

**ОСОЛІНСЬКИЙ О. Р.**Західноукраїнський національний університет  
<https://orcid.org/0000-0002-0136-395X>  
e-mail: [osolinskiy.oleksandr@gmail.com](mailto:osolinskiy.oleksandr@gmail.com)**КОЧАН В. В.**Західноукраїнський національний університет  
<https://orcid.org/0000-0001-8376-4660>  
e-mail: [volodymyr.kochan@gmail.com](mailto:volodymyr.kochan@gmail.com)**САЧЕНКО А. О.**Західноукраїнський національний університет  
<https://orcid.org/0000-0002-0907-3682>  
e-mail: [as@wunu.edu.ua](mailto:as@wunu.edu.ua)**КОЧАН О. В.**Інститут комп'ютерних технологій, автоматики та метрології Національний університет «Львівська політехніка»  
<https://orcid.org/0000-0002-3164-3821>  
e-mail: [orestvk@gmail.com](mailto:orestvk@gmail.com)**КОЧАН Р. В.**Університет Бельсько-Бяла, Польща  
<https://orcid.org/0000-0003-1254-1982>  
e-mail: [orestvk@gmail.com](mailto:orestvk@gmail.com)

## ФОРМУВАЧ ІМПУЛЬСІВ ДОВІЛЬНОЇ ТРИВАЛОСТІ

У даній роботі розглянуто можливість побудови універсального формувача імпульсів на базі елементів ТТЛ (транзисторно-транзисторної логіки), який забезпечує формування імпульсів заданої тривалості у момент поступлення на вхід від'ємного фронту вхідного імпульсу запуску (перепадку від логічної одиниці у логічний нуль).

Ключові слова: формувач імпульсів, імпульси довільної тривалості, транзисторна логіка

Oleksandr OSOLINSKY, Volodymyr KOCHAN, Anatoliy SACHENKO

Western Ukrainian National University  
Orest KOCHANInstitute of Computer Technology, Automation and Metrology Lviv Polytechnic National University  
Roman KOCHAN  
University of Bielsko-Biala: Bielsko-Biala, PL

## ARBITRARY DURATION PULSE SHAPER

This paper considers the possibility of constructing a universal pulse generator based on TTL (transistor-transistor logic) elements, which provides pulses of a given duration at the time of entry to the input of the negative edge of the input start pulse (difference from logical unit to logical zero). The duration of the generated output pulse can be set by the capacitance of one capacitor and does not depend on the duration of the input pulse. A significant advantage of the proposed pulse shaper is the high steepness of both the positive front (difference from logical zero to logical unit) and the negative edge of the generated output pulse (difference from logical unit to logical zero), which depends only on the operation time of logical elements and not depends on the duration of both input (start) and output pulses. This advantage is based on the action of positive feedback at the time of formation of both positive and negative fronts of the output pulse. In this case, the feedback circuits in the formation of positive and negative fronts of the output pulse are different, which does not allow the circuit to switch to self-excitation mode (autogeneration). The advantages of the proposed pulse shaper (high steepness of the fronts with little complication of the circuit compared to the known capacitor pulse shapers) are determined by using the internal structure of the logic elements of the TTL series. This paper also considers the possibility of reducing the capacitance of the capacitor by several tens of times, which determines the duration of long output pulses, due to the introduction of an emitter repeater. The main disadvantage of the proposed pulse shaper is the low temperature and time stability of the duration of the formed output pulse, which is characteristic of all capacitor pulse shapers.

Keywords: pulse shaper, pulses of a given duration, pulse duration, TTL.

### Постановка проблеми у загальному вигляді

#### та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

У багатьох схемах виникає необхідність перетворення тривалості імпульсів, зокрема, формування імпульсів (ФІ) заданої тривалості [1]. Серед цих пристроїв чітко виділяють два класи – ті, які мають забезпечити високу точність і стабільність тривалості формованих імпульсів (0,1% та краще), та ті, до яких така вимога не ставиться. Перші базуються на високо-стабільних генераторах (кварцових або LC [2]) і лічильниках імпульсів, мають складну схему і використовуються доволі рідко. Другі простіші (зазвичай, базуються на RC-ланках) і використовуються значно частіше [3–6]. Особливий клас серед них займають так звані ФІ на логічних елементах (ЛЕ), що часто використовуються у мікроелектроніці. Дана робота присвячена розробці такого ФІ на ЛЕ, який краще за інші поєднує основні параметри ФІ.

### Аналіз схемотехніки формувачів імпульсів на логічних елементах

До ФІ, зазвичай, ставляться вимоги простоти схеми (використання якомога меншої кількості ЛЕ та інших деталей), універсальності (можливості формування імпульсів у широкому діапазоні тривалості) та крутизни фронтів. Існує безліч схем ФІ [1, 3–7], кожна з яких має свої особливості та недоліки.

Вузька спеціалізація більшості ФІ [3–7] проявляється у тому, що вони формують або короткі імпульси (тривалість яких менша тривалості вхідного імпульсу) або довгі імпульси (тривалість яких більша тривалості вхідного імпульсу). Для усунення цього недоліку на вході деяких ФІ ставлять диференціюючу RC ланку, яка скорочує вхідний імпульс [7]. Тоді підключений до її виходу ФІ має змогу формувати лише довгі імпульси (порівняно із вихідними імпульсами диференціюючої RC ланки).

Спільним для переважної більшості схем ФІ є значне зниження крутизни фронтів імпульсів (перепад з логічного нуля у логічну одиницю, або з логічної одиниці у логічний нуль), особливо при збільшенні тривалості формованих імпульсів. Аналіз показує, що це пов'язано із тим, що у ФІ, які базуються на RC-ланках, ЛЕ працюють не у штатному режимі, а у режимі аналогового підсилювача. Але найчастіше використовувані ЛЕ, що відносяться до ТТЛ [8] або КМОН логіки, у такому режимі мають відносно малі коефіцієнт підсилення та максимальний вихідний струм, що затягує перезаряд конденсатора великої ємності. Часом, для підвищення крутизни фронтів, використовують елементи з гістерезисом або тригери [5], але такі ФІ рідко використовують у електронних схемах, виконаних на ЛЕ.

Серед інших високою крутизною фронтів відзначається схема ФІ, описана у [7], де для підвищення крутизни фронтів імпульсів на виході ФІ використано додатний зворотній зв'язок. У цьому ФІ ЛЕ по суті формують RS тригер (див. [7], рис. 6.30а), тому крутизна фронтів формованих імпульсів висока. Недоліком цього ФІ є те, що він, при дії завад невеликої амплітуди, має схильність переходити у режим самозбудження. Адже другий ЛЕ І-НІ у ньому, під дією підключеного до входу резистора, переходить у режим підсилювача. А два ЛЕ, що входять у цей ФІ, створюють підсилювальну систему із 100%-ним додатним зворотним зв'язком. Тільки при великих рівнях сигналу ЛЕ працюють штатно. При малих рівнях сигналу (наприклад, під дією завад) ФІ переходить у режим генерації коливаний малої амплітуди і перестає формувати потрібні імпульси.

Метою даної статті є розроблення на базі ЛЕ ТТЛ [8] логіки ФІ довільної тривалості, який у всіх випадках має мінімальну для даної серії ЛЕ тривалість фронтів формованих імпульсів.

### Схема пропонованого формувача імпульсів довільної тривалості

Для забезпечення мінімальної тривалості фронтів формованих імпульсів необхідно, аналогічно до описаного у [7], використати додатний зворотний зв'язок. Однак для усунення можливості переходу у режим генерації треба розділити кола додатного зворотного зв'язку, які формують різні фронти (перепади від логічного нуля у логічну одиницю та від логічної одиниці у логічний нуль).

Схема, яка реалізує пропонований принцип роботи, подана на рис. 1. Вона містить чотири двохвходові ЛЕ І-НІ, вхідний ФІ (С1, R1), що скорочує вхідний імпульс, та задаючу тривалість вихідного імпульсу ланку С2, R2. На рис. 2 подано діаграми, які пояснюють роботу схеми, поданої на рис. 1. Для узгодження рис. 1 і 2 на рис. 1 позначено точки А ... Е, а на рис. 2 цим точкам відповідають часові діаграми імпульсів.

Для того, щоби робота

пропонованого ФІ не залежала від тривалості вхідних імпульсів застосовано ФІ коротких імпульсів R1C1 на вході ЛЕ D1 (див. рис. 1). Як показано на рис. 2, прямокутний вхідний імпульс цей ФІ (див. точку А) перетворює у короткий імпульс, який перекидає RS тригер на ЛЕ D1, D2. Тоді на виході D1, D2 (див. точки В і С) появляться логічні нуль та одиниця відповідно.

Через те, що перепад напруги з логічної одиниці у логічний нуль у точці В передався через конденсатор С2 у точку D, на виході ЛЕ D3 (точка Е) зберігається логічна одиниця. Конденсатор С2 починає заряджатися вхідним струмом ЛЕ D3. Після того, як напруга у точці D досягне напруги спрацювання ЛЕ D3, на його виході (точка Е) появиться логічний нуль. Цей логічний нуль поверне RS тригер на ЛЕ D1, D2 у початковий стан, на його виходах (точки В і С) появляться логічні одиниця і нуль відповідно. Логічний нуль на виході ЛЕ D1 поверне на виході ЛЕ D3 логічну одиницю. Схема повернулася у початковий стан. Вихідний інвертор D4 усуває вплив навантаження та завад на перехідний процес заряду конденсатора С2. Як видно з фіг. 2, перехідний процес у диференціюючій ланці R1C1 (див. точку А) на момент закінчення формованого імпульсу (див. точку В) ще не скінчився. Але видно, що це не впливає на роботу схеми.

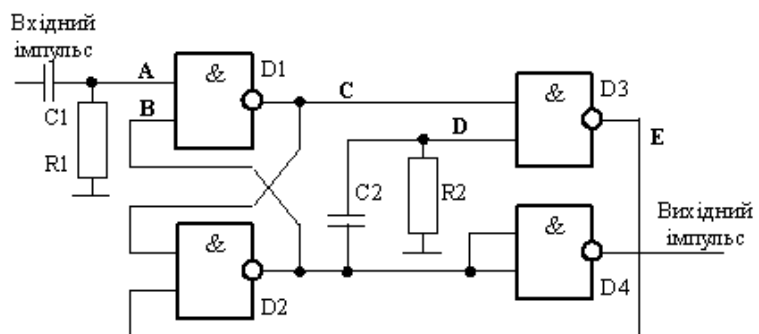


Рис. 1. Схема пропонованого формувача імпульсів довільної тривалості

Велика крутизна переднього фронту вихідного імпульсу (перепаду з логічного нуля у логічну одиницю) забезпечується дією додатного зворотного зв'язку при перекиданні тригера на ЛЕ D1, D2. Велика крутизна заднього фронту (перепаду з логічної одиниці у логічний нуль) вихідного імпульсу забезпечується дією додатного зворотного зв'язку при перекиданні ЛЕ D2, D3 через ланку C2, R2.

Недоліком ФІ, виконаного по схемі рис. 1 є необхідність використання конденсаторів великої ємності при необхідності формування імпульсів великої тривалості. Зменшити необхідну ємність у декілька десятків разів можна за допомогою емітерного повторювача, як це показано на рис. 3. На рис. 4 подано діаграми, які пояснюють роботу схеми, поданої на рис. 3.

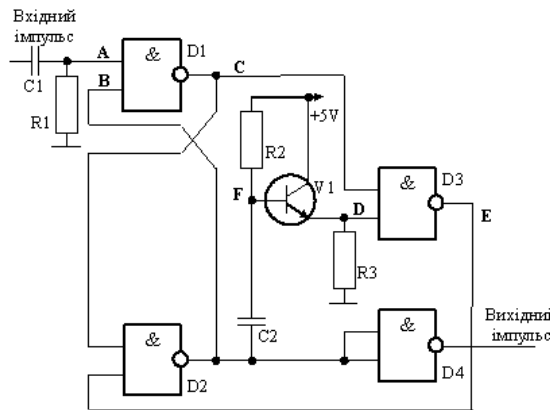


Рис. 3. Варіант схеми пропонованого формувача імпульсів адаптований для формування імпульсів великої тривалості

Різниця у тому, що заряд конденсатора C2 визначається резистором R2, струм через який визначається струмом бази транзистора V1. А струм бази у декілька десятків разів менший за вхідний струм елементів ТТЛ. Тому ємність конденсатора можна відповідно зменшити.

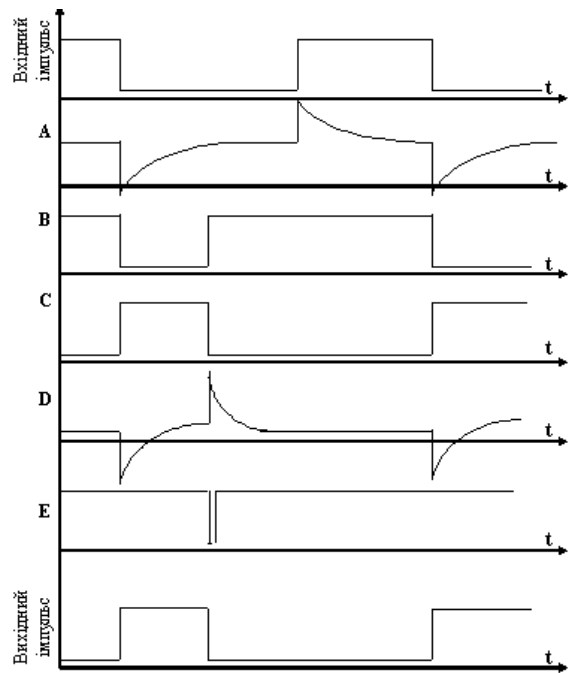


Рис. 2. Діаграми роботи пропонованого формувача імпульсів довільної тривалості

На рис. 3 позначено точки А ... F, а на рис. 4 цим точкам відповідають часові діаграми імпульсів. Для зменшення необхідної для формування довгих імпульсів ємності конденсатора у розрив ланки R2C2 (див. рис. 1) введено транзистор (див. рис. 3). Як видно з рис. 2 і рис. 4, робота схеми, поданої на рис. 3 практично ідентична роботі схеми, поданої на рис. 1.

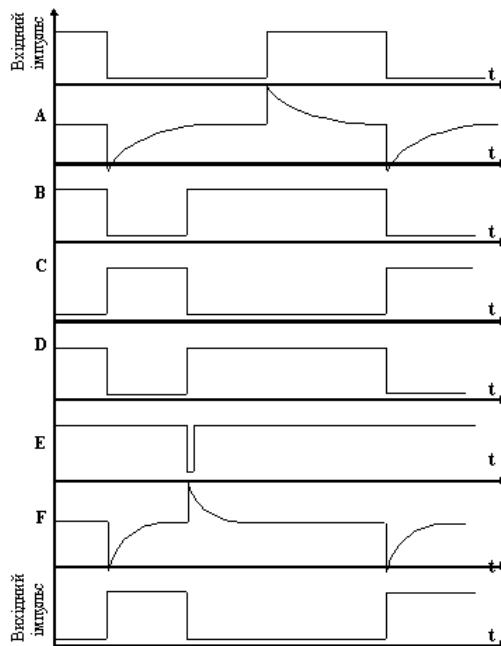


Рис. 4. Діаграми роботи формувача імпульсів великої тривалості

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

Описаний ФІ використовує особливості схемотехніки елементів ТТЛ – якщо на одному вході ЛЕ ТТЛ (верхній вхід ЛЕ D3, точка С на рис. 1) є логічний нуль, то на інших входах цього ЛЕ (нижній вхід ЛЕ

D3, точка D на рис. 1) вхідний струм рівний нулю. Тому при появі логічної одиниці на верхньому вході ЛЕ D3, точка C (див. рис. 1) на нижньому вході ЛЕ D3, точка D, залишається логічний нуль (конденсатор C2 зберігає напругу незмінною). Тому у цьому ФІ при формуванні переднього і заднього фронтів імпульсу діє додатній зворотний зв'язок, а значить вихідні імпульси, які формує ФІ, мають круті fronti. Тривалість обох фронтів сумірна з часом спрацювання одного ЛЕ. При цьому тривалість фронтів не залежить від тривалості формованого імпульсу. Таким чином пропонований ФІ нескладний і використовує недорогі доступні елементи. При цьому він може формувати як дуже короткі, так і довгі імпульси. Переваги пропонованого ФІ, його універсальність (можливість формувати імпульси довільної тривалості) і велика крутизна фронтів, дають змогу успішно використовувати його у різноманітних схемах цифрової техніки на базі ЛЕ.

### Література

1. Імпульсна техніка. Гол. редкол. : І.М. Дзюба, А.І. Жуковський, М.Г. Железняк та ін. Енциклопедія Сучасної України. НАН України, НТШ. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАНУ, 2006. URL: [http://esu.com.ua/search\\_articles.php?id=13282](http://esu.com.ua/search_articles.php?id=13282).
2. Швецький Б.И. Электронные цифровые приборы. Киев : Техніка, 1981.
3. Формирователи импульсов. URL: <https://kit-e.ru/circuit/formirovateli-impulsov/>
4. Формирователи импульсов по фронту сигнала. URL: [http://www.gelezo.com/ttl\\_kmp/640000/640006/formirovateli\\_impulsov\\_po\\_frontu\\_signala.html](http://www.gelezo.com/ttl_kmp/640000/640006/formirovateli_impulsov_po_frontu_signala.html)
5. Одновибраторы на D-триггерах. URL: [http://zpostbox.ru/odnovibratory\\_na\\_d-triggerakh.html](http://zpostbox.ru/odnovibratory_na_d-triggerakh.html)
6. Формирователи импульсов. URL: <https://helpiks.org/4-15363.html>
7. Готра, З. Ю., Паскур, П. П., Матвиив, В. И. & Хромьяк И. Я. (1984). Справочник регулировщика радиоэлектронной аппаратуры. Львов : Издательство «Камењар».
8. Транзисторно-транзисторная логика. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. URL: <https://cutt.ly/2n1QxWG>.

### References

1. Impulsna tekhnika. Hol. redkol. : I.M. Dziuba, A.I. Zhukovskiy, M.H. Zhelezniak ta in. Entsyklopediia Suchasnoi Ukrainy. NAN Ukrainy, NTSh. Kyiv : Instytut entsyklopedychnykh doslidzhen NANU, 2006. URL: [http://esu.com.ua/search\\_articles.php?id=13282](http://esu.com.ua/search_articles.php?id=13282).
2. Shveckij B.I. Jelektronnye cifrovye pribory. Kiev : Tehnika, 1981.
3. Formirovateli impul'sov. URL: <https://kit-e.ru/circuit/formirovateli-impulsov/>
4. Formirovateli impul'sov po frontu signala. URL: [http://www.gelezo.com/ttl\\_kmp/640000/640006/formirovateli\\_impulsov\\_po\\_frontu\\_signala.html](http://www.gelezo.com/ttl_kmp/640000/640006/formirovateli_impulsov_po_frontu_signala.html)
5. Odnovibratory na D-triggerah. URL: [http://zpostbox.ru/odnovibratory\\_na\\_d-triggerakh.html](http://zpostbox.ru/odnovibratory_na_d-triggerakh.html)
6. Formirovateli impul'sov. URL: <https://helpiks.org/4-15363.html>
7. Gotra, Z. Ju., Paskur, P. P., Matviiv, V. I. & Hromjak I. Ja. (1984). Spravochnik regulirovshhika radiojelektronnoj apparatury. L'vov : Izdatel'stvo «Kamenjar».
8. Tranzistorno-tranzistornaja logika. Material iz Vikipedii – svobodnoj jenciklopedii. URL: <https://cutt.ly/2n1QxWG>.