

Й. Й. Білинський¹
В. П. Стахов¹
О. О. Лазарев¹

ПАСИВНИЙ РАДІОЧАСТОТНИЙ МОНОІМІТАНСНИЙ ПЕРЕДАВАЧ

¹Вінницький національний технічний університет

Запропоновано та досліджено схему пасивного радіочастотного моноімітансного передавача, що виконує перетворення вхідного інформаційного імітансного логічного сигналу у вихідний радіочастотний сигнал. Особливістю схеми є відсутність внутрішнього джерела живлення, що робить її пасивною та енергоефективною. Цей передавач дозволяє розв'язати задачу узгодження імітансних логічних схем та інтелектуальних сенсорів на їх основі з існуючими радіотехнічними системами збирання та обробки інформації.

Ключові слова: імітансна логіка, радіочастотний передавач, помноження частоти.

Вступ

Системи, побудовані на бінарній логіці, де як інформаційний параметр використовуються імпульси напруги, є найпоширенішим типом обчислювальних систем. Але актуальною тенденцією сучасності є розвиток обчислювальних систем з альтернативними інформаційними параметрами. Одним з таких напрямків є імітансна логіка, до якої входять моноімітансні логічні елементи та схеми. На сьогодні розроблені на базі відрізків лінії передачі моноімітансні логічні R-елементи «НІ», «АБО» та «І» [1], які є базисом для побудови всіх інших елементів і таких схем як моноімітансні суматори, напівсуматори, суматори по модулю 2 тощо [2], що використовують як інформаційний параметр активний опір. Широкого застосування набули радіочастотні інтелектуальні датчики, які використовують елементи обчислювальної техніки. Для виконання логічних операцій або обчислень датчик, зазвичай, містить активний обчислювальний елемент, який вимагає споживання енергії. Тому актуальним завданням залишається побудова ефективних радіочастотних інтелектуальних датчиків, які не споживають енергії, тобто є пасивними й при цьому можуть виконувати деякі логічні операції [3].

Перспективним напрямком для створення інтелектуальних радіочастотних датчиків є використання пасивних моноімітансних логічних елементів для попередньої обробки інформації. Це дозволяє покращити технічні показники систем дистанційного контролю стану об'єктів та інформаційно-вимірювальних систем, так як пасивні імітансні логічні елементи не потребують внутрішніх джерел живлення, що підвищує енергоефективність. Імітансні логічні елементи мають високу завадозахищеність, так як в якості інформаційного параметра використовують імітанс кола без прив'язки до його кількісного значення. Пасивні імітансні логічні елементи мають високу швидкодію, так як не використовують активні елементи (транзистори) та в них відсутні перехідні процеси перемикання активних елементів. Але при цьому виникає задача передачі інформаційного імітансного сигналу на відстань та узгодження з існуючими радіочастотними системами збирання та обробки інформації. Цю задачу виконує пристрій перетворення імітансу в радіочастотний сигнал.

Метою роботи є розробка схеми пасивного радіочастотного передавача для моноімітансної логіки, що перетворює активний опір у радіочастотний сигнал і призначений для роботи з моноімітансними логічними схемами.

Результати дослідження

Для передачі інформаційного параметра на відстань необхідно виконати перетворення активного опору у радіочастотний сигнал. При цьому необхідно здійснити частотний розподіл вхідних і

вихідних сигналів. Для розв'язання цієї задачі запропонована структурна схема радіочастотного моноімітансного передавача, яка показана на рис. 1.

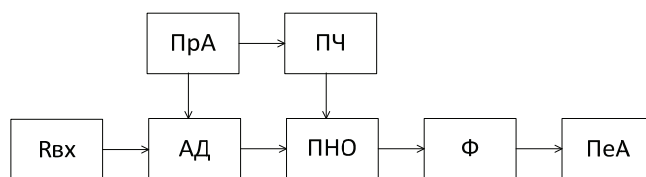


Рис. 1. Структурна схема радіочастотного моноімітансного передавача

Схема радіочастотного моноімітансного передавача містить приймальну антену (ПрА), амплітудний детектор (АД), перетворювач напруги в опір (ПНО), фільтр (Ф), помножувач частоти (ПЧ) і передавальну антену (ПеА). Така схема може працювати з моноімітансними логічними елементами або схемами, які використовують активний опір як інформаційний параметр, при підключенні їх до вхідних клем амплітудного детектора.

В схемі для передачі інформаційного сигналу використовується імпульсна амплітудна модуляція. Найявність радіочастотного сигналу на виході за логічного «0» на вході та відсутність радіочастотного сигналу на виході за логічної «1» на вході. Функції модулятора виконує вхідний імітанс схеми $R_{вх}$, амплітудний детектор (АД) та перетворювач напруга-опір (ПНО).

Пристрій працює таким чином. Вхідний радіочастотний сигнал частотою 1 ГГц приймається приймальною антеною ПрА та подається на амплітудний детектор АД і помножувач частоти ПЧ. На виході ПЧ з'являється радіочастотний сигнал частотою 2 ГГц, що подається на перетворювач напруга-опір ПНО. На амплітудний детектор АД надходить вхідний інформаційний імітансний сигнал у вигляді активного опору $R_{вх}$. Логічному «0» відповідає мале значення опору (0...20 Ом), логічній «1» відповідає велике значення опору (80...300 Ом). Сигнал з АД надходить на ПНО, де перетворюється в опір, що навантажує схему ПЧ. Таким чином за наявності логічного «0» на вході пристрою, вихідний опір ПНО буде великим, радіочастотний сигнал частотою 2 ГГц з ПЧ буде надходити в передавальну антену ПеА через фільтр Ф, що відфільтрує інші гармоніки. За наявності логічної «1» на вході пристрою, вихідний опір ПНО буде малим, радіочастотний сигнал частотою 2 ГГц з ПЧ не буде надходити в передавальну антену ПеА. Таким чином реалізується амплітудна імпульсна модуляція радіочастотного сигналу вхідним інформаційним імітансним сигналом.

Варіант можливої схемотехнічної реалізації радіочастотного моноімітансного передавача показано на рис. 2.

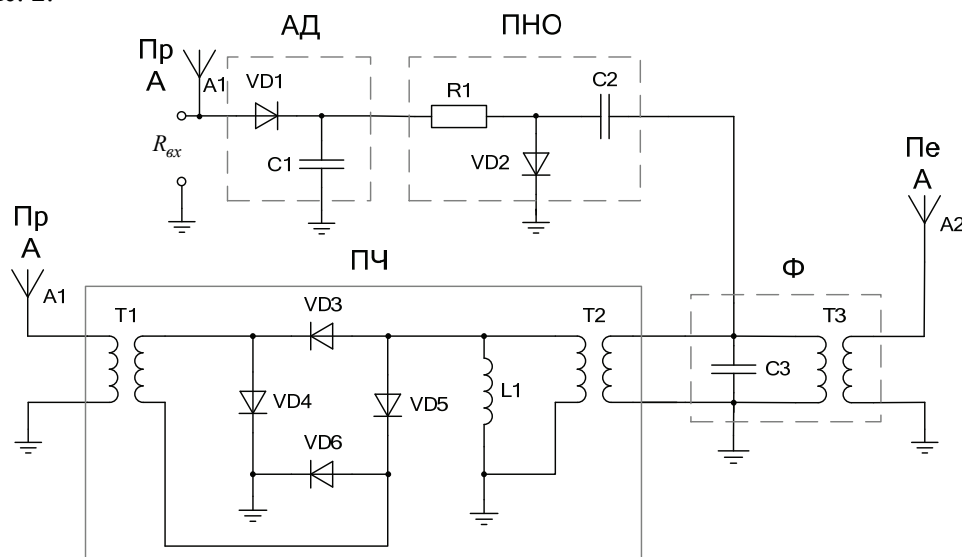


Рис. 2. Схема радіочастотного моноімітансного передавача

Як джерело живлення використовується вхідний сигнал з приймальної антени, яка приймає синусоїдальний сигнал певної частоти від джерела. Це означає, що схему можна вважати пасивною. Для прикладу, розглянемо роботу схеми, налаштовану на частоту вхідного синусоїдального сигналу 1 ГГц і амплітудою 3 В.

Амплітуда сигналу 3 В частотою 1 ГГц використовувалася у комп'ютерному моделюванні для наочності ілюстрації роботи схеми. В реальних схемах планується робота зі значно меншою напругою з амплітудою 300...500 мВ та використанням діодів Шоттки, що мають напругу у відкритому стані близько 150...300 мВ, або з використанням обернених діодів, що дозволить працювати з вхідними напругами від 0 до 300 мВ.

Амплітудний детектор слугує для детектування стоячої хвилі, яку перетворює у постійну напругу. Як діод VD1 для пропускання півхвиль однієї полярності може бути використаний будь-який височастотний випрямляючий діод з малою ємністю р-п переходу. Номінал згладжувального конденсатора С1 вибирається з урахуванням постійної часу τ . Вхідний імітансний сигнал, яким є активний опір $R_{вх}$, подається на катод діода VD1 амплітудного детектора, що перетворює його в значення амплітуди сигналу напруги на виході. Таким чином, амплітудний детектор може виконувати функцію перетворення активного опору у постійну напругу. В роботі за допомогою пакета AWR Microwave Office проведено комп'ютерне моделювання залежності постійної напруги на виході амплітудного детектора від вхідного активного опору (рис. 3).

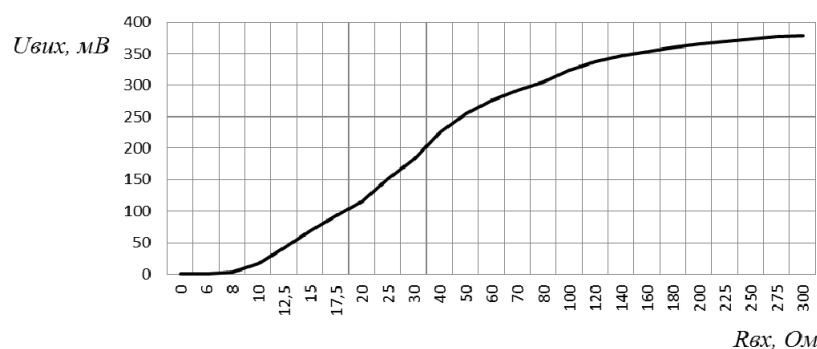


Рис. 3. Залежність вихідної напруги АД від вхідного опору

Як видно з графіка амплітудний детектор виконує роль перетворювача активного опору у постійну напругу.

Робота схеми перетворювача постійної напруги в активний опір [4] базується на властивості р-і-п діода VD2 змінювати свій опір залежно від постійної складової струму чи зворотної напруги. Резистор R1 слугує для обмеження струму, конденсатор С2 виконує функцію розділового конденсатора. Графік залежності вихідного активного опору перетворювача від активного опору на вхідних клеммах амплітудного детектора показано на рис. 4.

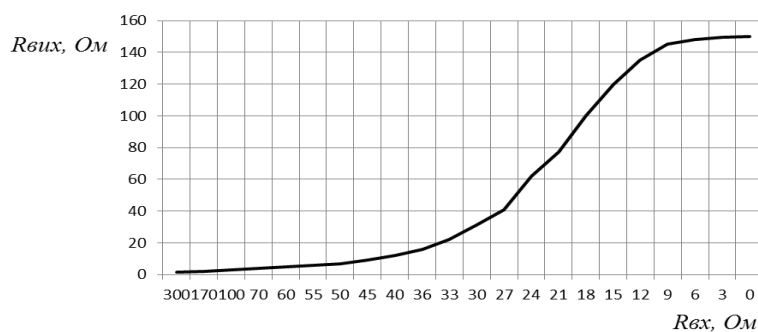


Рис. 4. Залежність вихідного опору ПНО від вхідного опору АД

З отриманої залежності випливає, що у разі подвійного перетворення інформаційного сигналу різниця між логічними рівнями «0» і «1» збереглася, але відбулася їх інверсія.

Помножувач частоти утворює другу гармоніку синусоїдального сигналу, який надходить на антену, для подальшої її передачі як інформаційний сигнал на приймач. Пульсації з подвоєною частотою утворюються за допомогою використання діодного мосту VD3—VD6. Ці пульсації наближено можуть розглядатися як синусоїдальний сигнал. Трансформатор T2 узгоджує опір помножувача частоти з іншими частинами схеми радіочастотного передавача.

Фільтр, що налаштований на частоту 2ГГц, пропускає сигнал цієї частоти на вихід та послаблює сигнали інших гармонік з ПЧ. Для узгодження схеми фільтра і передавального пристрою використаний трансформатор T3.

Антенна А2 слугує для передавання вихідного радіочастотного сигналу.

Таким чином, в результаті моделювання схеми радіочастотного моноімітансного передавача у програмі AWR Microwave Office отримано графік залежності вихідної напруги схеми $U_{вих2}$ від вхідного опору $R_{вх}$, показаний на рис. 5.

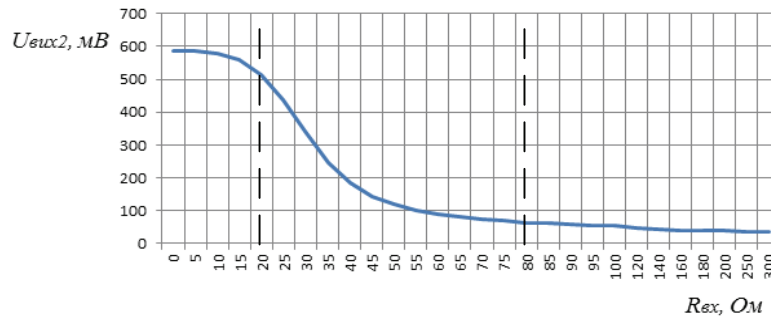


Рис. 5. Залежність вихідної напруги радіочастотного передавача від вхідного активного опору

З графіка випливає, що за умови знаходження вхідного опору в діапазоні 0...20 Ом маємо на виході схеми напругу більше 500 мВ, а за умови вхідного опору в діапазоні 80...300 Ом вихідна напруга має значення менше 100 мВ. Ці два стани можуть бути представлені у цифровому вигляді як логічні «0» і «1». При цьому значення логічних рівнів радіочастотного передавача збігаються з логічними рівнями моноімітансної логіки [2].

Схема розраховувалась для вхідної частоти 1 ГГц і вихідної частоти 2 ГГц та амплітуди напруги вхідного сигналу 3 В. Для малопотужних вхідних сигналів у схемі можуть бути використані діоди Шоттки або обернені діоди, а зі збільшенням частоти компоненти схеми можуть бути виконані у вигляді мікрополоскових ліній.

Моделювання у AWR Microwave Office показало, що ККД за потужністю запропонованої схеми радіочастотного моноімітансного передавача складає 4,7 %, що достатньо для його правильного функціонування. При цьому рівень вихідної напруги може бути підвищений за допомогою трансформатора ТЗ. Для підвищення ККД можуть бути використані інші схеми помножувачів частоти, наприклад помножувач частоти на варікапі [5].

Висновки

Запропоновано схему пасивного радіочастотного моноімітансного передавача, призначеного для роботи з моноімітансними логічними схемами. Вхідним інформаційним параметром передавача є активний опір в діапазонах (0...20) Ом та (80...300) Ом, що відповідають логічним рівням «0» і «1». Вихідним інформаційним параметром є амплітуда синусоїдального сигналу частотою 2 ГГц.

Проведено моделювання роботи схеми пасивного радіочастотного моноімітансного передавача, в результаті якого отримано залежність вихідної напруги від вхідного опору та розраховано коефіцієнт корисної дії схеми за потужністю, який дорівнює 4,7 %. Для моделювання використовувався вхідний синусоїдальний сигнал частотою 1 ГГц та амплітудою 3 В. Для обробки малопотужних сигналів необхідно використовувати діоди Шоттки або обернені діоди.

На цьому етапі досліджень проведені комп'ютерні моделювання, що підтвердили доцільність та можливість технічної реалізації запропонованого пристрою. Експериментальні дослідження та врахування впливу дестабілізуювальних факторів будуть наступним етапом досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моноиммитансные логические RLC-элементы / [Н. А. Филинюк, Л. Б. Лищинская, Е. В. Войцеховская, В. П. Стахов] // Вісник Хмельницького національного університету. — 2015. — № 3. — С. 117—121.
2. Иммитансные логические элементы и устройства : монография / [Н. А. Филинюк, Л. Б. Лищинская, А. А. Лазарев и др.] ; под общей ред. Н. А. Филинюка. — Винница : ВНТУ, 2016. — 188 с. — ISBN 978-966-641-680-6.
3. Электронная идентификация. Бесконтактные электронные идентификаторы и смарт-карты / В. Л. Дшхунян, В. Ф. Шаньгин. — М. : ООО «Издательство АСТ»; Издательство «НТ Пресс», 2004. — 695 с.: ил. — ISBN 5-17-026327-9.
4. Моноімітансні перетворювачі напруги / [Н. А. Филинюк, Л. Б. Лищинская, Е. В. Войцеховская, С. Е. Фурса та ін.] // Сучасні інформаційні та електронні технології : Міжнародна наук.-практ. конф., 25—29 травня 2015 р., Одеса. — С. 113—114.
5. Ризкин И. Ч. Умножители и делители частоты / И. Ч. Ризкин. — М. : Связь, 1976. — 328 с.

Білинський Йосип Йосипович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри електроніки та наносистем;
Стахов Володимир Петрович — аспірант кафедри електроніки та наносистем, e-mail: vladstakhov@mail.ru ;
Лазарєв Олександр Олександрович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електроніки та наносистем.
 Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Yo. Yo. Bilynskiy¹
V. P. Stakhov¹
O. O. Lazarev¹

Passive Radio Frequency Monoimmittance Transmitter

¹Vinnytsia National Technical University

A scheme of a passive RF monoimmittance transmitter that performs the transformation of the input information immittance logic signal into an output RF signal has been proposed and studied. The advantage of the scheme is the lack of an internal power source, which makes it passive and contributes to improving energy efficiency. This transmitter allows to solve the problem of matching of the immittance logic circuits and intelligent sensors on their basis with the existing radio-technical systems for data collection and processing.

Keywords: immittance logic, radio frequency transmitter, frequency multiplication.

Bilynskiy Yosyp Yo. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Electronics and Nanosystems;
Stakhov Volodymyr P. — Post-Graduate Student of the Chair of Electronics and Nanosystems, e-mail: vladstakhov@mail.ru ;
Lazarev Oleksandr O. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Electronics and Nanosystems

И. И. Билинский¹
В. П. Стахов¹
А. А. Лазарев¹

Пассивный радиочастотный моноиммитансный передатчик

¹Винницкий национальный технический университет

Предложена и исследована схема пассивного радиочастотного моноиммитансного передатчика, который выполняет преобразование входного информационного иммитансного логического сигнала в выходной радиочастотный сигнал. Особенностью схемы является отсутствие внутреннего источника питания, что делает ее пассивной и энергоэффективной. Такой передатчик позволяет решить задачу согласования иммитансных логических схем и интеллектуальных сенсоров на их основе с существующими радиотехническими системами сбора и обработки информации.

Ключевые слова: иммитансная логика, радиочастотный передатчик, умножение частоты.

Билинский Иосиф Иосифович — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой электроники и наносистем;
Стахов Владимир Петрович — аспірант кафедри електроніки та наносистем, e-mail: vladstakhov@mail.ru ;
Лазарєв Олександр Олександрович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електроніки та наносистем