

ЦИФРОВИЙ ЧАСТОТОМІР НА ОСНОВІ БІНОМІАЛЬНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ

О. А. Борисенко, д-р техн. наук, професор;

В. Ю. Сидоренко, студент,

Сумський державний університет,

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна

У статті розглянуто цифровий частотомір на основі біноміального лічильника. Використання біноміального лічильника замість двійкового значно підвищує завадостійкість пристрою загалом, та дозволяє його використання в умовах з високим рівнем завад, а також спрощує дешифрацію станів лічильника.

Ключові слова: біноміальний лічильник, частотомір, завадостійкість, надійність, виявлення помилок, швидкодія.

1. ВСТУП ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Вимірювання частоти сигналів дуже часто використовується у виробництві. На результат вимірювання впливає точність приладу, а також завади, що впливають на електронні вузли частотоміра, та можуть значно спотворити результат вимірювання. Існує велика кількість методів підвищення завадостійкості пристроїв. В цифровому частотомірі основним вузлом, який забезпечує точність результатів являється лічильник. Зазвичай у цифрових частотомірах використовуються двійкові лічильники, які досить прості конструктивно, та випускаються промисловістю у вигляді окремих мікросхем, та мають широку номенклатуру. Однак такі лічильники, зазвичай, не мають жодного механізму самоконтролю та коригування стану в результаті впливу завад, що унеможливує використання таких пристроїв у виробничих процесах з високими показниками впливу електромагнітного випромінювання. Для зменшення впливу завад на результати роботи електронних пристроїв використовують різноманітні методи, серед них: застосування індивідуальних згладжуючих конденсаторів, використання фільтрів, екранування. В даній роботі запропоновано використання біноміальних лічильників з самодіагностикою та індикацією помилок.

В основу роботи цифрового частотоміру покладено метод безпосередньої оцінки[1]. Робота цих пристроїв базується на тому, що для визначення частоти періодичного сигналу f , достатньо підрахувати число його періодів n за відомий інтервал часу t . Тоді частота сигналу буде рівна:

$$f = \frac{n}{t}.$$

Складові похибки:

1) Похибка δ_0 формування зразкового інтервалу часу T_0 визначається в основному нестабільністю генератора зразкової частоти. Може бути зменшена (термостатуванням генератора зразкової частоти) до $10^{-7} \div 10^{-9}$.

2) Похибка дискретності

$$\delta_\delta = \pm \frac{1}{N} = \pm \frac{1}{f_x T_0}.$$

Похибка зменшується зі збільшенням часу вимірювання T_0 і частоти f_x .

При вимірюванні високих частот похибка мала і порівнянна з δ_0 . Розширення робочого діапазону в області НВЧ обмежується досяжною швидкістю лічильника.

Зі зменшенням f_x δ_0 збільшується. Можна компенсувати це збільшенням T_0 , але тоді зменшується швидкість і збільшується методична похибка за рахунок зміни f_x в часі. Тому при вимірюванні достатньо низьких частот частоту визначають, вимірюючи тривалість одного або декількох періодів досліджуваного сигналу з відповідним перерахунком $f_x = \frac{1}{T_x}$. Існують цифрові частотоміри, які працюють в найширшому діапазоні частот 0,01 Гц ÷ 17 ГГц з похибкою порядку $10^{-5} \div 10^{-8}$.

Принцип дії частотоміра заснований на вимірюванні числа імпульсів, що надходять на вхід лічильника протягом певного періоду часу, рівного в випадку, що розглядається, 1 с. Цей необхідний вимірювальний інтервал часу формується у блоці управління.

Сигнал f_x , частоту якого треба виміряти, подають на вхід формувача імпульсної напруги (див. рис. 1). Тут він перетворюється в імпульси прямокутної форми, частота проходження яких відповідає частоті вхідного сигналу. Далі перетворений сигнал надходить на один з входів електронного ключа, а на другий вхід ключа подається сигнал вимірювального інтервалу часу, що утримує його у відкритому стані протягом 1с.

У результаті на виході електронного ключа, а значить, і на вході лічильника з'являється пачка імпульсів. Логічний стан лічильника, в якому він опиняється після закривання ключа, відображає цифровий індикатор протягом інтервалу часу, установленого пристроєм управління.

Поставимо задачу розробити частотомір, в якому замість двійкового лічильника буде використано біноміальний.



Рисунок 1 – Структурна схема частотоміра на основі біноміального лічильника

2. РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО ЧАСТОТОМІРА

В даній роботі пропонується використання біноміального лічильника, який підвищує завадостійкість пристрою, дозволяє проводити індикацію помилок, полегшує дешифрацію станів, що дозволяє зменшити апаратні затрати на блок індикації пристрою. Розглянуто переваги та недоліки використання біноміальних лічильників. Принцип дії такого лічильника приведено в [2]. Основними параметрами біноміального лічильника є число розрядів n та контрольне число k . В початковому стані лічильник знаходиться в нульовому стані. При надходженні імпульсу устанавлюється одиниця в $(k-i)$ -й розряд, де i – число одиниць в лічильнику. Якщо кількість одиниць в лічильнику становить k , і вони розміщені не в старших розрядах, то молодші одиничні розряди до першого старшого розряду устанавлюються в нуль, а перший старший нульовий – в одиницю. Якщо ж число одиниць в лічильнику рівне k і вони розміщені в k старших розрядах, то досягнуто максимального числа, і цикл завершено.

Якщо в результаті дії завад, лічильник устанавлюється в стан, у якому кількість одиниць буде більше двох, то з'явиться одиничний сигнал, що сигналізує про виникнення помилки.

Приведемо стани біноміального лічильника (див. табл. 1), який використовується для підрахунку кількості імпульсів сформованих формувачем.

Таблиця 1 – Стани біноміального лічильника з $n = 4$, $k = 2$

Номер числа				Розряд
4	3	2	1	
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	2
0	1	0	0	3
0	1	0	1	4
0	1	1	0	5
1	0	0	0	6
1	0	0	1	7
1	0	1	0	8
1	1	0	0	9

В даному випадку використовується біноміально-десятковий лічильник, що дозволяє досить просто нарощувати розрядність частотоміра, а також спрощує індикацію його стану.

Лічильник, який використовується в якості дільника частоти будується в залежності від вибору генератора опорної частоти, та кількості діапазонів вимірювання.

Алгоритм роботи частотоміра наведений на рис. 2. Відповідно до алгоритму пристрій працює наступним чином. Після ввімкнення пристрою починається подача вхідного сигналу на вхід частотоміра. Сигнал поступає на формувач, де він перетворюється на пачку прямокутних імпульсів, кількість яких дорівнює частоті вхідного сигналу.

В цей час генератор еталонної частоти генерує прямокутні імпульси які поступають на дільник частоти, де у відповідності до обраних налаштувань формується сигнал дозволу на вимірювання частоти. Цей сигнал відкриває ключ, який пропускає сформований формувачем сигнал на блок лічильників, які підраховують кількість прямокутних імпульсів - лічильник переходить у режим вимірювання частоти. Після того як

знімається сигнал дозволу, ключ закривається і подача імпульсів на лічильники припиняється - частотомір переходить у режим відображення інформації. В цьому режимі відбувається передача стану лічильників на індикатори та на ПК, для подальшої обробки. Після цього знову формується відкриваючий сигнал, і знову починається фаза вимірювання, впродовж цієї фази на індикаторах зберігається значення попереднього вимірювання. Значення на індикаторі оновлюється на початку кожної фази індикації.

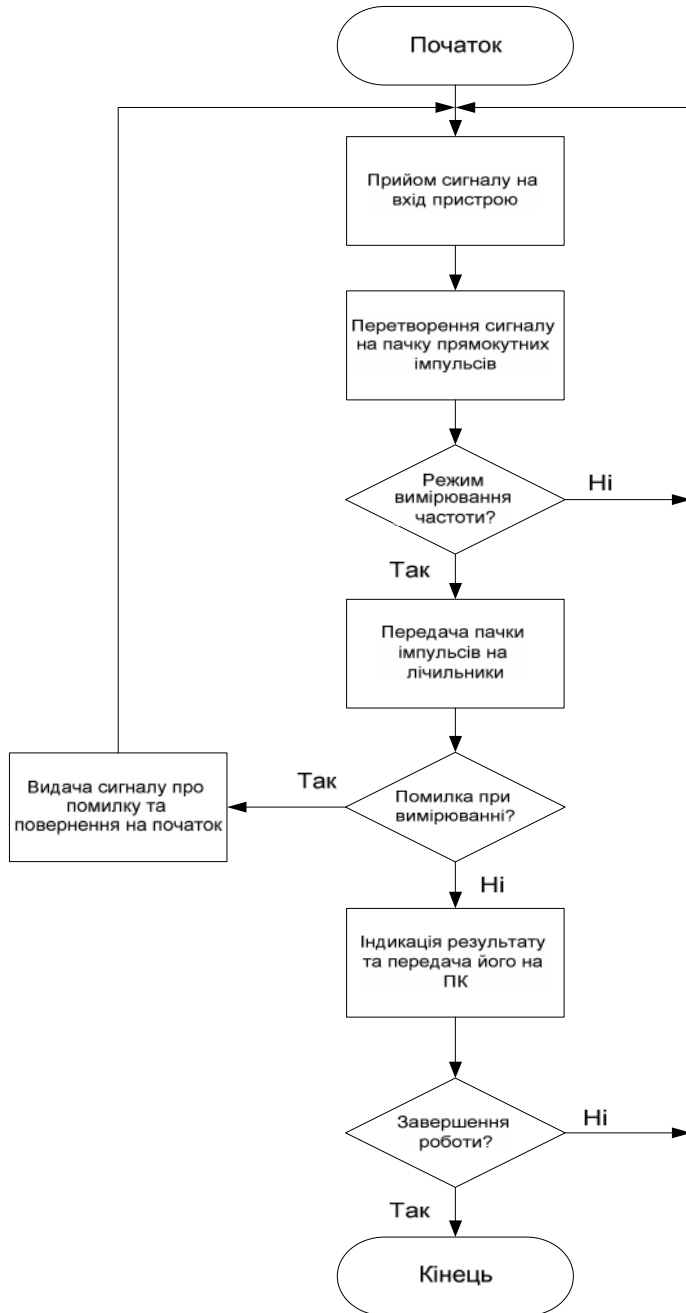


Рисунок 2 – Алгоритм функціонування частотоміра на основі біноміального лічильника

Якщо під час фази вимірювання частоти відбудеться збій в роботі лічильників, в результаті дії зовнішніх факторів, то завдяки використанню біноміальних лічильників з самодіагностикою, відбудеться індикація помилки і вимірювання почнеться знову.

Після припинення подачі живлення, робота пристрою завершується. Часові діаграми роботи частотоміра наведено на рис. 3.

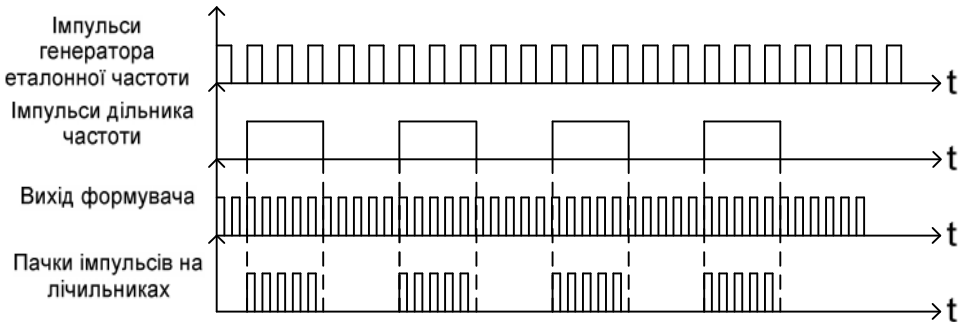


Рисунок 3 – Часові діаграми роботи частотоміра

Структурна схема проектованого частотоміра представлена на рис. 1. Блоки пристрою виконують наступні функції.

Формувач – формує пачки прямокутних імпульсів із вхідного сигналу, з кількістю імпульсів у пачці, що дорівнює частоті вхідного сигналу.

Генератор еталонної частоти – генерує еталонну частоту, яка ділиться на дільнику частоти, який являє собою біноміальний лічильник, та формує сигнал дозволу на вимірювання частоти.

Пристрій керування – виконує функції керування частотоміром: видає сигнал дозволу на ключ; виконує початкову установку всіх тригерів та регістрів частотоміра; виконує обробку сигналу про помилку від блоку лічильників.

Індикатор – відображає стан лічильників, та передає інформацію в блок синхронізації з ПК.

Блок синхронізації з ПК – виконує функцію передачі результатів вимірювання на ПК та обмін службовими сигналами з ПК.

Блок лічильників з дешифраторами – складається з біноміальних лічильників, виконує функцію підрахунку частоти вхідного сигналу та передачу її на індикатор, а також передає сигнал про помилку в пристрій керування.

3. РОЗРАХУНОК ЗАВАДОСТІЙКОСТІ БІНОМІАЛЬНОГО ЛІЧИЛЬНИКА

Аналіз завадостійкості проведемо згідно з методом представленим в [3]. У відповідності з цим методом, вірогідність виявлення помилкової комбінації визначається:

$$D = 1 - \frac{C_{n+1}^k}{2^{n+1}}, \quad (1)$$

де C_{n+1}^k – кількість дозволених комбінацій;

n – розрядність кодових комбінацій.

Для лічильника з $n=4$ та $k=2$ з (1) маємо:

$$D = 1 - \frac{10}{32} = 0,6875.$$

ВИСНОВКИ

Таким чином, розроблено цифровий частотомір, який володіє високими показниками завадостійкості, простоти індикації та дешифрації стану вимірювання, та дозволяє виявити помилки в ході своєї роботи. Лічильник використаний для побудови частотомірів спрощує їх виробництво, а також дозволяє підвищити їх завадостійкість та надійність.

Незважаючи на те, що апаратурні затрати на виготовлення біноміального лічильника будуть більші ніж для виготовлення двійкового, можливість виявлення помилок та дешифрації стану біноміального лічильника дозволяє рекомендувати їх для розробки завадостійких частотомірів.

DIGITAL FREQUENCY COUNTER BASED ON BINOMIAL COUNTERS

*A. A. Borysenko, V. U. Sydorenko,
Sumy State University,
2, Rimsky-Korsakov Str., 40007, Sumy, Ukraine*

In this article the digital frequency counter based on binomial counters is described. The use of the binomial counter instead of binary one significantly enhances noise immunity and allows its using in environments with high noise levels, and also simplifies the decoding state of the counter.

Key words: *binomial counter, frequency counter, noise immunity, reliability, error detection, performance.*

ЦИФРОВОЙ ЧАСТОТОМЕР НА ОСНОВЕ БИНОМИАЛЬНЫХ СЧЕТЧИКОВ

*А. А. Борисенко, В. Ю. Сидоренко,
Сумский государственный университет,
Ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина*

В данной статье рассмотрен цифровой частотомер на основе биномиальных счетчиков. Использование биномиального счетчика вместо двоичного значительно повышает помехоустойчивость устройства, и позволяет его использование в условиях с высоким уровнем помех, а также упрощает дешифрацию состояния счетчика.

Ключевые слова: *биномиальный счетчик, частотомер, помехоустойчивость, надежность, выявление ошибок, быстроедействие.*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Эрастов В. Е. Измерительная техника и датчики: учебное пособие / В. Е. Эрастов, Ю. К. Сидоров, В. Е. Отчалко. – Томск : Томский межвузовский центр дистанционного образования, 1999. – 178 с.
2. Борисенко А. А. Биномиальные автоматы : учебное пособие / А. А. Борисенко. – Сумы : СумГУ, 2005. — 121 с.
3. Березюк Н. Т. Кодирование информации / Н. Т. Березюк, А. Г. Андрущенко, С. С. Мощинский. – Харьков : Высшая школа, 1978. – 252 с.

Надійшла до редакції 4 квітня 2013 р.