



УКРАЇНА

(19) UA (11) 79849 (13) C2
(51) МПК (2006)
G01R 23/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

(21) а200507336
(22) 22.07.2005
(24) 25.07.2007
(46) 25.07.2007, Бюл. №11, 2007р.
(72) Юриш Сергій Юрійович
(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА", Юриш Сергій Юрійович
(56) Мирский Г.Я. Электронные измерения. - М.: Радио и связь, 1986. - С. 121-127
UA 21972, 30.04.1998
SU 885913, 30.11.1981
SU 788018, 15.12.1980
RU 2017162, 30.07.1994
RU 2150119, 27.05.2000
US 3984770, 05.10.1976
US 3553728, 05.01.1971
JP 55037027, 14.03.1980
(57) 1. Спосіб вимірювання частоти, який полягає в тому, що формують перший зразковий інтервал часу та заповнюють його n імпульсами періодичної послідовності, частоту якої вимірюють, одночасно формують другий зразковий інтервал часу, фронт якого відповідає імпульсу послідовності, який з'явився відразу після початку першого зразкового інтервалу, а зріз - імпульсу, який виник відразу після закінчення першого зразкового інтервалу часу, заповнюють його m лічильними імпульсами зразкової частоти, який **відрізняється** тим, що зразкову частоту заповнення другого зразкового інтервалу часу та коефіцієнт ділення тактової частоти попередньо визначають згідно із значенням заданої похибки квантування, формують потрібну тактову частоту відповідним множенням або діленням попередньо визначеної зразкової частоти,

2

лічать її імпульси, а результат вимірювання частоти визначають відповідним діленням числа імпульсів n на число імпульсів m і множенням результату на отриману тактову частоту, яка визначена відповідно до заданого значення похибки квантування.

2. Пристрій для вимірювання частоти, який містить вхідний формувач імпульсів, D-тригер, два логічних елементи І, генератор зразкової частоти, два лічильники і подільник частоти, вихід якого з'єднаний із D-входом тригера, вихід якого з'єднаний із входами першого і другого логічних елементів І, вихід другого логічного елемента І підключений до другого лічильника, вихід першого логічного елемента І підключений до першого лічильника, вихід генератора зразкової частоти з'єднаний зі входом подільника частоти, а С-вхід тригера з'єднаний з другим входом першого логічного елемента І і виходом вхідного формувача імпульсів, вхід якого є входом пристрою, а виходи першого і другого лічильників - виходами пристрою, який **відрізняється** тим, що містить другий керований подільник частоти та блок обчислення та керування, виконаний з можливістю задання значення похибки квантування, при цьому вихід блока обчислення та керування для задання коефіцієнта ділення під'єднаний до відповідного входу другого подільника частоти, перший вхід якого підключений до виходу генератора тактової частоти і входу першого подільника частоти, вихід другого подільника частоти під'єднаний до другого входу другого логічного елемента І, виходи двох лічильників з'єднані із входами блока обчислення та керування.

Винахід відноситься до техніки вимірювання частоти і може бути використаний для зменшення споживаної динамічної і розсіюваної потужностей мікроелектронних вимірювальних схем при визначенні еквівалентних параметрів кварцових елементів, налагодження генераторних схем та генераторів з автоматичним контролем частоти, а також при проектуванні перетворювачів частота-код для інтелектуальних цифрових сенсорів.

Відомий спосіб вимірювання частоти, який полягає в тому, що формують перший зразковий інтервал часу і заповнюють n імпульсами періодичної послідовності, частоту якої вимірюють, одночасно формують другий зразковий інтервал часу, фронт якого відповідає імпульсу послідовності, який з'явився відразу після початку першого зразкового інтервалу, а зріз - імпульсу, який виник відразу після закінчення першого зразкового інтерва-

(13) C2

(11) 79849

(19) UA

лу часу, заповнюють t лічильними імпульсами зразкової частоти. Невідома частота визначається за формулою:

$$f_x = \frac{n}{m} \cdot f_0, \quad (1)$$

де f_0 - зразкова тактова частота [Мирский Г.Я. Электронные измерения. - М.: Радио и связь, 1986. - 440с.].

Однак, зразкова тактова частота, яка поруч з першим зразковим інтервалом часу безпосередньо впливає на похибку квантування, не може змінюватися в процесі вимірювання та залишається надлишковою.

Відомий також пристрій для вимірювання частоти, який містить вхідний формувач, D-тригер, два логічних елемента "І", генератор зразкової частоти, два лічильника і дільник частоти, вихід якого під'єднаний до D-входу тригера, вихід якого сполучений зі входами першого і другого логічних елементів "І", вихід другого логічного елемента "І" підключений до другого лічильника, вихід першого логічного елемента "І" під'єднаний до першого лічильника, вихід генератора зразкової частоти сполучений зі входом дільника частоти, а С-вхід тригера - з другим входом першого логічного елемента "І" і виходом вхідного формувача, вхід якого є входом пристрою, а виходи першого і другого лічильників - виходами пристрою [Burr-Brown 1C Applications Handbook, LI-459, USA, 1994].

Однак, пристрій має вузькі функціональні можливості і не передбачає адаптивну зміну частоти зразкового генератора.

В основу винаходу покладена задача створення способу вимірювання частоти та пристрою для його реалізації, в якому би передбачалась можливість адаптивної зміни тактової частоти зразкового генератора в залежності від умов вимірювання.

Як відомо, середня динамічна споживана потужність КМОП інтегральних мікросхем розраховується за наступною формулою:

$$P_{av} = C_{eff} \cdot V_{DD}^2 \cdot f_{clk}, \quad (2)$$

де C_{eff} - ефективна ємність мікросхеми; V_{DD} - напруга живлення; f_{clk} - тактова частота [Figueras J. Modeling, in Low Power Design in Deep Submicron Electronics, ed. by W.Nebel and J. Mermet, Kluwer Academic Publishers, NATO ASI Series, Vol. 337, London, 1997, pp.81-103].

Два перших множника у формулі (2) - це константи, які залежать від технології виготовлення інтегральних мікросхем. Споживана потужність також прямо пропорційна тактій частоті. Природно, що споживана потужність може бути зменшена через зменшення тактової частоти. Однак, зменшення тактової частоти призводить до погіршення метрологічних характеристик, а саме до збільшення похибки квантування. З метою подолання цього протиріччя доцільне створення способу вимірювання частоти, який би забезпечив адаптивну зміну тактової частоти зразкового генератора в залежності від умов вимірювання та потріб зменшення споживаної потужності.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі для вимірювання частоти, який полягає в тому, що формують перший зразковий інтервал

часу і заповнюють n імпульсами періодичної послідовності, частоту якої вимірюють, одночасно формують другий зразковий інтервал часу, фронт якого відповідає імпульсу послідовності, який з'явився відразу після початку першого зразкового інтервалу, а зріз - імпульсу, який виник відразу після закінчення першого зразкового інтервалу часу, заповнюють m лічильними імпульсами зразкової частоти, згідно з винаходом, зразкову частоту заповнення другого зразкового інтервалу і коефіцієнт ділення тактової частоти попередньо визначають відповідно до значення заданої похибки квантування, і потрібну тактову частоту формують відповідним множенням або діленням попередньої зразкової частоти, а її імпульси лічать другим лічильником і результат вимірювання частоти отримують відповідним діленням числа імпульсів n на число імпульсів t і множенням результату на отриману тактову частоту, що формується, відповідно до заданого значення похибки квантування.

Це дозволяє отримати безнадлишкову зразкову тактову частоту шляхом адаптації зразкової тактової частоти відповідно до наперед заданої похибки квантування і тим самим зменшити споживану потужність мікроелектронних компонентів при вимірюванні частоти.

Поставлена задача вирішується також тим, що в пристрої для вимірювання частоти, який містить вхідний формувач, D-тригер, два логічних елемента "І", генератор зразкової частоти, два лічильника і дільник частоти, вихід якого під'єднаний до D-входу тригера, вихід якого сполучений зі входами першого і другого логічних елементів "І", вихід другого логічного елемента "І" підключений до другого лічильника, вихід першого логічного елемента "І" під'єднаний до першого лічильника, вихід генератора зразкової частоти сполучений зі входом дільника частоти, а С-вхід тригера - з другим входом першого логічного елемента "І" і виходом вхідного формувача, вхід якого є входом пристрою, а виходи першого і другого лічильників - виходами пристрою, згідно з винаходом введені другий керований дільник частоти та блок обчислення та управління з можливістю задання значення похибки квантування, при цьому вихід задання коефіцієнта ділення блоку обчислення та управління під'єднаний до відповідного входу другого дільника частоти, перший вхід якого підключений до виходу генератора тактової частоти і входу першого дільника частоти, вихід другого дільника частоти під'єднаний до другого входу другого логічного елемента "І", виходи двох лічильників сполучені зі входами блоку обчислення та управління.

Це дозволяє адаптивно задавати потрібну зразкову тактову частоту у відповідності до наперед заданої похибки квантування, забезпечуючи, безнадлишковість тактової частоти і зменшення споживаної потужності інтегральних мікросхем вимірювача частоти.

На Фіг.1 зображена структурна схема пристрою для реалізації способу вимірювання частоти, а на Фіг.2 - часові діаграми способу вимірювання частоти, де 1 - вхідний формувач; 2, 4 - дільники частоти; 3 - D-тригер;

5 - генератор тактової частоти; 6, 7 - логічні елементи "І"; 8, 9 - двійкові лічильники; 10 - блок обчислення та управління; f_x - вимірювальна частота; T_x - період вимірювальної частоти; T_0 - перший зразковий інтервал часу; n - число імпульсів вимірювальної частоти; T_0 - другий зразковий інтервал часу; f_0 - частота тактового генератора; f_{oi} - поділена зразкова тактова частота; N - коефіцієнт ділення; m - число імпульсів зразкової частоти.

Спосіб для вимірювання частоти здійснюється так. Відповідно до потрібної похибки квантування δ_{qx_i} визначають зразкову тактову частоту за формулою

$$f_{oi} = \frac{k}{\delta_{qx_i}}, \quad (3)$$

де $k = 1/T_0 \cdot \text{const}$ (T_0 - перший зразковий інтервал часу). Формується перший зразковий інтервал часу T_0 і заповнюється n імпульсами періодичної послідовності, частота f_x якої вимірюється. Число n фіксується першим лічильником. Одночасно формується другий зразковий інтервал часу T_0' , такий, що його фронт відповідає імпульсу послідовності, який з'явився відразу після початку першого зразкового інтервалу, а зріз - імпульсу, який виник відразу після закінчення першого зразкового інтервалу часу. Таким чином, тривалість другого зразкового інтервалу часу точно дорівнює цілому числу періодів сигналу. Другий зразковий інтервал часу T_0' заповнюється лічильними імпульсами сформованої безнадлишкової тактової частоти f_{oi} число m яких підраховується другим лічильником. Результат вимірювання визначається за формулою:

$$f_x = \frac{n}{m} \cdot f_{oi}, \quad (4)$$

Похибка квантування не перевищує наперед задану, не залежить від вимірювальної частоти у всьому діапазоні вимірювань і визначається наступним чином:

$$\delta_{qx_i} = \frac{1}{T_0 \cdot f_{oi}}, \quad (5)$$

Пристрій для вимірювання частоти містить вхідний формувач 1, D-тригер 3, два логічних елементи "І" 6, 7, генератор зразкової частоти 5, два лічильники 8, 9, дільник частоти 2, вихід якого під'єднаний до D-входу тригера 3, вихід якого сполучений зі входами першого і другого логічних елементів "І" 6, 7, вихід останнього підключений до другого лічильника 9, вихід першого логічного елементу "І" 6 під'єднаний до першого лічильника 8, вихід генератора зразкової частоти 5 сполучений з входом дільника частоти 2, а С-вихід тригера 3 з другим входом першого логічного елементу "І" 6 і виходом вхідного формувача 1, вхід якого є входом пристрою, а виходи першого і другого лічильників 8, 9 - виходами пристрою. Пристрій також містить другий керований дільник частоти 4 та блок обчислення та управління 10 з можливістю задання значення похибки квантування, при цьому вихід задання коефіцієнта ділення блоку обчислення та управління 10 під'єднаний до відповідного входу другого дільника частоти 4, перший вхід якого підключений до виходу генератора тактової

частоти 5 і входу першого дільника частоти 2, вихід другого дільника частоти 4 під'єднаний до другого входу другого логічного елементу "І" 7, виходи двох лічильників 8, 9 сполучені зі входами блоку обчислення та управління 10.

Пристрій для вимірювання частоти працює так. Відповідно до потрібної похибки квантування δ_{qx_i} яка задається у відповідності до умов вимірювання, блок обчислення та управління 10 розраховує потрібну зразкову тактову частоту f_{oi} та встановлює відповідний коефіцієнт ділення на вході керованого дільника частоти 4:

$$N = \frac{f_0}{f_{oi}}$$

Періодичний сигнал, частоту якого потрібно виміряти, подається на вхід вхідного формувача імпульсів 1, який формує послідовність прямокутних імпульсів з крутими фронтами та зрізами. Сформована імпульсна послідовність подається на тактовий С-вихід D-тригера 3, D-вихід якого стробується з виходу дільника частоти 2, який формує перший часовий інтервал T_0 . Одночасно за допомогою логічних елементів "І" 6, 7 формується другий зразковий інтервал часу T_0' , такий, що його фронт відповідає імпульсу послідовності, який з'явився відразу після початку першого зразкового інтервалу, а зріз - імпульсу, який виник відразу після закінчення першого зразкового інтервалу часу. Перший інтервал часу T_0 заповнюється імпульсами вхідної частоти f_x , а другий - імпульсами сформованої зразкової частоти f_{oi} , яка подається на вхід другого логічного елементу "І" 7. Ці імпульси рахуються лічильниками 8, 9 відповідно, і після закінчення другого інтервалу часу T_0' в них відповідно накопичуються числа n і m . Після цього блок обчислення та управління 10 розраховує невідому частоту f_x за формулою (4).

Крім описаного пристрою вимірювання частоти, спосіб вимірювання частоти може бути дуже просто реалізований на базі мікроконтролерів сімейства MSP430 (Texas Instruments). Системна частота тактових генераторів цих мікроконтролерів може змінюватися програмним шляхом. Ця частота залежить від двох величин:

$$f_{\text{system}} = N \cdot f_{\text{crystal}}, \quad (6)$$

де $N = (3 \div 127)$ - коефіцієнт множення; f_{crystal} - частота кварцового резонатора (типове значення 32768 Гц). Системна частота кварцового резонатора змінюється через зміну коефіцієнту множення $\{N-1\}$, який завантажується у регістр управління системою тактовою частотою SCFQCTL [Lutz Bieri, MSP430 Metering Application Report, SLAAE10A, Texas Instruments, USA, 1996].

Таким чином запропонований спосіб та пристрій для вимірювання частоти розширюють функціональні можливості та забезпечують безнадлишкову зразкову тактову частоту за рахунок попереднього розрахунку та формування потрібної тактової частоти у відповідності до наперед заданої похибки квантування. Це дозволяє зменшити динамічну споживану потужність мікроелектронних компонентів на один-два порядки за рахунок адаптивного управління зразковою тактовою частотою в процесі вимірювання.

