і з'єднань, а частина функціональних електричних зв'язків може бути доповнена/змінена на оптичні. Вказані переваги може бути реалізована при створенні як елементарних ЛС, так і в побудові більш складних КС (шифратори/дешифратори, мультиплексори/демультиплексори, компаратори, ін.). Це пояснюється тим, що крім звичайного «електронного» компонента перетворення/взаємодії сигналів з елементами КС на активних перетворювачах (діоди, транзистори, їх комбінації) і пасивних елементах (резистори, з'єднувальні дроти) до електронної дії додається оптична складова (рис. 1в) і/або їх комбінації (електронна і оптична), що забезпечує меншу кількість елементів у схемах і підвищує їх швидкодію.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1. Функциональные элементы и устройства оптоэлектроники / В.П. Кожемяко, Л.И. Тимченко, Г.Л. Лысенко, Ю.Ф. Кутаев. – Киев: УМК ВО, 1990. – 251 с.
2. Интегральный оптический волновод на основе пористого кремния. / В.П.Бондаренко, В.С.Вариченко, А.М. Дорофеев и др. - Письма в ЖТФ, т.19, в.14, – 1993г., – С.73-76.

3. Технологія Holey Optochip фірми IBM. Режим доступу: [https://researcher.watson.ibm.com/.../view\\_group.php?id=70..](https://researcher.watson.ibm.com/.../view_group.php?id=70..)

4. Технологія Light Peak фірми Intel Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Thunderbolt\\_\(interface\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Thunderbolt_(interface))

5. НАСА: тест космической лазерной связи прошел успешно. Режим доступу: <https://www.osp.ru/news/articles/2014/24/13041668>

6. Логические элементы и логические схемы на транзисторах Режим доступу: [https://studref.com/532624/tehnika/logicheskie\\_elementy\\_logicheskie\\_shemy\\_tranzistorah](https://studref.com/532624/tehnika/logicheskie_elementy_logicheskie_shemy_tranzistorah)

7. Проскурін М.П. Швидкодіючий універсальний оптоелектронний логічний елемент НАБО-НІ типу SUPROSTD / Проскурін М.П, Проскурін В.П., Дериведмідь В.М., декл. патент №32921А, Заявка №98073980; Заявл. 21.07.98; Опубл. 15.02.2001, Бюл.№1.- 4 с.

8. Шустов М.А. Оптоэлектронные элементы «Эквивалентность» и «Эквивалентность-НЕ»/ М.А.Шустов //Ж.Радиолюцман, № 07, 08-2020, – С.50-52.

9. Шустов М.А. Оптоэлектронные логические элементы 3XOR/3XNOR » / М.А.Шустов // Ж. Радиолюцман, № 09, 10-2020, – С.52-53.

10. Шустов М.А. Оптоэлектронный цифровой компаратор и аналитический цифровой компаратор-дешифратор / М.А.Шустов // Ж. Радиолюцман, №11, 12-2020, – С.25-27.

УДК 004.75

Дьячук Т.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>асист. каф. НУ «Запорізька політехніка»

## **НЕВЗАЄМОЗАМІННІ ТОКЕНИ ЯК ЧАСТИНА ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ**

Невзаємозамінні токени (NFT, non-fungible token) [1] — це цифровий сертифікат, який представляє деякий унікальний об'єкт. NFT грає одну з ключових ролей у новій цифровій економіці, заснованій на блокчейні. NFT можуть являти собою власність на цифрові або фізичні активи, будучи різновидом криптографічних токенів. Головна особливість і відмінність в тому, що кожен екземпляр унікальний, має свою ідентифікацію: їх не можна обміняти або замінити іншим аналогічним токеном, хоча зазвичай за своєю природою токени взаємозамінні.

Права на оригінал належать тільки покупцеві NFT, при цьому інші копії все одно можуть вільно циркулювати в інтернеті. Звіти про покупку будь-якого NFT, крім того, що відображають права власності, відстежують його історію: кожен NFT має метадані, які засвідчують, коли він був зроблений, хто його створив та інші параметри. В даний час, коли людина набуває NFT,