

ПЕТРУШАК ВОЛОДИМИР

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-7232-1044>e-mail: petrushak@ukr.net

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ПОДВІЙНОГО ЗБІГУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ НОСІЙНОЇ ПРИХОВАНИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

Серед технічних засобів виявлення витоку інформації по радіоканалу важливе місце займають прилади для визначення частоти радіосигналу. Так, наприклад, за допомогою таких частотомірів можна швидко визначити частоту носійної прихованих систем передачі інформації по радіоканалу з псевдовипадковим налаштуванням робочої частоти. Отримав подальший розвиток метод подвійного збігу для перетворення частоти сигналу в код, який, на відміну від існуючих, полягає у підрахунку кількості повних фазових циклів відомого і невідомого сигналів за час подвійного збігу і асинхронного режиму апаратного визначення частоти. Досліджено вплив частоти сигналів на час поодиноким вимірювання за допомогою методу подвійного збігу, в результаті чого з'ясовано, що зі збільшенням різниці між опорною і невідомою частотою час поодиноким вимірювання зменшується.

Отримані результати досліджень можуть бути використані для розробки високошвидкісних засобів визначення частоти носійної прихованих систем передачі інформації по радіоканалу з псевдовипадковим налаштуванням робочої частоти.

Ключові слова: частота, подвійний збіг, електронно-лічильний частотомір, технічні засоби виявлення витоку інформації по радіоканалу, частота носійної, прихована система передачі інформації по радіоканалу, псевдовипадкове налаштуванням робочої частоти, програмована логічна інтегральна схема.

PETRUSHAK VOLODYMYR

Khmelnitskyi National University

APPLICATION OF THE DOUBLE MATCH METHOD FOR DETERMINING THE CARRIER FREQUENCY OF HIDDEN INFORMATION TRANSMISSION SYSTEMS

Among the technical means of detecting a leak of information on a radio channel, devices for measuring the frequency of a radio signal occupy an important place. So, for example, with the help of such frequency meters, it is possible to quickly determine the carrier frequency of hidden information transmission systems over a radio channel with a pseudo-random setting of the operating frequency. The problem of fast conversion of radio signal frequency for monitoring the radial velocity of a moving object. The object of the study was the process of converting frequency into a code based on the double match method. The goal of the work is to improve the double match method for creating a new signal-to-code frequency converter without fixing the conversion time interval. The double match method for converting the signal frequency into a code has been improved. The improved frequency conversion method, unlike the existing ones, consists in counting the number of complete phase cycles of the known and unknown signals during the time of double double match and asynchronous mode of hardware determination of the particle. The improved method has advantages in comparison with the method of an electro-counter frequency meter when determining the radial speed of objects and does not have a methodical error, which in an electro-counter frequency meter increases as the unknown frequency approaches the reference to 100%. However, the improved double match method compared to other versions has a hardware scheme for tracking the moments of double match and determining the fraction and does not require expensive and high-speed microprocessors to calculate the conversion results.

Based on the phase-frequency interpretation and the derived conversion equation and the proposed frequency-to-code conversion scheme using the double match method, a functional scheme of the frequency converter was developed. This made it possible to implement a 8-bit frequency converter in code on Intel's MAX V series CPLD. The double match method for converting the signal frequency into a code received further development, which, unlike the existing ones, consists in counting the number of complete phase cycles of the known and unknown signals during the time of double double match and the asynchronous mode of hardware determination of the fraction. The influence of the frequency of signals on the time of a single measurement was studied using the double match method, as a result of which it was found that with an increase in the difference between the reference and unknown frequency, the time of a single measurement decreases. The obtained research results can be used for the development of high-speed means of determining the frequency of the carrier, hidden systems of information transmission over the radio channel, with pseudo-random setting of the operating frequency.

Keywords: frequency, double match, electronic counter frequency meter, technical means of detecting information leakage on the radio channel, carrier frequency, hidden system of information transmission on the radio channel, pseudo-random setting of the operating frequency, programmable logic integrated circuit.

Постановка проблеми

Відомо, що для вимірювання частоти сигналу, електронно-лічильний частотомір використовує інтервал часу, що дорівнює одній секунді [1]. Це обмежує його використання, в швидкодіючих засобах для визначення частоти носійної, прихованих систем передачі інформації по радіоканалу, з псевдовипадковим налаштуванням робочої частоти[2]. Тому що в таких системах період зміни робочої частоти може становити від долі секунди до кількох секунд. Тому для своєчасного отримання інформації про робочу частоту засобів прихованої передачі інформації по радіоканалу необхідно, щоб час вимірювання частоти сигналу, був менше однієї секунди. Альтернативою електронно-лічильному частотоміру може бути перетворювач на основі методу збігів[3]. Проте недосконале теоретичне обґрунтування процесу перетворення та використання мікропроцесора для відстеження моментів збігів і визначення частоти зводить нанівець усі переваги цього методу. Відповідно, удосконалення методу збігу та розробка пристрою перетворення частоти, який би здійснював одноразове вимірювання частоти сигналу за час менше однієї секунди, є пріоритетним завданням даної наукової роботи.

Відповідно вдосконалення відомих методів для створення нових вимірювачів частоти високочастотних періодичних сигналів є перспективною задачею на сьогоднішньому етапі розвитку вимірювальної техніки[4,5].

Аналіз останніх джерел

Постійний розвиток радіотехнічної промисловості вимагає більш швидкісних засобів вимірювання частоти радіосигналу. Серед технічних засобів виявлення витоку інформації по радіоканалу важливе місце займають прилади для визначення частоти радіосигналу. Так, наприклад, за допомогою таких частотомірів можна швидко визначити частоту носійної прихованих систем передачі інформації по радіоканалу з псевдовипадковим налаштуванням робочої частоти[2].

Серед методів вимірювання частоти радіосигналу провідне місце посідає метод електронно-лічильного частотоміра [1]. Цей метод має просту апаратну реалізацію, яка в найпростішому варіанті вимагає: еталонного генератора, логічної схеми множення AND2 і лічильника. У той же час метод електронно-лічильного частотоміра має низьку швидкість поодинокого вимірювання, зазвичай 1 с. Крім того, цей метод має методичну похибку, яка зростає в міру наближення невідомої частоти до еталонної. Існують спроби реалізації методу подвійного збігу для вимірювання частоти [4,5]. Однак усі ці спроби мають недосконалу схему відстеження збігів і вимагають дорогих і високошвидкісних мікропроцесорів для обчислення результатів вимірювання. Все це призводить до появи додаткових помилок і збільшує час вимірювання частоти.

Формулювання цілей

Реалізація частотоміра подвійного збігу на програмованих логічних інтегральних схемах(ПЛІС) дозволить уникнути проблем з електромагнітною сумісністю цифрових блоків схеми. Крім того така реалізація дозволить отримати максимально можливу швидкість обробки результатів вимірювання частоти. Відповідно, метою роботи є удосконалення методу подвійного збігу для створення нового вимірювача частоти без фіксації інтервалу часу вимірювання.

Виклад основного матеріалу

Сутність методу для вимірювання частоти періодичного сигналу полягає в подвійному збігу фронтів відомого і невідомого сигналів на певному проміжку часу[3]. Графічна інтерпретація подвійного збігу фронтів відомого і невідомого сигналів на певному проміжку часу представлена на рис. 1.

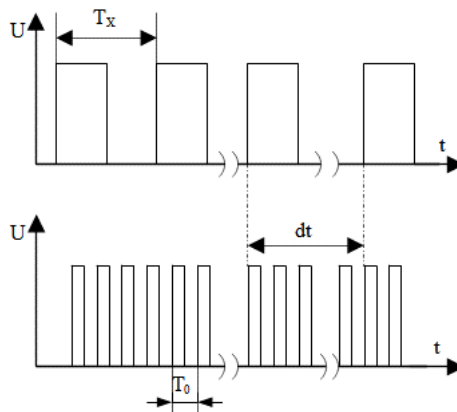


Рис. 1. Графічна інтерпретація подвійного збігу на певному проміжку часу

У відповідності до рис.1, частоту невідомого періодичного сигналу можна знайти з виразу[3]:

$$F_x = F_0 \cdot \frac{N_x}{N_0} \quad (1)$$

Отже, для визначення частоти періодичного сигналу необхідно порахувати кількість періодів відомого і невідомого сигналу на проміжку часу, коли відбувається подвійний збіг фронтів цих сигналів. Схематично такий процес представлено на рис.2.



Рис. 2. Схема процесу вимірювання частоти за допомогою методу подвійного співпадіння

У відповідності до схеми, що представлена на рис. 2, необхідно:

1. Сформувати імпульси з мінімальною тривалістю для сигналів відомої і невідомої частоти.
2. Визначити моменти збігу фронтів сигналів.
3. Підрахувати моменти збігу фронтів сигналів.
4. Підрахувати кількість імпульсів відомого і невідомого сигналів за час двох збігів фронтів сигналів.
5. Знайти частку кількості імпульсів відомого і невідомого сигналів за час двох збігів фронтів сигналів.

Оскільки більшість блоків даної схеми пов'язані з цифровою обробкою сигналів, то апаратну реалізацію такого перетворювача краще здійснити на базі програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС). Для формування імпульсів з мінімальною тривалістю для сигналів відомої і невідомої частоти доцільно використати формувач коротких імпульсів. При цьому період залишатиметься сталим, а тривалість імпульсу буде рівна 2 часовим затримкам базового логічного елемента. Для ПЛІС сімейства MAXV фірми Intel затримка складає 7 нс. Відповідно тривалість імпульсу складатиме 14нс. Визначення моментів збігу фронтів сигналів можна реалізувати за допомогою логічного елемента 2І. Для підрахунку моментів збігу фронтів сигналів використаємо двох розрядний лічильник на базі D-тригерів. За допомогою 8-ми розрядних лічильників здійснимо підрахунок кількості імпульсів відомого і невідомого сигналів за час двох збігів фронтів сигналів. Частку визначимо за допомогою мегафункції DIVIDE. Крім того, це дозволить відокремити цілу і дробову частину результату ділення. Функціональна схема перетворювача частоти в код на базі методу подвійного збігу представлена на рис. 3. На рис. 4 представленні осцилограми, що пояснюють принцип роботи функціональної схеми(рис.3).

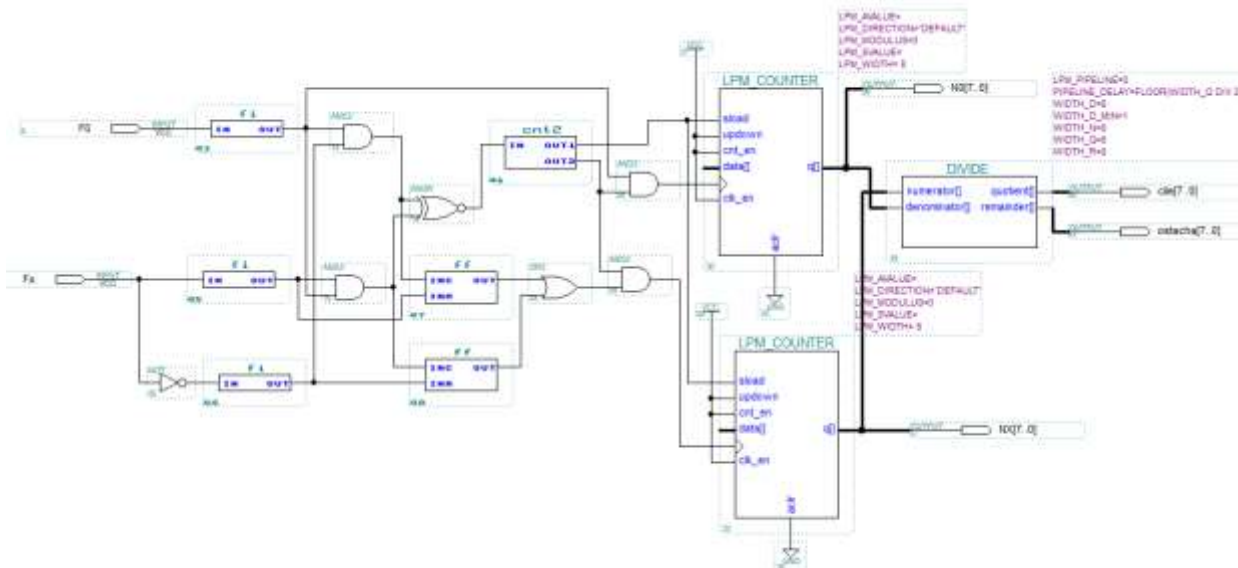


Рис. 3. Функціональна схема перетворювача частоти в код на базі методу подвійного збігу

Для отримання інформації про фронти імпульсів необхідно виділити їх на фоні самого імпульсу. Для цього служить блок формувача коротких імпульсів. Даний блок дублюється для каналу обробки сигналу опорної частоти. На вхід блоку надходять прямокутні імпульси, для каналу обробки опорної частоти – із генератора опорної частоти, для каналу обробки сигналу невідомої частоти – із формувача прямокутних імпульсів. З точки зору схемотехніки, блок представляє собою D-тригер із колом зворотного зв'язку на інверторі, що при зміні стану прямого виходу тригера скидає його в нульовий стан, подачею сигналу скидання на вхід R. Таким чином довжина генерованого імпульсу залежить тільки від одного параметра – затримки розповсюдження сигналу в інверторі. Так як дана затримка, для сучасних типів мікросхем є величина стала, та надзвичайно мала, то протяжність вихідного імпульсу також надзвичайно мала.

З виходу формувача коротких імпульсів сигнали, що дають представлення про часове положення фронтів сигналів, надходять на вхід схеми співпадіння. Основна задача даного блоку – визначення моменту співпадіння фронтів імпульсів. Причому цих моменти визначається два. Перший імпульс з'явиться на виході схеми в момент першого співпадіння фронтів імпульсів. Другий імпульс на виході з'явиться через певну кількість періодів як одного так і іншого сигналів. Для подальшого підрахунку імпульсів необхідно керувати надходженням їх на входи лічильників. Тобто, при надходженні першого імпульсу співпадіння, необхідно запустити лічбу; при надходженні другого імпульсу співпадіння – зупинити лічбу; передати обраховану інформацію на обробку, та скинути виходи лічильників в нульовий стан. Всі ці функції виконує блок управління лічильниками.

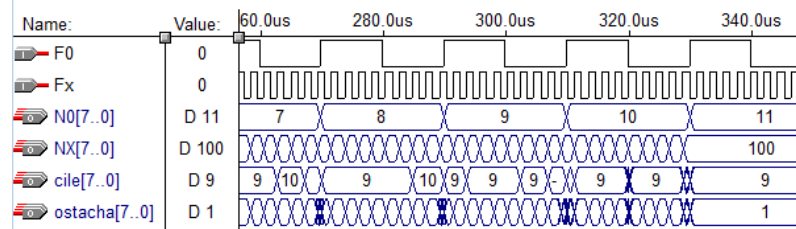


Рис. 4. Осцилограми роботи перетворювача частоти в код на базі методу подвійного збігу

Сформований сигнал про співпадіння фронтів імпульсів надходить на блок керування лічильником. Дана схема представляє собою лічильник на D-тригерах із межею лічби "2". Тобто, при надходженні першого імпульсу співпадіння на вхід блоку, на виході з'являється логічна одиниця, що дозволяє надходження імпульсів на вхід лічильників. При надходженні другого імпульсу співпадіння, лічильник блоку переходить в стан логічного нуля, що забороняє проходження імпульсів.

З виходів блоків керування кожного каналу, імпульси проходять на входи 8-розрядних двійкових лічильників. Лічильники підраховують кількість імпульсів між моментами співпадіння фронтів сигналів. З виходів лічильників 8-розрядний двійковий код, що відповідає кількості підрахованих імпульсів в кожному каналі, потрапляє на вхід блоку апаратного ділення DIVIDE. Блок апаратного ділення DIVIDE, в асинхронному режимі, визначає цілочисельну частку(cile) і остачу(ostacha). Отримане значення з блоку апаратного ділення DIVIDE можна помножити на значення відомої частоти і матимемо частоту невідомого сигналу.

Різницю тривалості періодів можна записати в такий спосіб:

$$\Delta T = \left| \frac{1 - f_0/f_x}{f_0} \right| \quad (2)$$

Час між двома збігами фронтів сигналів, враховуючи вираз (10) буде визначатися як:

$$T_i = \frac{T_x \cdot T_0}{\Delta T} = \frac{1}{|f_x - f_0|} \quad (3)$$

Фактично вираз (3) є формулою для визначення часу поодинокого перетворення. Графічна інтерпретація виразу (3), для трьох значень опорних частот: 10КГц, 100КГц і 1МГц, представлена на рис.5.

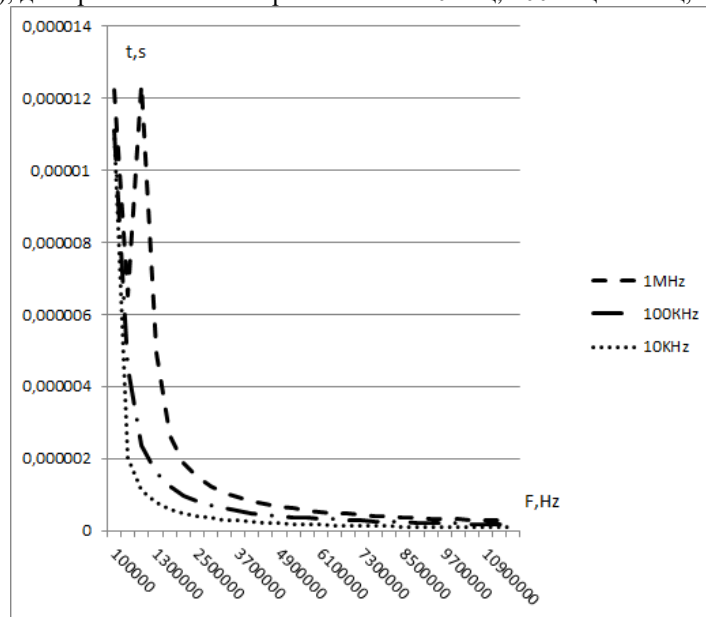


Рис.5. Залежність часу поодинокого вимірювання частоти, методом подвійного збігу

Як видно з рис. 5: зі збільшенням різниці між опорною і невідомою частотою час поодинокого вимірювання зменшується. Таким чином, можна відмітити, що навіть при різниці частот в 1Гц, час поодинокого вимірювання складатиме 1с, що відповідає електронно-лічильному частотоміру.

Висновки

Отримав подальший розвиток метод подвійного збігу для вимірювання частоти, який, на відміну від існуючих, полягає у підрахунку кількості повних фазових циклів відомого і невідомого сигналів за час подвійного збігу і асинхронного режиму апаратного визначення частки.

Досліджено вплив частоти сигналів на час поодинокого вимірювання за допомогою методу подвійного збігу, в результаті чого з'ясовано, що зі збільшенням різниці між опорною і невідомою частотою час поодинокого вимірювання зменшується.

Отримані результати досліджень можуть бути використані, для розробки високошвидкісних засобів визначення частоти носійної, прихованих систем передачі інформації по радіоканалу, з псевдовипадковим налаштуванням робочої частоти.

Література

1. Поліщук Е.С. Метрологія та вимірювальна техніка. / Е.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцюк. – Львів: Бескід Біт., 2003. – 544 с.
2. Конахович Г.Ф. Захист інформації в телекомунікаційних системах: Навчальний посібник. / Г.Ф. Конахович, В.П. Климчук, С.М. Паук, В.Г. Потапов, В.М. Чуприн. –К.: НАУ,2009. – 380с.
3. Орнатский, П.П. Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые) [Текст] / П.П. Орнатский. – К.: Вища шк., 1986. – 504 с.
4. Fletcher, J. C. Frequency measurement by coincidence detection with standard frequency. U. S. Patent 3, 924,183. 1975.
5. Троцишин І.В. Вимірювання частоти за методом коінциденції та особливості утворення шкали вимірювального перетворення І.В.Троцишин, О.П.Войтюк, Л.В. Троцишина // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 3. – Технічні науки. – С. 240-244.
6. MAX V Device Family Data Sheet. [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/hb/max-v/mv51001.pdf>

References

1. Polischuk E.C., Dorogovets M.M., Yatsuk V.O. Metrologiya ta vimiruvalna tekhnika. [Metrology and measuring technique] / E.C. Polischuk, M.M. Dorogovets, V.O. Yatsuk . – Lviv: Beskid Bit Publ., 2003. – 544 p. (in Ukrainian).
2. Konakhovich H.F. Zakhyst informatsii v telekomunikatsiinykh systemakh: Navchalnyi posibnyk. / H.F. Konakhovich, V.P. Klymchuk, S.M. Pauk, V.H. Potapov, V.M. Chupryn. –K.: NAU,2009. – 380s.
3. Ornatskyi P. P. Avtomatycheskye yzmerenyia y prybory (analogovye y tsyfrovye) [Automatic measurements and instruments (analogue and digital)] / P. P. Ornatskyi. – Kyiv: Vyshcha shk., 1986. – 504p. (in Russian).
4. Fletcher, J. C. Frequency measurement by coincidence detection with standard frequency. U. S. Patent 3, 924,183. 1975.
5. Trocishin I.V. Theory and practice of phase-frequency measurements and transformations of radio signals / I. V. Trocishin // Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh [Measuring and computing equipment in technological processes]. – 2007. – № 2. – P. 7-22. (in Ukrainian).
6. MAX V Device Family Data Sheet [Electronic resource]. – Access mode:<https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/hb/max-v/mv51001.pdf>