



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 49022

(13) C2

(51) 6 G01F1/66

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ТЕКУЧОГО СЕРЕДОВИЩА

1

(21) 98126950
(22) 30 06 1997
(24) 16 09 2002
(86) PCT/FR97/01166, 30 06 1997
(31) 96/08183
(32) 01 07 1996
(33) FR
(46) 16 09 2002, Бюл. № 9, 2002 р
(72) Базен Ален, FR
(73) ШЛЮМБЕРЖЕР ЕНДЮСТРІ С А, FR
(56) EP № 0179541, 1986
US № 5052230, 1991
WO № 8602722, 1986
EP № 0426309, 1991
(57) 1 Спосіб вимірювання витрати текучого середовища, що полягає у послідовному розповсюдженні двох ультразвукових сигналів у протилежних напрямках між двома ультразвуковими приймально-випромінювальними перетворювачами, що знаходяться на певній відстані один від одного у напрямку потоку середовища, причому кожний перетворювач приймає відповідний ультразвуковий сигнал SIG₁, SIG₂, який відрізняється тим, що він включає

- формування n сигналів СК _{i} синхронізації, де $i = 1$ - n , а $n \geq 4$, які мають робочі переходи, спільні зсуви по фазі, рівні $2\pi/n$, знаходяться у постійному відношенні з сигналом збудження для збудження перетворювачів та мають таку ж частоту, як і сигнал збудження,
- вибір характерної частини періоду першого прийнятого в одному напрямку розповсюдження сигналу SIG₁,
- вибір першого робочого переходу сигналу синхронізації, який відбувається безпосередньо після появи зазначеної характерної частини,
- зберігання сигналу синхронізації, який позначений як CLS,
- визначення проміжку часу t_1 , який відповідає, протягом цілого числа m послідовних періодів, суми проміжків часу, що пройшли від моменту, в який з'являється характерна частина кожного із m періодів сигналу SIG₁, до моменту, в який відбувається перший робочий перехід наступного сигналу CLS,
- ідентифікацію такої ж характерної частини протягом m послідовних періодів другого сигналу SIG₂,

2

прийнятого в протилежному напрямку розповсюдження,

- визначення проміжку часу t_2 , який відповідає суми проміжків часу, що пройшли від моменту, в який з'являється характерна частина кожного із m періодів сигналу SIG₂, до моменту, в який відбувається перший робочий перехід наступного сигналу CLS,
- визначення різниці $|t_2 - t_1|$, та
- підрахунок на основі цієї різниці витрати Q середовища, яка пропорційна $|t_2 - t_1|$

2 Спосіб за п. 1, в якому $m = 1$

3 Спосіб за п. 1, в якому $m \neq 1$, а період, протягом якого вибирається характерна частина, відповідає першому із m послідовних періодів першого прийнятого сигналу SIG₁

4 Спосіб за п. 1, в якому $m \neq 1$, а період, протягом якого вибирається характерна частина, передують m послідовним періодам першого прийнятого сигналу SIG₁

5 Спосіб за будь-яким з пп. 1 - 4, який полягає в обробці прийнятих сигналів SIG₁ та SIG₂, що являють собою імпульси у вигляді меандру

6 Спосіб за п. 5, в якому характерні частини періодів прийнятих сигналів відповідають передньому фронту кожного імпульсу

7 Спосіб за п. 5, у якому характерні частини періодів прийнятих сигналів відповідають задньому фронту кожного імпульсу

8 Спосіб за будь-яким з пп. 1 - 7, в якому сигнали СК _{i} синхронізації являють собою імпульси у вигляді меандру

9 Спосіб за п. 1, в якому першим робочим переходом сигналу CLS синхронізації є передній фронт

10 Спосіб за п. 1, в якому першим робочим переходом сигналу CLS синхронізації є задній фронт

11 Спосіб за будь-яким з пп. 1 - 10, який полягає у визначенні відповідних різниць між сигналами SIG₁ - CLS та SIG₂ - CLS з тим, щоб одержати відповідні сигнали IEX₁ та IEX₂, що дозволяють визначити відповідні проміжки часу t_1 та t_2

12 Спосіб за п. 5 або 8, або 11, в якому сигнали IEX₁ та IEX₂ являють собою імпульси у вигляді меандру та який полягає у розширенні сукупної тривалості усіх імпульсів для визначення відповідних проміжків часу t_1 та t_2

13 Спосіб за будь-яким з пп. 1 - 12, в якому сигнал СК _{i} збігається по фазі з сигналом збудження для збудження перетворювачів

(13) C2

(11) 49022

(19) UA

14 Спосіб за будь-яким з пп 1 - 13, який полягає у формуванні чотирьох сигналів CK_i , де $i = 1 - 4$

15 Спосіб за будь-яким з пп 1 - 13, який полягає у формуванні восьми сигналів CK_i , де $i = 1 - 8$

16 Спосіб за будь-яким з пп 1 - 15, який полягає у формуванні, для кожного прийнятого сигналу, сигналу SIG_5 , що зсунутий по фазі відносно сигналів CK_i

17 Спосіб за п 16, в якому сигнал SIG_5 зсунутий по фазі на π/n відносно сигналів CK_i

18 Пристрій для вимірювання витрати текучого середовища, що містить

- принаймні два ультразвукових приймально-передавальних перетворювачів (T_1, T_2), які знаходяться на певній відстані один від одного у напрямку потоку середовища,
- засоби для формування сигналу збудження для збудження перетворювачів, та
- засоби для прийому двох ультразвукових сигналів SIG_1 та SIG_2 , випромінюваних послідовно у протилежних напрямках відповідними перетворювачами,

який відрізняється тим, що він також містить

- засоби (52, 54, 56, 202 - 210) для формування n сигналів CK_i , де $i = 1 - n$, а $n \geq 4$, які включають робочі переходи, взаємно зсунуті по фазі на $2\pi/n$, знаходяться у постійному відношенні з сигналом збудження та мають таку ж частоту, як і зазначений сигнал збудження,
- засоби (76, 78, 80, 82, 228 - 242) для ідентифікації характерної частини періоду першого прийнятого сигналу SIG_1 ,
- засоби (76, 78, 80, 82, 228 - 242) для вибору першого робочого переходу сигналу CK_i , який відбувається безпосередньо після появи зазначеної характерної частини,
- засоби (84, 86, 88, 90, 244 - 258) для зберігання сигналу синхронізації, який позначений як CLS,
- засоби для визначення проміжку часу t_1 , який відповідає, протягом цілого числа m послідовних періодів, сумі проміжків часу, що пройшли від моменту, в який з'являється характерна частина кожного із m періодів сигналу SIG_1 , до моменту, в який відбувається перший робочий перехід наступного сигналу CLS,
- засоби (76, 78, 80, 82, 228 - 242) для ідентифікації однакової характерної частини протягом m послідовних періодів другого прийнятого сигналу SIG_2 ,
- засоби для визначення проміжку часу t_2 , який відповідає сумі проміжків часу, що пройшли від моменту, в який з'являється характерна частина кожного із m періодів сигналу SIG_2 , до моменту, в який відбувається перший робочий перехід наступного сигналу CLS, та
- засоби для підрахунку різниці $|t_2 - t_1|$ та одержання на основі цієї різниці витрати Q , яка є пропорційною $|t_2 - t_1|$

19 Пристрій за п 18, в якому $m = 1$

20 Пристрій за п 18, в якому $m \neq 1$, а період, протягом якого вибирається характерна частина, відповідає першому із m послідовних періодів першого прийнятого сигналу SIG_1

21 Пристрій за п 18, в якому $m \neq 1$, а період, протягом якого вибирається характерна частина, передують m послідовним періодам першого прийнятого сигналу SIG_1

22 Пристрій за будь-яким з пп 18 - 21, в якому засоби для формування сигналів CK_i містять кварцовий генератор (52, 202), за яким підключені $n/2$ D-тригери (54, 56, 204, 206, 208, 210), які являють собою подільник, і тим самим дозволяють одержувати сигнали CK_i , що взаємно зсунуті по фазі на $2\pi/n$,

23 Пристрій за будь-яким з пп 18 - 22, в якому засоби для вибору першого робочого переходу сигналу синхронізації містять D-тригери (76, 78, 80, 82, 228 - 242) для здійснення n "вибірок", причому на вхід D кожного із яких надходить спільний сигнал SIG_1 або SIG_2 , на вхід CK кожного із тригерів надходить відповідний сигнал CK_i , який є різним для кожного тригера, що дозволяє активувати тригери через входи RAZ скидання на нуль точно у такий спосіб, як і у випадку, коли ці входи RAZ тригерів знаходяться у стані «1» та коли спільний сигнал має значення «1», при цьому вказані тригери є чутливими до сигналів CK_i

24 Пристрій за будь-яким з пп 18 - 22, в якому засоби для вибору першого робочого переходу сигналу синхронізації містять n логічних елементів (101, 103, 105, 107), на відповідний вхід кожного із яких надходить спільний сигнал SIG_1 або SIG_2 , та n моностабільних схем (106, 108, 109, 111), кожна з яких приймає різний сигнал CK_i , а вихідний сигнал кожної схеми надходить на відповідний один із входів n логічних елементів (101, 103, 105, 107)

25 Пристрій за п 23 або 24, в якому засоби для збереження сигналу CLS містять, по-перше, n D-тригерів (84, 86, 88, 90, 244 - 258) зберігання, вхід CK кожного із яких приймає сигнал з виходу Q відповідного тригера (76, 78, 80, 82, 228 - 242) вибору, та, по-друге, логічний елемент (278) HI - I, який має n входів, кожний із яких з'єднаний з виходом Q відповідного тригера зберігання, причому вхід D кожного із тригерів зберігання постійно знаходиться у стані «1», а перший сигнал, прийнятий на входи CK одного із тригерів (84, 86, 88, 90, 244 - 258), активує його функцію зберігання, оскільки примушує вихід Q вказаного тригера перейти у стан «1», а вихід \bar{Q} - у стан «0», завдяки чому активується схема синхронізації (102, 104, 74, 280, 226) для синхронізації спільного сигналу SIG_1 або SIG_2

26 Пристрій за п 25, в якому кожний із n логічних елементів (92, 94, 96, 98, 260 - 274) HI - I приймає сигнал CK_i та сигнал із виходу Q відповідного тригера (84, 86, 88, 90, 244 - 258) збереження на відповідні свої входи, причому вихідний сигнал кожного із елементів надсилається на відповідний один із входів логічного елемента (100, 276) HI - I, який має n входів, один із n логічних елементів (92, 94, 96, 98, 260 - 274) деблокує відповідний сигнал CK_i , коли активується функція зберігання відповідного тригера зберігання

Винахід стосується способу вимірювання витрати текучого рідкого середовища, який полягає в послідовному розповсюдженні двох ультразвукових сигналів у протилежних напрямках між двома ультразвуковими приймально-випромінювальними перетворювачами, що знаходяться на деякій відстані один від одного в напрямку переміщення потоку, причому кожний перетворювач приймає відповідний ультразвуковий сигнал.

Винахід також стосується пристрою для вимірювання витрати текучого рідкого середовища.

Протягом багатьох років відомо, що витрата рідкого середовища, наприклад гарячої води, яка тече в трубі, може визначатися шляхом вимірювання відповідного проміжку часу розповсюдження ультразвукових сигналів, які випромінюються вище по ходу потоку та нижче по ходу потоку між двома ультразвуковими перетворювачами, що знаходяться на деякій відстані один від одного в напрямку переміщення потоку середовища.

Що стосується вимірювання витрати гарячої води, то в документі WO 86/02722 описаний спосіб, який полягає в тому, що обидва перетворювачі одночасно випромінюють відповідні ультразвукові сигнали, які розповсюджуються в протилежних напрямках.

Завдяки наявності потоку проміжок часу T_2 розповсюдження сигналу, який був випромінений вище по ходу потоку, більш довший, ніж проміжок час T_1 розповсюдження сигналу, який був випромінений нижче по ходу потоку.

Шляхом вимірювання двох проміжків часу T_1 , T_2 витрату можна визначити за допомогою формули $Q = K(T_2 - T_1) / C$, де K - член, який враховує геометрію вимірювального приладу, а C - член корекції, який має відношення до швидкості розповсюдження звуку у воді.

Цей спосіб має один значний недолік. Зразу ж після збудження одного із перетворювачів він продовжує випромінювати сигнал, одночасно приймаючи сигнал, який надходить із іншого перетворювача. Коли температура води змінюється, то спостерігається зсув i в прийнятих ультразвукових сигналах виникають додаткові небажані зсуви по фазі.

Для вирішення цієї проблеми необхідно здійснювати вимірювання температури та корегувати результати вимірювання витрати в залежності від коливання температури, що ускладнює спосіб вимірювання.

Крім того, відомі інші способи вимірювання, наприклад спосіб, описаний з документі EP 0 426 309, під час здійснення якого акустичні сигнали, кожний із яких включає інверсію фази, послідовно випромінюють у потоці текучого рідкого середовища у взаємно протилежних напрямках. Проміжок часу розповсюдження кожного із прийнятих акустичних сигналів вимірюють шляхом виявлення моменту появи інверсії фази відносно початку відліку проміжку часу, що має відношення до відповідного випромінюваного сигналу.

Цей момент виявляють за допомогою фазово-

го детектора, але подібне виявлення не є точним.

Що стосується кожного із акустичних сигналів, то вимірювання проміжку часу його розповсюдження пов'язане з вимірюванням акустичного зсуву по фазі, який викликається у відповідному акустичному сигналі із-за його розповсюдження у потоці рідкого середовища.

Акустичний зсув по фазі вимірюють шляхом квантування одержаного сигналу на восьми конденсаторах, шляхом перетворення підданого квантуванню сигналу в цифрову форму та шляхом здійснення синхронного детектування кінцевого цифрового сигналу.

На жаль, із-за квантування, цей спосіб вимірювання викликає появу додаткового шуму у квантованих значеннях сигналу і отже у самому вимірюванні.

Крім того, цей спосіб є складним, оскільки під час його здійснення для кожного випромінювання сигналів в заданому напрямку розповсюдження необхідно вимірювати проміжок часу розповсюдження сигналу та акустичний зсув по фазі.

Таким чином, було б корисним створити спосіб вимірювання, який не вносить у вимірювання додаткового шуму та здійснення якого є більш простим, ніж відомі способи.

Отже, даний винахід пропонує спосіб вимірювання витрати текучого рідкого середовища, який полягає у послідовному розповсюдженні в протилежних напрямках двох ультразвукових сигналів між двома ультразвуковими перетворювачами, що знаходяться один від одного на деякій відстані в напрямку потоку рідкого середовища, причому кожний перетворювач одержує відповідний ультразвуковий сигнал SIG_1 , SIG_2 . При цьому зазначений спосіб відрізняється тим, що він включає створення n сигналів синхронізації CK_i , де $i = 1 - n$, а $n \geq 4$, які включають робочі переходи, мають взаємні зсуви по фазі, рівні $2\pi/n$, знаходяться у постійному відношенні з сигналом збудження для збудження перетворювачів та мають таку саму частоту, як і вказаний сигнал збудження, вибір характерної частини періоду першого сигналу SIG_1 прийнятого в одному напрямку розповсюдження, вибір першого робочого переходу сигналу синхронізації, який відбувається відразу ж після появи характерної частини, зберігання сигналу синхронізації, який позначений як CLS , визначення проміжку часу t_1 , який відповідає, протягом цілого числа m послідовних періодів, сумі проміжків часу, що пройшли від моменту, у який з'являється характерна частина кожного із періодів m сигналу SIG_1 , до моменту, у який відбувається перший робочий перехід наступного сигналу CLS , ідентифікацію однакової характерної частини протягом m послідовних періодів другого сигналу SIG_2 , прийнятому у протилежному напрямку розповсюдження, визначення проміжку часу t_2 , який відповідає сумі проміжків часу, що пройшли від моменту, у який з'являється характерна частина кожного із m періодів сигналу SIG_2 , до моменту, у який відбувається перший робочий перехід наступного сигналу CLS ,

обчислювання різниці $|t_2 - t_1|$, та одержання на основі зазначеної різниці витрати Q , яка пропорційна $|t_2 - t_1|$

Шляхом створення n проміжних сигналів $СК_1$, на відміну від початків відліку проміжків часу, які використовують у відомих способах ультразвукового вимірювання витрати текучого середовища, можна створити початок відліку проміжків часу, який є «змінним», причому зразу ж після досягнення бажаної розрізняльної здатності для вимірювання часу здійснюється пошук іншого більш відповідного початку відліку проміжків часу

Оскільки початок відліку проміжків часу створюють на основі сигналів синхронізації, то на відміну від аналого-цифрового перетворювача додаткові шуми не виникають

Крім того, спосіб є простим, оскільки відсутня операція квантування та синхронного детектування, і отже він може здійснюватися за допомогою простих аналогових засобів, чого не можна сказати про відомі способи

До того ж, електронну схему без аналого-цифрового перетворювача можна легше об'єднати в єдине ціле з інтегральними схемами спеціального застосування (ASIC)

Використовуючи такий «змінний» початок відліку проміжків часу, можна більш точно та більш швидко досягти бажаної роздільної здатності

Для n сигналів $СК_1$ із зсувом по фазі, рівним $2\pi/n$, роздільна здатність становить T/n (T - роздільна здатність, досягнута за допомогою генератора синхронізуючих імпульсів, на основі якого можна сформувати n сигналів), і отже можна вимірювати проміжок часу, який пройшов від моменту, в який з'являється характерна частина кожного із m періодів зазначеного сигналу, до моменту, в який відбувається перший робочий перехід вибраного сигналу синхронізації, з більшою роздільною здатністю, ніж у відомих технічних рішень

За умови, що роздільна здатність зростає, коли збільшується кількість вимірювань (співвідношення становить $1/\sqrt{N}$, де N - кількість вимірювань), зрозуміло, що «змінний» початок відліку проміжків часу дає можливість покращити роздільну здатність безпосередньо, завдяки чому для досягнення бажаної роздільної здатності необхідно здійснювати меншу кількість вимірювань

Таким чином, даний спосіб вигідно дозволяє зменшити споживання енергії, необхідної для здійснення ультразвукового вимірювання витрати текучого середовища при такій же роздільній здатності, як і при здійсненні відомих способів

Крім того, необхідно зазначити, що коли в середовищі, наприклад у воді, випромінювання здійснюють на частотах звукових хвиль, рівних приблизно 1 МГц, то здійснити такі відомі способи, як, наприклад, спосіб, описаний в документі EP 0 426 309, можна лише при значних витратах енергії, оскільки необхідно використовувати аналого-цифровий перетворювач, який може здійснювати квантування сигналу з частотою 1 МГц, і отже коштує дорого, чого не можна сказати про даний винахід

Ціле число m періодів може бути рівним 1 або мати інші значення. Коли m відрізняється від 1, то

період, протягом якого вибирають характерну частину, може відповідати першому із m послідовних періодів або ж він може передувати вказаним m періодам

Згідно з винаходом прийняті сигнали SIG_1 та SIG_2 можуть бути піддані обробці для одержання імпульсів у вигляді меандру і в цьому випадку характерні частини періодів прийнятих сигналів відповідають передньому або задньому фронту кожного імпульсу

Згідно з винаходом сигнали синхронізації можуть мати форму імпульсів у вигляді меандру і в цьому випадку першим робочим переходом вибраного сигналу синхронізації є передній або задній фронт

У способі згідно з винаходом відповідні різниці $SIG_1 - CLS$ та $SIG_2 - CLS$ між сигналами підраховуються таким чином, щоб одержати відповідні сигнали IEX_1 та IEX_2 , які дозволяють визначити відповідні проміжки часу t_1 та t_2

Сигнали IEX_1 та IEX_2 можуть мати форму імпульсів у вигляді меандру і спосіб згідно з винаходом полягає у розширюванні кумулятивної тривалості усіх імпульсів з метою визначення відповідних проміжків часу t_1 та t_2

Наприклад, сигнал $СК_1$ може збігатися по фазі із сигналом збудження перетворювачів

В першому варіанті здійснення винаходу формують чотири сигнали синхронізації

У другому варіанті здійснення винаходу формують вісім сигналів синхронізації

Здебільшого на основі кожного прийнятого сигналу формують сигнал SIG_S , який зсунутий по фазі відносно сигналів синхронізації, що дозволяє запобігти одночасному проходженню вказаних сигналів

Наприклад, сигнал SIG_S може бути зсунутий по фазі на π/n

Винахід також пропонує пристрій для вимірювання витрати текучого середовища, який містить принаймні два ультразвукових перетворювача, що знаходяться на деякій відстані один від одного в напрямку потоку середовища,

засоби для формування сигналу збудження для збудження перетворювачів, та

засоби для прийому двох ультразвукових сигналів SIG_1 та SIG_2 , які випромінюються послідовно у протилежних напрямках відповідним одним із перетворювачів,

причому пристрій відрізняється тим, що він також містить

засоби для формування n сигналів $СК_i$, де $i = 1 - n$, а $n \geq 4$, які включають робочі переходи, взаємно зсунуті по фазі на $2\pi/n$, знаходяться у постійному співвідношенні з сигналом збудження та мають таку ж частоту, як і вказаний сигнал збудження,

засоби для ідентифікації характерної частини періоду першого прийнятого сигналу SIG_1 ,

засоби для вибору першого робочого переходу сигналу $СК_i$, який відбувається безпосередньо після появи характерної частини,

засоби для збереження сигналу синхронізації, який позначений як CLS ,

засоби для визначення проміжку часу t_1 , який протягом цілого числа m послідовних періодів від-

повідляє сумі проміжків часу, що пройшли від моменту, у який з'являється характерна частина кожного із m періодів сигналу SIG_1 , до моменту, у який відбувається перший робочий перехід наступного сигналу CLS,

засоби для ідентифікації однакової характерної частини протягом m послідовних періодів другого прийнятого сигналу SIG_2 ,

засоби для визначення проміжку часу t_2 , який відповідає сумі проміжків часу, що пройшли від моменту, у який з'являється характерна частина кожного із m періодів сигналу SIG_2 , до моменту, у який відбувається перший робочий перехід наступного сигналу CLS, та

засоби для обчислювання різниці $[t_2 - t_1]$ та одержання на основі зазначеної різниці витрати Q , яка пропорційна $[t_2 - t_1]$

Пристрій може бути оснащений такими простими аналоговими засобами, як, зокрема, D- або RS-тригери і отже немає потреби у використанні аналого-цифрового перетворювача або деякої кількості конденсаторів для зберігання квантованих значень

Засоби для формування сигналів CK_i синхронізації можуть містити кварцовий генератор з підключеними за ним D-тригерами, що являють собою подільник $n/2$, і тим самим дозволяють одержувати сигнали CK_i , які взаємно зсунуті по фазі на $2\pi/n$

Засоби для вибору першого робочого переходу сигналу синхронізації можуть містити D-тригери для здійснення n «вибірок», причому на вхід D кожного із тригерів надходить сигнал SIG_1 або SIG_2 , що спільно приймається, на вхід CK синхронізації кожного із тригерів надходить відповідний сигнал CK_i , який є різним для кожного тригера, що дозволяє активувати тригери через входи RAZ скидання на нуль таким чином, що коли входи RAZ тригерів знаходяться у стані «1», а спільний сигнал має значення «1», зазначені тригери є чутливими до сигналів CK_i

Засоби для вибору першого робочого переходу сигналу синхронізації можуть також містити n логічних елементів, на відповідний вхід кожного із яких надходить сигнал SIG_1 або SIG_2 , що спільно приймається, та n моностабільних схем, кожна із яких приймає різний сигнал CK_i , а їхній вихідний сигнал надходить на один із інших входів n логічних елементів

Засоби для збереження сигналу CLS можуть містити, по-перше, n D-тригерів зберігання, кожний із яких приймає, на вхід CK синхронізації, сигнал з виходу Q відповідного тригера вибору, та, по-друге, логічний елемент HI-I, що має n входів, кожний із яких з'єднаний з виходом Q відповідного тригера зберігання, причому вхід D кожного із тригерів зберігання постійно знаходиться у стані «1», а перший сигнал, прийнятий на вході CK одного із тригерів, який активує його функцію зберігання, примушує вихід Q зазначеного тригера перейти у стан «1», а вихід Q - у стан «0», завдяки чому активується схема синхронізації для синхронізації сигналу SIG_1 або SIG_2 , що спільно приймається

В пристрої згідно з винаходом кожний із n логічних елементів HI-I приймає сигнал CK_i та сигнал з виходу Q відповідного тригера зберігання через

відповідні свої входи, причому вихід кожного із елементів з'єднаний з одним із відповідних входів логічного елемента HI-I, який має n входів, один із n логічних елементів деблокує відповідний сигнал CK_i , коли активується функція зберігання відповідного тригера зберігання

Інші характеристики та переваги стануть очевидними із подальшого опису, в якому використовується приклад, що не обмежує винахід, з посиланням на додані креслення, на яких

фіг 1 - перший варіант розміщення ультразвукових перетворювачів відносно потоку текучого середовища,

фіг 2 - інший варіант розміщення ультразвукових перетворювачів відносно потоку текучого середовища,

фіг 3 - спрощене схематичне зображення пристрою для завдання послідовності в пристрої згідно з винаходом,

фіг 4 - схематичне зображення частини пристрою згідно з винаходом, яка включає вузли випромінювання ультразвукових сигналів, вузол для перемикання перетворювачів та вузол обробки прийнятих ультразвукових сигналів,

фіг 5a - форма сигналу SIG_1 (SIG_2), сформованого на основі прийнятого ультразвукового сигналу,

фіг 5b - стадії випромінювання та прийому ультразвукових сигналів,

фіг 6 - схематичне зображення частини пристрою згідно з винаходом, яка містить вузол формування сигналів CK_i ($i = 1 - 4$) та вузли вибору і зберігання сигналів CLS,

фіг 7 - форми чотирьох сигналів CK_i відносно один одного,

фіг 8a - варіант частини пристрою, показаної на фіг 6, яка вибирає сигнали CLS,

фіг 8b - варіант частини пристрою, зображеної на фіг 6, в якому показано вузли вибору і зберігання сигналів CLS,

фіг 8c - форми основних сигналів, використаних як функція часу,

фіг 9 - схематичне зображення частини пристрою згідно з винаходом, яка містить вузол формування сигналів IEX_1 та IEX_2 ($SIG_1 - CLS$ та $SIG_2 - CLS$), у спрощеному вигляді,

фіг 10 - діаграма, яка зображує стадію формування сигналів IEX_1 та IEX_2 ,

фіг 11 - форми сигналів SIG_1 , CLS та IEX_1 ,

фіг 12a - схематичне зображення принципу розширення часу,

фіг 12b - спрощене схематичне зображення розширювача часу,

фіг 13 - схематичне зображення частини пристрою згідно з винаходом, яка містить розширювач часу,

фіг 14 - різні сигнали SIG_1 , SIG_2 , IEX_1 та IEX_2 ,

фіг 15 - схематичне зображення частини пристрою, показаної на фіг 6, в другому варіанті винаходу,

фіг 16 - форми восьми сигналів CK_i відносно один одного, та

фіг 17 - форми сигналів CK_1 , CK_3 , $C4M$, SIG_1 , SIG_{1S} та IEX_1

Пристрій для вимірювання витрати текучого середовища, наприклад, гарячої води, показаний

на фіг 1, 2, 4, 7 та 11 і позначений у цілому позицією 10

Як показано частково на фіг 1, пристрій згідно з винаходом містить два ультразвукові перетворювачі T_1 та T_2 , розташовані в потоці та на деякій відстані один від одного у напрямку потоку текучого середовища для збирання інформації про швидкість потоку середовища

На фіг 1 перетворювачі T_1 та T_2 встановлені на протилежних кінцях вимірювальної трубки 12, вздовж якої текуче середовище проходить у напрямку, вказаному стрілкою «F», таким чином, що вони обернені один до одного

Інший приклад розміщення перетворювачів T_1 та T_2 показаний на фіг 2, причому у цьому випадку перетворювачі знаходяться в задніх частинах заглиблень 14 та 16, що перпендикулярні до напрямку потоку, який позначений стрілкою «F»

Текуче середовище проходить через вимірювальну трубку 18, в якій встановлені два дзеркала 20 та 22, щоб відбивати ультразвукові сигнали, як показано на фіг 2

Ультразвукові перетворювачі T_1 та T_2 збуджуються сигналом збудження, який надходить з пристрою 24 для завдання послідовності, що показаний у спрощеному вигляді на фіг 3. Пристрій 24 містить 16-ти розрядний лічильник 26, дешифратор 28, з'єднаний з лічильником, та вузол 30, який містить деяку кількість логічних елементів

Сигнал $СК_1$ з частотою 1МГц, одержаний з сигналу синхронізації з частотою 4МГц, подають на лічильник 26 та вузол 30, який також приймає сигнал TE, що надходить з дешифратора 28 та деблокує випромінювання ультразвукового сигналу. На вихід вузла 30 надходить сигнал SE збудження, який діє як керуючий сигнал. Лічильник 26 активується тоді, коли з «резервного» генератора синхроімпульсів, який не показаний на фіг 3, надходить сигнал RAZ

Як показано на фіг 4, сигнал SE_1 , призначений для збудження перетворювача T_1 , надсилається на відповідні входи двох логічних елементів 32 та 34 HI-I, з'єднаних паралельно для зменшення внутрішнього імпедансу схеми

На інший вхід кожного із логічних елементів HI-I подається логічний сигнал, значення якого становить «1». Такі логічні елементи можуть бути замінені інверторами

Вихідні сигнали двох логічних елементів 32 та 34 надсилаються на конденсатор C_1 , з'єднаний послідовно з резистором R_1 , причому резистор R_1 з'єднаний з іншим резистором R_2 , який у свою чергу з'єднаний з виводами перетворювача T_1

Вивід перетворювача T_1 , що з'єднаний з резисторами R_1 та R_2 , також з'єднаний з резистором R_3 , який приймає електричний струм, що надходить з колектора перемикального транзистора 36

До емітера цього транзистора 36 PNP прикладають напругу V_{dd} . Завдяки тому, що резистори R_2 та R_3 з'єднані послідовно, можна забезпечувати стабільну напругу для зсуву напруги перетворювачів, причому напруга зсуву становить $V_{dd}/2$

Конденсатор C_1 дозволяє відокремити напругу V_{dd} від входу (коли сигнал SE є вхідним), з тим щоб запобігти збурному діянню потенціалу подільної схеми R_2 та R_3 , коли, зокрема, сигнал SE_1 зна-

ходиться у стані спокою. У цьому випадку також можна уникнути надмірного споживання енергії

Резистор R_1 дозволяє відокремити перетворювач T_1 від вхідного сигналу, з тим щоб забезпечити сумісність прямокутного сигналу \bar{S}_E з дуже ємнісним перетворювачем, і це дозволяє краще регулювати імпеданс випромінювання

Для перетворювача T_2 створена симетрична схема, що збуджується сигналом SE_2 , в яку входять лопчні елементи 38 та 40 HI-I, резистори R_4 , R_5 та R_6 , конденсатор C_2 та транзистор 42

Оскільки два розгалуження симетричної схеми не з'єднані між собою, то отже забезпечується гарна розв'язка між двома перетворювачами

Коли перетворювач T_1 випромінює ультразвуковий сигнал після збудження сигналом збудження з частотою, рівною 1МГц, то перемикач 44 перемикального вузла знаходиться в розімкненому положенні, а перемикач 46, з'єднаний з перетворювачем T_2 знаходиться в замкненому положенні

Наприклад, тривалість випроміненого ультразвукового сигналу, який позначений на фіг 5 літерою E, може становити 40мкс

Приблизно через 80мс після моменту, в який починається випромінювання сигналу, перетворювач T_2 (фіг 5b) приймає ультразвуковий сигнал

Прийнятий сигнал, позначений літерою R на фіг 5a та 5b, піддається обробці в інверторі 48 (фіг 4), наприклад в інверторі з КМОП-структурою типу HCO4, який містить три послідовно з'єднаних інвертори та формує, як показано на фіг 5a, сигнал SIG_1 у формі меандру

Як варіант, обробка може здійснюватися за допомогою диференційного компаратора, один вхід якого приймає сигнал, що надходить з перемикального вузла, а його інший вхід приймає опорний сигнал, який надходить із спеціалізованого подільника або із RC-схеми, що визначає середнє значення сигналу

Як показано на фіг 6, пристрій 10 містить засоби 50 для формування чотирьох сигналів $СК_i$, де $i = 1 - 4$

Вказані засоби включають кварцовий генератор 52 з частотою, рівною 4МГц. Генератор формує сигнал синхронізації, який надходить на входи СК двох D-тригерів 54 та 56, що складають подільник. Форма сигналу синхронізації з частотою 4МГц показана на фіг 7

Вихід \bar{Q} тригера 56 з'єднаний з входом D тригера 54, а вихід Q тригера 54 з'єднаний із входом D тригера 56

Як показано на фіг 7, при припущенні, що сигнал $СК_2$ має значення «0», а сигнал $СК_4$ має значення «1», коли з'являється передній фронт сигналу синхронізації з частотою 4МГц, сигнал $СК_1$, який надходить з виходу Q тригера 54, приймає значення «1», і отже вхід D тригера 56 також переходить у стан «1»

Отже сигнал $СК_3$, який надходить з виходу \bar{Q} тригера 54, приймає значення «0»

При появі наступного переднього фронту сигналу синхронізації з частотою 4МГц сигнал $СК_2$, який надходить з виходу Q тригера 56, приймає значення «1»

Таким чином, сигнал $СК_4$, який надходить з виходу \bar{Q} тригера 56, приймає значення «0», і от-

же вхід D тригера 54 також переходить у стан «0»

При наступному передньому фронті сигналу синхронізації з частотою 4МГц сигнал СК₁ повертається до значення «0», а сигнал СК₃ приймає значення «1» і, отже, вихід D тригера 56 також переходить у стан «0»

Коли з'являється наступний передній фронт сигналу синхронізації з частотою 4МГц, то сигнал СК₂, який надходить з виходу Q тригера 58, приймає значення «0» і, отже, сигнал СК₄ приймає значення «1», примушуючи вхід D тригера 54 перейти у стан «1». При появі іншого переднього фронту сигналу синхронізації з частотою 4МГц сигнал СК₁ приймає значення «1», сигнал СК₃ приймає значення «0», а вхід D тригера 56 переходить у стан «1». Наступний передній фронт сигналу синхронізації з частотою 4МГц примушує сигнал СК₂ прийняти значення «1» і тим самим примушує сигнал СК₄ прийняти значення «0», а вхід D тригера 54 перейти у стан «0»

Вказані чотири сигнали СК₁, СК₂, СК₃ та СК₄ синхронізації показані на фіг 7 жирними літерами

Ці сигнали мають таку ж частоту (1МГц), як і сигнали SE₁ та SE₂ збудження для збудження перетворювачів, причому сигнали збудження формуються на основі сигналу СК₁. Сигнали синхронізації зсунуті по фазі один відносно одного на π/n та знаходяться у постійному фазному відношенні з сигналами збудження для збудження перетворювачів

Крім того, сигнали мають робочі переходи між логічними значеннями «0» та «1»

Варіант схеми 50 полягає у формуванні сигналу СК₁ з частотою 1МГц на основі сигналу синхронізації з частотою 2МГц, який формується генератором, та за допомогою D-тригера

Потім шляхом здійснення штучної затримки, наприклад, за допомогою моностабільної схеми (або схеми затримки), на основі сигналу СК₁ формується сигнал СК₂, а сигнали СК₃ та СК₄ легко формуються на основі сигналів СК₁ та СК₂ шляхом їх інвертування

Як показано на фіг 3, сигнал «синхронізації» ERS формується дешифратором 28 пристрою 26 завдання послідовності, а його форма показана на фіг 5a та 5b

Його логічне значення становить «0», а через проміжок часу в 59мс його значення переходить в «1», коли прийнятий сигнал знаходиться в його центральній частині, в якій створюється менше перешкод, ніж на початку або в кінці вказаного прийнятого сигналу. Цей сигнал ініціює початок стадії, на якій вибирається сигнал СК₁

Як показано на фіг 6, сигнал ERS надходить на вхід D D-тригера 58. Цей тригер може формувати на своєму виході Q сигнал ERSS, який відповідає сигналу ERS, синхронізованому з сигналом СК₁, що надходить на вхід CK тригера 58

Сигнал СК₁ був вибраний довільно

Сигнал ERE формується дешифратором 28 пристрою 26 завдання послідовності (фіг 3), а його форма показана на фіг 5b

Його логічне значення становить «0», а через 2мс після того, як сигнал ERS приймає значення «1», його значення стає рівним «1». Цей сигнал ініціює початок стадії вимірювання

Як показано на фіг 6, сигнал ERE надходить на вхід D D-тригера 60, на вхід \bar{C} очистки якого (скидання на нуль) надходить сигнал R, що повторно ініціалізує тригер на початку вимірювання

Вихід Q тригера 60 з'єднаний з одним із входів логічного елемента 62 АБО-НІ, інший вхід приймає сигнал $\bar{E} \bar{R} \bar{S} \bar{S}$

Вихід цього елемента 62 з'єднаний з інвертором 64, вихід якого з'єднаний з одним із входів логічного елемента 66 АБО-НІ, інший вхід приймає сигнал синхронізації з частотою 4МГц

Сигнал С4М з частотою 4МГц надходить з виходу цього елемента 66. Сигнал С4М подається на вхід CK тригера 60. Сигнал С4М запускається сигналом $\bar{E} \bar{R} \bar{S} \bar{S}$, який приймає значення «0», і забороняється, коли з'являється сигнал ERE, що синхронізується сигналом С4М

Необхідно підкреслити, що ця логічна схема обмежує наявність сигналу С4М, зокрема на входах CK тригерів 60 та 70, що дозволяє звести споживання енергії схемою до мінімуму (фіг 8c)

Вихід Q тригера 60 видає сигнал ERES, який відповідає сигналу ERE, синхронізованому з сигналом С4М, та форма якого показана на фіг 8c. Цей сигнал деблокує вузол вимірювання, який описаний далі

Синхронізований сигнал ERSS надсилається на вхід \bar{C} D-тригера 68. Сигнал SIG (SIG₁ або SIG₂) надсилається на вхід CK цього тригера, вхід D якого знаходиться у стані «1»

Вихід Q тригера 68 з'єднаний із входом D D-тригера 70

Сигнал С4М надсилається на вхід CK тригера 70, а на вхід \bar{C} надсилається сигнал $\bar{R} \bar{G}$, який призначений для ініціалізації тригера на початку циклу повного вимірювання, що полягає у випромінюванні ультразвукового сигналу в напрямку потоку текучого середовища, яке називають «збудження нижче по ходу потоку», та у випромінюванні сигналу у протилежному напрямку, яке називають «збудження вище по ходу потоку»

Коли сигнал ERSS на виході Q тригера 58 приймає значення «1», то перший передній фронт обробленого сигналу SIG₁ (або SIG₂) примушує вихід Q тригера 68 перейти у стан «1», дозволяючи тим самим виходу Q тригера 70 перейти у стан «1» при появі першого переднього фронту сигналу С4М

Результуючий сигнал SIG_{1S} відповідає сигналу SIG₁, який синхронізований з сигналом С4М

Щоб одержати сигнал SIG_{1S}, який є зсунутим по фазі відносно сигналу SIG₁, тригер 70 можна замінити чотирма послідовно з'єднаними логічними інверторами, що з'єднані з виходом Q тригера 68

Сигнал ERSS також надсилається на вхід D D-тригера

Вхід \bar{C} тригера 72 приймає зазначений вище сигнал $\bar{R} \bar{G}$

Сигнал CK синхронізації тригера 72 приєднується до сигналу SIG_{1S}

Спільний сигнал SIG_{1S} також надсилається на один із входів логічного елемента 74 І, вихідний сигнал якого надсилається на інвертор 75, що посилає сигнал SIG_{1S} на входи D чотирьох D-тригерів 76, 78, 80, 82

Вхід \bar{C} кожного тригера з'єднаний з виходом Q тригера 72

Коли сигнал ERSS має значення «1», перший передній фронт сигналу SIG_{1S} запускає тригер 72 і примушує його вихід Q перейти у стан «1»

Перший передній фронт сигналу SIG_{1S} , який з'являється після того, як ERSS набув значення «1», деблокує входи \bar{C} чотирьох тригерів 76, 78, 80 та 82

Входи CK чотирьох інших D-тригерів 84, 86, 88, 90 приймають сигнали з відповідних виходів Q тригерів 76, 78, 80 та 82

Входи D тригерів 84, 86, 88, 90 постійно знаходяться у стані «1», а на їхні входи \bar{C} подається спільний сигнал $\bar{R} \bar{G}$ ініціалізації

Виходи Q тригерів 84 - 90 з'єднані з відповідними входами чотирьох логічних елементів 92, 94, 96 та 98 HI-I, інші входи цих елементів приймають відповідні сигнали синхронізації CK_1 , CK_2 , CK_3 та CK_4 . Виходи логічних елементів 92 - 98 з'єднані з відповідними входами із чотирьох входів логічного елемента 100 HI-I

Виходи Q тригерів 84 - 90 з'єднані з відповідними входами із чотирьох входів логічного елемента 102 HI-I, вихідний сигнал якого інвертується логічним інвертором 104, а потім надсилається на другий вхід логічного елемента 74

Кожного разу коли передній фронт сигналу SIG_{1S} (такий фронт може вважатися характерною частиною сигналу) ідентифікується чотирма тригерами 76, 78, 80, 82, вони активуються і їхні входи CK приймають відповідні сигнали CK_1 , CK_2 , CK_3 , CK_4

Спільний сигнал $\bar{R} \bar{G}$ має значення «1» (ініціалізація на початку вимірювання), тригери 84 - 90 стають активними, і отже вони є чутливими до сигналів з виходів Q тригерів 76, 78, 80, 82

Перший робочий перехід або передній фронт першого сигналу синхронізації, який з'являється безпосередньо після того, як з'явиться передній фронт сигналу SIG_{1S} , відкриває вихід Q тригера, що приймає відповідний сигнал синхронізації

Тригери 76, 78, 80, 82 роблять можливими ідентифікацію переднього фронту сигналу SIG_{1S} та вибір першого робочого переходу сигналу CK_1 , який відбувається безпосередньо після появи переднього фронту. Наприклад, якщо вибраним сигналом синхронізації є CK_3 , оскільки він є найближчим у часі до SIG_{1S} , то цей сигнал, вибраний тригером 80, примушує вихід Q цього тригера перейти у стан «1», примушуючи також вихід Q відповідного тригера 88 перейти у стан «1»

Виходи Q інших тригерів 76, 78 та 82 завжди знаходяться у стані «0»

Потім вихід Q тригера 88 знаходиться у стані «0» і отже примушує вихід логічного елемента 102 перейти у стан «1». Інвертований сигнал, який надходить на другий вхід логічного елемента 74, у цьому випадку має значення «0», що викликає фіксацію елемента та примушує спільний вихідний сигнал елемента прийняти значення «0», а взаємозв'язані входи D тригерів 76 - 82 перейти у стан «0»

Таким чином, тригери 76 - 82 стають нечутливими до сигналів CK_i синхронізації, а виходи Q тригерів залишаються у стані «0»

Це дозволяє запобігти вибору інших сигналів синхронізації, у такий спосіб, вибраний сигнал CK_3 зберігається

Оскільки вихід Q тригера 88 знаходиться у стані «1», то сигнал CK_3 деблокується логічним елементом 96 та надсилається на один із чотирьох входів логічного елемента 100. Інші входи цього елемента 100 знаходяться у стані «1», оскільки виходи Q тригерів 84, 86 та 90 знаходяться у стані «0», і отже елемент 100 видає сигнал CK_3 , який позначається як «CLS». Сигнал CLS відповідає сигналу синхронізації, вибраному описаною вище схемою

Оскільки сигнал SIG_1 синхронізується сигналом C4M, то можна запобігти одночасній появі фронтів сигналів SIG_1 та CLS

За допомогою варіанту, показаного на фіг 8а, функції ідентифікації переднього фронту періоду сигналу SIG_{1S} та вибору першого робочого переходу (переднього фронту) сигналу CK, який відбувається безпосередньо після появи переднього фронту періоду сигналу SIG_{1S} , можуть також здійснюватися у такий спосіб: спільний сигнал SIG_{1S} надсилається на один із входів кожного із чотирьох логічних елементів 101, 103, 105, 107 I, а кожний із сигналів CK_i надсилається на вхід відповідної мостової схеми 106, 108, 109, 111, вихід якої з'єднаний з іншим одним із входів відповідного одного із зазначених вище чотирьох логічних елементів 101, 103, 105, 107 I. Вихідні сигнали чотирьох логічних елементів I надсилаються на входи CK відповідних чотирьох тригерів 84, 86, 88 та 90 зберігання

На фіг 8b зображений варіант пристрою, показаного на фіг 6. У цьому варіанті не застосовують каскадне включення D-тригерів 84 - 90. На фіг 8b показані тільки ті елементи, які відрізняються від елементів, показаних на фіг 6

Спільний сигнал SIG_{1S} або SIG_{2S} , який надходить з виходу Q тригера 70, надсилається на D-входи чотирьох D-тригерів 300, 302, 304 та 306 та на вхід CK іншого D-тригера 308, вихід Q якого з'єднаний із входами C зазначених тригерів 300 - 306

Вхід синхронізації D-тригера 310 приймає сигнал ERSS, його вхід D постійно має значення «1», а сигнал з виходу Q надсилається на відповідний вхід із двох входів кожного із чотирьох логічних елементів 312, 314, 316, 318 I, причому інший вхід кожного із цих елементів приймає відповідний один сигнал із сигналів CK_1 , CK_2 , CK_3 , CK_4

Таким чином, коли сигнал ERSS приймає значення «1», вихід Q тригера 310 переходить у стан «1», тим самим деблокуючи сигнали CK синхронізації. Оскільки одна половина періоду сигналу C4M надходить пізніше, то передній фронт сигналу SIG_{1S} надходить на D-входи тригерів 300 - 306 і одночасно активує входи \bar{C} цих тригерів через тригер 308

Перший передній фронт сигналу CK_1 , наприклад CK_3 , який надходить безпосередньо за переднім фронтом сигналу SIG_{1S} , активує відповідний D-тригер 304, вихід Q якого переходить у стан «1»

Оскільки кожен із сигналів з виходів Q D-тригерів 300 - 306 надсилається на вхід відповід-

ного логічного елемента 320, 322, 324, 326 HI-I та оскільки інший вхід кожного елемента приймає відповідний різний сигнал CK_i , де $i = 1 - 4$, то вихід Q тригера 304 деблокує, переходячи у стан «1», сигнал CK_3 логічного елемента 324, який подається на відповідний один із чотирьох входів логічного елемента 328 HI-I

Інші три входи елемента 328 з'єднані з виходами елементів 320, 322 та 326, з тим щоб сигнал CK_3 , деблокований елементом 324, подавався з виходу елемента 328

Виходи Q тригерів 300 - 306 з'єднані з відповідними входами із чотирьох входів логічного елемента 330 HI-I, вихідний сигнал якого надсилається на логічний інвертор 332, що з'єднаний із входом \bar{S} (установка у стан «1») RS-тригера 334

Сигнал з виходу Q тригера 334 надсилається на вхід \bar{C} тригера 310, а вхід \bar{C} тригера 334 приймає сигнал \bar{R} \bar{G} повторної ініціалізації, який формується через кожні два вимірювання (після збудження вище по ходу потоку та збудження нижче по ходу потоку)

Отже, оскільки вихід Q тригера 304 переходить у стан «1», то вихід \bar{Q} переходить у стан «0», вихід тригера 330 переходить у стан «1», і, отже, вхід \bar{S} тригера 334 знаходиться у стані «0», тим самим примушуючи вихід Q зазначеного тригера 334 перейти у стан «1», а свій вихід \bar{Q} - у стан «0»

В результаті, вхід \bar{C} тригера 310 переходить у стан «0», вихід Q переходить у стан «0», тим самим фіксуючи стани логічних елементів 312 - 318. Отже RS-тригер 334 фіксує вибір сигналу синхронізації, а вибраний тригером 304 сигнал CK_3 (CLS) зберігається у зазначеному тригері 304

Цей варіант дозволяє зменшити споживання енергії пристроєм, оскільки сигнали CK_i не подаються безпосередньо на входи CK тригерів 300 - 306

Далі опис, який дається з посиланням на фіг 9 та 10, пояснює формування сигналу $SIG_1 - CLS$, позначеного як IEX₁, який формується на основі цілого числа m послідовних періодів сигналу SIG_1

Сигнал IEX₁ має форму m імпульсів у вигляді меандру, тривалість кожного із яких відповідає проміжку часу, що пройшов з моменту, в який з'являється характерна частина періоду сигналу SIG_1 , наприклад його передній фронт, до моменту, в який з'являється перший робочий перехід наступного сигналу CLS, наприклад з'являється передній фронт цього сигналу (фіг 10)

Наприклад, щоб зменшити шуми, які виникають під час вимірювань, та виконувати функцію усереднення число m може дорівнювати 16

Коли вихід Q тригера 60 (фіг 6) переходить у стан «1», сигнал ERES деблокує D-тригер 110 (фіг 9), щоб вибраний сигнал CLS синхронізації став активним на вході CK зазначеного тригера 110

На вхід \bar{C} тригера 110, який активується на початку кожного вимірювання, подається сигнал \bar{R} очищення

Передній фронт сигналу CLS (фіг 10) викликає перехід виходу Q тригера 110 у стан «1», тим самим примушуючи вихід \bar{Q} зазначеного тригера

перейти у стан «0», завдяки чому деблокується вхід очищення 16-ти розрядного лічильника 112, наприклад типу HC4040, який починає відлік 16 імпульсів. Вихід Q5 лічильника 112 переходить у стан 1 на початку шістнадцятого імпульсу, а цей інвертований сигнал надсилається на вхід \bar{C} D-тригера 114

Вихід Q тригера 110 з'єднаний із входом CK тригера 114, вхід D якого постійно знаходиться у стані «1», а вихід Q тригера 110, переходячи у стан «1», примушує вихід Q тригера 114 перейти у стан «0»

Сигнал з виходу \bar{Q} тригера 114 надсилається на вхід логічного елемента 116 I HI, інший вхід якого постійно знаходиться у стані «1», а вихід з'єднаний з D-входом тригера 118

Оскільки вихід \bar{Q} тригера 114 переходить у стан «0», то вхід D тригера 118 переходить у стан «1» (фіг 10)

Перший передній фронт сигналу SIG_1 , який з'являється на вході CK тригера 118 після того, як вхід D перейшов у стан «1», примушує вихід Q цього тригера перейти у стан «1» (фіг 10)

Сигнал з виходу Q тригера 118 по-перше надходить на вхід D тригера 120, а по-друге на вхід \bar{C} цього ж тригера та на один із входів логічного елемента 122 HI-I, вихідний сигнал якого надходить на вхід CK лічильника 112. Сигнал з виходу \bar{Q} тригера 120 надходить на вхід \bar{C} тригера 118. Коли вихід Q тригера 118 знаходиться у стані «0», то на один із входів елемента 122 надходить логічний сигнал «0» і отже вихід вказаного елемента знаходиться у стані «1»

Як тільки вихід Q тригера 118 перейде у стан «1», вихід елемента 122 переходить у стан «0», а результуючий задній фронт запускає лічильник 112 і той відлічує перший імпульс

Одночасно вихід \bar{Q} тригера 118, який знаходився у стані «1», переходить у стан «0» і тим самим примушує вихід логічного елемента 124 перейти у стан «1»

Як тільки передній фронт вибраного сигналу CLS з'являється на вході CK тригера 120 (фіг 10), вихід \bar{Q} цього тригера переходить у стан «0», тим самим примушуючи вихід Q тригера 118 перейти у стан «0»

В результаті, сигнал, який надходить із виходу \bar{Q} тригера 118 приймає значення «1» і формується перший імпульс сигналу IEX₁ (фіг 10)

У подібний спосіб формуються шістнадцять послідовних імпульсів

Поява шістнадцятого послідовного переднього фронту сигналу SIG_1 подібним чином примушує сигнал на виході логічного елемента 122 перейти у стан «0», завдяки чому активується лічильник 112, який відлічує останній імпульс

Отже сигнал з виходу \bar{Q} тригера 118 також приймає значення «0». Шістнадцятий задній фронт, який з'являється на вході синхронізації лічильника 112 примушує вихід Q5 цього лічильника перейти у стан «1» і тим самим примушує інвертований вихідний сигнал прийняти значення «0», завдяки чому фіксується стан елемента 122 HI-I

В результаті, сигнал на виході логічного еле-

мента 122 переходить знову у стан «1» (фіг 10), завдяки чому відлік припиняється. Вхід \bar{C} тригера 114 переходить у стан «0», примушуючи вихід Q цього ж тригера перейти у стан «1» і тим самим вхід D тригера 118 - у стан «0», завдяки чому цей тригер блокується.

Коли наступний передній фронт вибраного сигналу CLS з'являється на вході CK тригера 120, його вихід \bar{Q} переходить у стан «0», що примушує вихід \bar{Q} тригера 118 перейти у стан «1», і формується шістнадцятий імпульс сигналу IEX_1 (фіг 10).

Наступна операція полягає у визначенні проміжку часу t_1 , який відповідає, протягом цих шістнадцяти імпульсів, сумі відрізків часу, що пройшли, протягом кожного періоду сигналу SiG_1 , від моменту, в який з'являється передній фронт зазначеного сигналу, до моменту, в який з'являється, безпосередньо пізніше, передній фронт сигналу CLS .

Ця операція полягає у визначенні суми тривалостей шістнадцяти сформованих імпульсів (фіг 11), причому на фіг 11 показані тільки три імпульси.

Фіг 12b являє собою спрощене схематичне зображення розширювача часу. Розширювач часу використовується із-за малої тривалості імпульсів сигналу IEX_1 , причому такі тривалості неможливо визначити за допомогою таких відомих засобів, як, наприклад, засоби для відліку імпульсів, які потребують використання генератора імпульсів синхронізації та лічильника з дуже високою частотою.

Тривалість кожного із імпульсів сигналу IEX_1 , одержаного за допомогою чотирьох сигналів синхронізації, може являти собою, наприклад, одиничний проміжок часу, рівний приблизно 130 - 375нс.

Як показано на фіг 12b, сигнал IEX_1 , зображений як потенціал V_e , який може мати логічні значення «0» та «1», надсилається на генератор G_1 струму, що забезпечує струм I_1 . Цей генератор з'єднаний через один із своїх виводів з точкою A . Конденсатор C_1 ємність якого становить 22нФ, з'єднаний через одну із своїх обкладинок з точкою A , а напруга U_c з виводів конденсатора прикладається до інвертувального входу операційного підсилювача AO , який використовується як компаратор.

До неінвертувального входу цього компаратора AO прикладають опорну напругу V_R (наприклад +1,5В).

Компаратор живиться напругою V_{dd} (наприклад 3,3В).

Вихід компаратора AO з'єднаний з тригерним логічним інвертором IL , вихідний сигнал якого надсилається на другий генератор G_2 струму, що забезпечує струм I_2 . Другий генератор живиться напругою V_{dd} і з'єднаний через один із своїх виводів з точкою A .

Коли потенціал V_e має значення «0» (фіг 12a), то струм I_1 дорівнює нулю, напруга U_c на обкладинках конденсатора залишається більшою, ніж опорна напруга V_R , вихідний сигнал VAO компаратора дорівнює нулю, вихід інвертора IL знаходиться у стані «1», а струм I_2 дорівнює нулю.

Коли потенціал V_e має значення «1» (фіг 12a), струм I_1 дорівнює, наприклад, 3мА, а конденсатор C_1 розряджається до певного значення U_c , меншого, ніж V_R , при якому значення потенціалу V_e знову

стає рівним нулю.

Напруга вихідного сигналу VAO у цьому випадку досягає свого максимуму (наприклад 2,8В), а напруга вихідного сигналу інвертора IL стає рівною нулю, завдяки чому можна поступово перезарядити конденсатор струмом I_2 , величина якого приблизно становить 3мА, до значення, що перевищує величину напруги V_R , у цьому випадку значення напруги сигналу VAO повертається до нуля (фіг 12a), напруга вихідного сигналу інвертора IL приймає значення «1», а величина струму I_2 знову стає рівною нулю.

За умови, що $I_1 t_e = I_2 T_S = C U_c = \text{константа}$, де $I_1 = 3\text{мА}$, а $I_2 = 3\text{мА}$, можна підрахувати відношення I_1/I_2 , яке дорівнює, наприклад, 1000.

Отже, $T_S/t_e = 1000$.

Таким чином, для кожної тривалості t_e імпульсу розширений проміжок часу T_S одержують на виході компаратора, причому цей проміжок час може бути підрахований у звичайний спосіб за формулою $t_e = T_S/1000$.

Проміжок часу T_S визначається, наприклад, опором резистора R_{10} в схемі, показаний на фіг 13.

Схема, показана на фіг 13, є прикладом схеми, яка виконує описану вище функцію розширення часу.

Схема включає резистор R_7 , через який проходить сигнал IEX_1 (фіг 9 та 10), з'єднаний з точкою B , до якої послідовно приєднані по-перше діод D_1 , з'єднаний послідовно з резистором R_8 , а по-друге також база транзистора 130 NPN.

Емітер транзистора NPN заземлений через резистор R_9 , а колектор з'єднаний з точкою C .

Логічний рівень «1» сигналу IEX_1 визначає потенціал B у схемі R_7 , D_1 , R_8 , який прикладається до бази транзистора 130. Отже, струм визначається за формулою $i = (V_B - V_{be}) / R_9$, де V_{be} означає напругу на бази-емітері транзистора 130, тобто приблизно 0,65В.

Одна із обкладинок конденсатора C_3 з'єднана з точкою C , інвертувальний вхід компаратора 132 живиться напругою V_{dd} , причому до інвертувального входу прикладається опорна напруга V_R .

Вихідний сигнал, по-перше, надсилається на таймер вимірювання, з'єднаний з мікропроцесором, який не показаний на фігурах, а по-друге на резистор R_{10} .

Резистор R_{10} приєднаний до точки D , з якою, по-перше, з'єднаний діод D_2 , що послідовно з'єднаний з резистором R_{11} , та, по-друге, також база транзистора 136.

Емітер цього транзистора 136 PNP з'єднаний з резистором R_{12} , а колектор з'єднаний з вказаною вище точкою C .

Схема живиться напругою V_{dd} .

Ця схема працює так, як зазначалося вище з посиланням на фіг 12a та 12b.

Показані на фіг 12b генератори G_1 та G_2 струму відповідно замінені транзисторами 130 та 136, а до кожного із транзисторів приєднані з'єднані послідовно діод та резистор, які призначені для компенсації температурного дрейфу на переході емітер-база транзисторів.

Отже, після розширення проміжку часу, який відповідає сумі тривалостей шістнадцяти імпульсів сигналу IEX_1 , одержують проміжок часу t_1 , що є

характерним для розповсюдження ультразвукового сигналу, випромінюваного перетворювачем T_1 у напрямку перетворювача T_2 , який знаходиться нижче по ходу потоку текучого середовища (фіг 1)

Приблизно через 40мс після початку випромінювання сигналу перетворювачем T_1 , формується сигнал R очищення, призначений для повторної ініціалізації логічних пристроїв з метою формування сигналів IEX.

Після збудження сигналом SE_2 з частотою, рівною 1МГц, який формується пристроєм 24 задання послідовності, перетворювач T_2 випромінює у напрямку перетворювача T_1 ультразвуковий сигнал.

Перемикальний вузол, яким управляє мікропроцесор, перемикається таким чином, що вимикач 44 знаходиться в розімкненому положенні, а вимикач 46 - в замкненому положенні.

Перетворювач T_1 приймає ультразвуковий сигнал, який розповсюджується з точки, розташованої нижче по ходу потоку до точки, розташованої вище по ходу потоку, протягом приблизно 90мс від моменту, в який почалося випромінювання, а для одержання сигналу SIG_2 , форма якого показана на фіг 5а, прийнятий сигнал піддається обробці на інверторі 48.

Описаний з посиланням на фіг 6 вузол залишається активованим у стані, в якому він знаходився, коли був вибраний сигнал CLS, і отже вузол видає сигнал CLS.

Для формування сигналу SIG_{2S} сигнал SIG_2 синхронізується з сигналом C4M.

Сигнал SIG_2 надсилається на вхід CK тригера 118 (фіг 9), а вибраний сигнал CLS надсилається на входи CK тригерів 110 та 120. Частина сигналу SIG_2 вибирається сигналом ERES, який деблокує вхід D тригера 110. Показаний на фіг 9 вузол працює так, як описано з посиланням на формування сигналу IEX₁, у такий же спосіб формується і сигнал IEX₂.

Сигнали IEX₁ та IEX₂ показані на фіг 14.

Для зручності вони показані один над одним, але зрозуміло що вони не є одночасними.

Потім сигнал IEX₂ піддається обробці схемою розширення часу, яка показана на фіг 13, у такий самий спосіб, як описано вище з посиланням на зазначену фігуру.

Проміжок часу t_2 , який є характерним для розповсюдження ультразвукового сигналу, випромінюваного перетворювачем T_2 в напрямку перетворювача T_1 , визначається так, як описано вище з посиланням на проміжок часу t_1 .

Різницю між цими проміжками часу $t_2 - t_1$ потім підраховує мікропроцесор, а витрату середовища Q, яка є пропорційною зазначеній різниці визначають за такою формулою $Q = K(t_2 - t_1) / C$, де K - член, який враховує геометрію вимірювального пристрою, а C - член, який враховує поправку відносно швидкості розповсюдження звуку у воді.

Витрата Q може бути також представлена у формі $Q = 2LS(t_2 - t_1) / (t_2 + t_1)^2$, якщо використовується геометрія, показана на фіг 1, де L та S - відповідно довжина і площа поперечного перерізу трубки.

Коли $L = 10\text{см}$, $S = 1\text{см}^2$, $t_1 + t_2 = 160\text{мкс}$, $Q = 1406$ літрів на годину (л/г)

Переважно, сигнал CLS являє собою тимчасовий початок відліку часу, який використовується як проміжний початок відліку для визначення проміжків часу t_1 та t_2 . Після визначення зазначеної різниці $t_1 - t_2$, коли ця різниця є хорошою основою для вимірювання, цей початок відліку усувається.

Цей спосіб не потребує відновлення фази сигналу для визначення проміжку часу розповсюдження зазначеного сигналу, і є більш дешевим з точки зору споживання енергії.

Крім того, цей спосіб є більш гнучким, ніж відомі способи, оскільки створюється початок відліку часу і отже немає потреби враховувати сигнал випромінювання.

Спосіб згідно з винаходом є надійним, оскільки його здійснюють дискретним шляхом, який також є дуже точним.

При частоті випромінювання, рівній 1МГц, проміжок часу розповсюдження ультразвукового сигналу становить приблизно 70 - 80мс, а фазовий поворот випроміненого сигналу змінюється у межах 140 - 160π.

Якщо, наприклад, проміжок часу розповсюдження від точки нижче по ходу до точки вище по ходу потоку середовища становить 70мс, що відповідає фазовому повороту сигналу на 140π, то у цьому випадку проміжок часу розповсюдження від точки вище по ходу до точки нижче по ходу потоку може становити 70мс + 500нс, а відповідний фазовий поворот становить 140π + π для максимальної витрати середовища.

Що стосується комунального постачання води, то при вимірюванні її витрати максимальна витрата становить, наприклад, 2 кубічних метра за годину ($\text{м}^3/\text{год}$), якщо діаметр трубки 12 дорівнює 10мм.

Це значить, що у цьому випадку різниця між розширеними проміжками часу $t_2 - t_1$ становить 500нс, а це відповідає зсуву по фазі, рівному π.

Чотирьох сигналів CK_i, подібних описаним вище, достатньо для визначення різниці між проміжками часу із $t_2 - t_1$, рівній 500нс при мінімальному споживанні енергії.

Коли різниця по фазі більша, ніж π, то необхідно збільшити кількість сигналів синхронізації.

Для збільшення динамічного діапазону вимірювання витрати середовища можна збільшити кількість сигналів CK_i, але споживання енергії у цьому випадку буде більшим.

Шляхом змінювання частоти випромінювання ультразвукових сигналів можна покращити точність вимірювання і тим самим зменшити динамічний діапазон вимірювального пристрою (збільшена частота) або збільшити вказаний діапазон вимірювального пристрою, але при цьому погіршити точність вимірювання (зменшена частота).

Другий варіант показаний на фіг 15 і його опис наводиться нижче.

Як показано на фіг 15, пристрій для вимірювання містить засоби 200 для формування восьми сигналів CK_i, де $i = 1 - 4$. На фіг 16 показані форми створених сигналів CK_i.

Ці засоби включають кварцовий генератор 202, частота якого становить 8МГц. Цей генератор постачає сигнал синхронізації, який надсилається на входи CK чотирьох D-тригерів 204, 206, 208,

210, що утворюють подільник

Вихід \bar{Q} тригера 210 з'єднаний із входом D тригера 204, а виходи Q тригерів 204, 206 та 208 з'єднані із входами D відповідних тригерів 206, 208 та 210

Якщо сигнал CK_4 має значення «0», коли з'являється передній фронт сигналу синхронізації з частотою 8МГц, то сигнал CK_1 , що подається з виходу Q тригера 204, набуває значення «1», і отже вхід D тригера 206 також набуває значення «1»

Таким чином, сигнал CK_5 , який подається з виходу \bar{Q} тригера 204, набуває значення «0»

При наступному передньому фронті сигналу синхронізації з частотою 8МГц сигнал синхронізації CK_2 , який подається з виходу Q тригера 206, набуває значення «1»

Таким чином, сигнал CK_6 , який подається з виходу \bar{Q} тригера 206 набуває значення «0»

Наступний передній фронт сигналу синхронізації з частотою 8МГц примушує сигнал CK_3 , який подається з виходу Q тригера 208, набуті значення «1», а сигнал CK_7 , що подається з виходу \bar{Q} зазначеного тригера, набуті значення «0»

Наступний передній фронт сигналу синхронізації з частотою 8МГц примушує сигнал CK_4 , який подається з виходу Q тригера 210, набуті значення «1», тим самим примушуючи сигнал CK_8 , який подається з виходу \bar{Q} зазначеного тригера, набуті значення «0», і отже вхід D тригера 204 також набуває значення «0»

При наступному передньому фронті сигналу синхронізації з частотою 8МГц сигнал CK_1 повертається до значення «0», а сигнал CK_5 набуває значення «1», і отже вхід D тригера 206 також переходить у стан «0»

Коли з'являється наступний передній фронт сигналу синхронізації з частотою 8МГц, сигнал CK_2 , який подається з виходу Q тригера 206, набуває значення «0», і отже сигнал CK_6 набуває значення «1»

Коли з'являється інший передній фронт сигналу синхронізації з частотою 8МГц, сигнал CK_3 , який подається тригером 208, набуває значення «0», і отже сигнал CK_7 набуває значення «1»

Наступний передній фронт сигналу синхронізації з частотою 8МГц примушує сигнал CK_4 набуті значення «0», а сигнал CK_8 набуті значення «1», тим самим примушуючи вхід D тригера 204 перейти у стан «1»

При наступному передньому фронті сигналу синхронізації з частотою 8МГц сигнал CK_1 набуває значення «1», і отже сигнал CK_5 набуває значення «0» Наступний передній фронт сигналу синхронізації з частотою 8МГц примушує сигнал CK_2 набуті значення «1» і тим самим примушує сигнал CK_6 набуті значення «0»

Наступний передній фронт сигналу синхронізації з частотою 8МГц примушує сигнал CK_3 набуті значення «1», а сигнал CK_7 набуті значення «0»

При наступному передньому фронті сигналу синхронізації з частотою 8МГц сигнал CK_4 набуває значення «1», а сигнал CK_8 набуває значення «0», тим самим примушуючи вхід D тригера 204 перейти у стан «0»

Так формуються вісім сигналів CK_1 , CK_2 , CK_3 , CK_4 , CK_5 , CK_6 , CK_7 та CK_8

Зазначені сигнали мають таку ж частоту, що і сигнали SE_1 та SE_2 для збудження перетворювачів (1МГц), причому ці сигнали формуються, наприклад, на основі сигналу CK_1 Сигнали мають взаємний зсув по фазі на $\pi/4$ та знаходяться у постійному фазовому відношенні стосовно сигналів збудження перетворювачів

Крім того, ці сигнали мають робочі переходи між логічним значенням «0» та логічним значенням «1»

Як показано на фіг 3, сигнал ERS «синхронізації» формується дешифратором 28 пристрою 26 завдання послідовності, а його форма показана на фіг 5 та 5а

Його логічне значення відповідає «0», а через 95мс він набуває значення «1», коли прийнятий сигнал знаходиться в його центральній частині, в якій менш завад, ніж на початку або в кінці прийнятого сигналу Цей сигнал запускає початок стадії, під час якої вибирається сигнал CK_i

Як показано на фіг 15, сигнал ERS надсилається на вхід D D-тригера 212 Цей тригер може формувати на своєму виході Q сигнал ERSS, який відповідає сигналу ERS, що синхронізується з сигналом CK_1 , який надсилається на вхід CK тригера 212

Сигнал CK_1 був вибраний довільно

Сигнал ERE формується дешифратором 28 пристрою 26 завдання послідовності (фіг 3), а його форма показана на фіг 5b

Його логічним значенням є «0», а через 2мс після того, як сигнал ERS набуде значення «1», значення цього сигналу стає «1» Зазначений сигнал запускає початок стадії вимірювання

Як показано на фіг 15, сигнал ERE надсилається на вхід D D-тригера 214, а на вхід \bar{C} (очищення) зазначеного тригера надсилається сигнал \bar{R} , що повторно ініціалізує його на початку вимірювання

Вихід Q тригера 60 з'єднаний з одним із входів логічного елемента 216 АБО-НІ, а інший вхід приймає сигнал $\bar{E} \bar{R} \bar{S} \bar{S}$

Вихід цього елемента 216 з'єднаний з інвертором 218, вихід якого з'єднаний з одним із входів логічного елемента 220 АБО-НІ, а інший вхід приймає сигнал синхронізації з частотою 8МГц

Сигнал C8M з частотою 8МГц надсилається на вихід цього елемента 220 Сигнал C8M надсилається на вхід CK тригера 214 Сигнал C8M деблокується сигналом $\bar{E} \bar{R} \bar{S} \bar{S}$, який набуває значення «0», та блокується, коли з'являється сигнал ERE, що синхронізується сигналом C8M

Вихід Q тригера 214 постачає сигнал ERES, який відповідає сигналу ERE, що синхронізується з сигналом C8M Цей сигнал призначений для деблокування вузла вимірювання

Синхронізований сигнал ERSS надсилають на вхід \bar{C} D-тригера 222 Сигнал SIG (SIG_1 або SIG_2) надсилається на вхід CK цього тригера, вхід D якого має значення «1»

Вихід Q тригера 222 з'єднаний з входом D D-тригера 224

Сигнал C8M надсилається на вхід CK тригера 224, а вхід \bar{C} приймає сигнал $\bar{R} \bar{G}$, призначений

для ініціалізації тригера на початку циклу повного вимірювання

Коли сигнал ERSS на виході Q тригера 212 набуває значення «1», то перший передній фронт обробленого сигналу SIG₁ (або SIG₂) примушує вихід Q тригера 222 перейти у стан «1», завдяки чому вихід Q тригера 224 переходить у стан «1» при появі першого переднього фронту сигналу C8M

Результуючий сигнал SIG_{1S} відповідає сигналу SIG₁, який синхронізований з сигналом C8M

Сигнал ERSS також надсилається на вхід D D-тригера 225

Вхід \bar{C} тригера 225 приймає зазначений вище сигнал $\bar{R} \bar{G}$

Спільний сигнал SIG_{1S} також надсилається на один із входів логічного елемента 226 HI-I, вихідний сигнал якого надсилається на інвертор 227, що подає інвертований сигнал на входи D восьми D-тригерів 228, 230, 232, 234, 236, 238, 240, 242

Вхід \bar{C} кожного тригера з'єднаний з виходом Q тригера 225

Коли сигнал ERSS має значення «1», то перший передній фронт сигналу SIG_{1S} запускає тригер 225 і примушує його вихід Q перейти у стан «1»

Перший передній фронт сигналу SIG_{1S}, який з'являється після того, як сигнал ERSS прийняв значення «1», деблокує входи \bar{C} восьми тригерів 228 - 242

Входи CK восьми інших D-тригерів 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258 приймають відповідні сигнали з виходів Q тригерів 228 - 242

Входи D тригерів 244 - 258 постійно мають значення «1», а на їхні входи \bar{C} надходить спільний сигнал $\bar{R} \bar{G}$ ініціалізації

Виходи Q тригерів 244 - 258 з'єднані з відповідними входами восьми логічних елементів 260, 262, 264, 266, 268, 270, 272 та 274 HI-I, інші входи цих елементів приймають відповідні сигнали CK₁ - CK₈. Виходи логічних елементів 260 - 274 з'єднані з відповідними входами із восьми входів логічного елемента 276 HI-I

Виходи \bar{Q} тригерів 244 - 258 з'єднані з відповідними входами із чотирьох входів логічного елемента 278 HI-I, вихідний сигнал якого інвертується логічним інвертором 280, а потім подається на другий вхід логічного елемента 226

Кожний раз, як вісім тригерів 228 - 242 ідентифікують передній фронт сигналу SIG_{1S}, вони активуються і їхні входи CK приймають відповідні сигнали CK₁ - CK₈

Спільний сигнал $\bar{R} \bar{G}$ має значення «1» (ініціалізація на початку вимірювання), тригери 244 - 258 стають активними і отже чутливими до вихідних сигналів Q тригерів 228-242

Перший робочий перехід або передній фронт першого сигналу синхронізації, який з'являється безпосередньо після появи переднього фронту сигналу SIG_{1S}, запускає сигнал з виходу Q тригера, що приймає відповідний сигнал синхронізації

Наприклад, якщо CK₅ є вибраним сигналом синхронізації, оскільки він є найближчим у часі до сигналу SIG_{1S}, то цей сигнал, вибраний тригером 236, примушує вихід Q тригера перейти у стан «1», і отже також примушує вихід Q відповідного триге-

ра 252 перейти у стан «1»

Виходи Q інших тригерів 228 - 234 та 238 - 242 завжди знаходяться у стані «0»

Вихід Q тригера 252 у цьому випадку знаходиться у стані «0» і тим самим примушує вихід логічного елемента 278 перейти у стан «1» Інвертований сигнал, який надходить на другий вхід логічного елемента 226, має у цьому випадку значення «0», блокує елемент та примушує вихід спільного сигналу елемента і взаємозв'язані входи D-тригерів 228 - 242 перейти у стан «0»

У такий спосіб тригери 228 - 242 стають нечутливими до сигналів CK_i, а виходи Q цих тригерів залишаються у стані «0»

Це дозволяє запобігти вибору інших сигналів синхронізації, а вибраний сигнал CK₅, таким чином зберігається

Оскільки вихід Q тригера 252 знаходиться у стані «1», то сигнал CK₅ деблокується логічним елементом 268 і надсилається на один із чотирьох входів логічного елемента 276 Інші входи цього елемента 276 знаходяться у стані «1», так як виходи Q тригерів 244 - 250 та 254 - 258 знаходяться у стані «0», і отже елемент 276 видає сигнал CK₅, який далі в тексті позначений як «CLS» Сигнал CLS відповідає сигналу синхронізації, вибраному описаною вище схемою

Оскільки сигнал SIG₁ синхронізується сигналом C8M, то можна запобігти одночасній появі фронтів сигналів SIG₁ та CLS

Все, що говорилося вище з посиланням на фіг 9 - 14 відноситься і до описаного вище другого варіанту

Як приклад, коли чотири сигнали CK_i використовуються з частотою 4МГц та коли сигнал SG₁ синхронізується з сигналом C4M за допомогою тригера 70, то сигнали CK₁, CK₃, SIG₁, SIG_{1S}, SIG_{1S} та IEX₁ можуть, наприклад, мати форми, показані на фіг 17

Таким чином, коли треба вимірювати тривалість імпульсу, сформованого між переднім фронтом сигналу SIG₁ та першим переднім фронтом сигналу CK_i, який з'являється безпосередньо за ним (тобто CK₃ у цьому прикладі є вибраним сигналом), то можна спостерігати, що проміжок часу тривалості імпульсу (збудження нижче по ходу потоку середовища) може бути розділений на дві частини: перша випадкова частина тривалістю τ_1 , що зумовлюється сигналом SIG₁, який синхронізується з сигналом C4M, причому тривалість τ_1 знаходиться у межах 0 - 250нс в залежності від відносного положення двох сигналів SIG₁ та C4M, та друга частина тривалістю τ_2 , яка відповідає одному півперіоду сигналу C4M, тобто 125нс

Отже найбільший проміжок тривалості імпульсу становить 375нс

Коли треба вимірювати тривалість імпульсу, сформованого між переднім фронтом сигналу SIG₂ та першим переднім фронтом сигналу CK₃ (збудження вище по ходу потоку середовища), то проміжок часу тривалості імпульсу становить максимум 1мкс - ε, тобто приблизно 970нс, де 1мкс представляє період сигналу з частотою 1МГц, а ε є членом надійності, який гарантує, що тригери 118 та 120, показані на фіг 9, працюють правильно

В результаті, після знаходження різниці між

проміжками часу тривалості двох послідовних імпульсів одержують як найбільше 595нс

Копи використовують вісім сигналів СК, з частотою 8МГц, то відрізки часу тривалості імпульсу, одержані при збудженні вище по ходу потоку середовища як і раніше являють собою суму двох членів τ_1 та τ_2 , але τ_1 знаходиться у межах 0 - 125нс (із-за синхронізації з сигналом С8М), а τ_2 становить 62,5нс (що відповідає одному півперіоду сигналу С8М), завдяки чому у цьому випадку максимальний проміжок часу тривалості імпульсу становить 187,5нс

Відрізок часу тривалості імпульсу, одержаного при збудженні нижче по ходу потоку середовища, залишається незмінним (970нс), а максимальна різниця між двома членами у цьому випадку становить 782,5нс

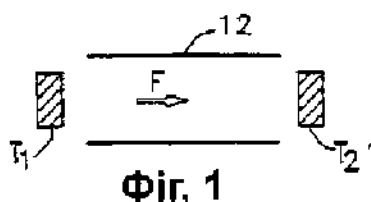
Це відповідає збільшенню динамічного діапазону вимірювального пристрою в 1, 3 рази (= 782,5/595)

Отже, наприклад, якщо діапазон витрат, охоплений вимірювальним пристроєм з чотирма сигналами

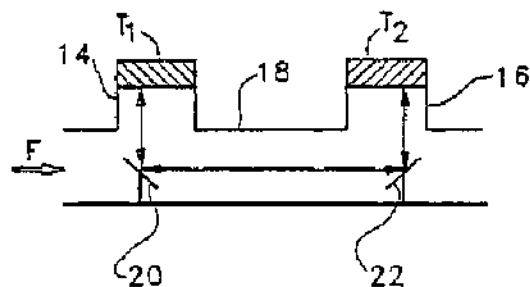
синхронізації становить 0 - 1500л/год, то вимірювальний пристрій з вісьма сигналами синхронізації дозволяє здійснювати вимірювання витрати середовища до 1950л/год

Необхідно сказати, що для збільшення динамічного діапазону вимірювального пристрою, в якому використовують принаймні чотири сигнали синхронізації, можна замінити логічну затримку, що відповідає проміжку часу τ_2 , значно більш короткою затримкою, яка як і раніше є сумісною з технологією використаної логічної схеми. Наприклад, цей проміжок часу може бути одержаний за допомогою послідовного включення інверторів або за допомогою RC-ланки, за якою розташована тригерна схема

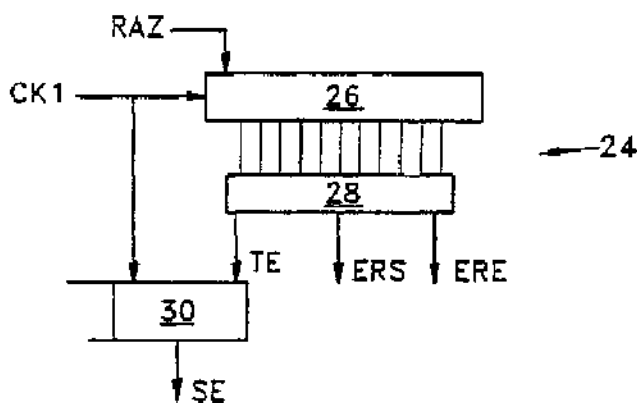
Для винаходу наявність у середньому п'яти циклів (один цикл відповідає збудженню нижче по ходу потоку та збудженню вище по ходу потоку) достатня для одержання роздільної здатності в 50пс



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

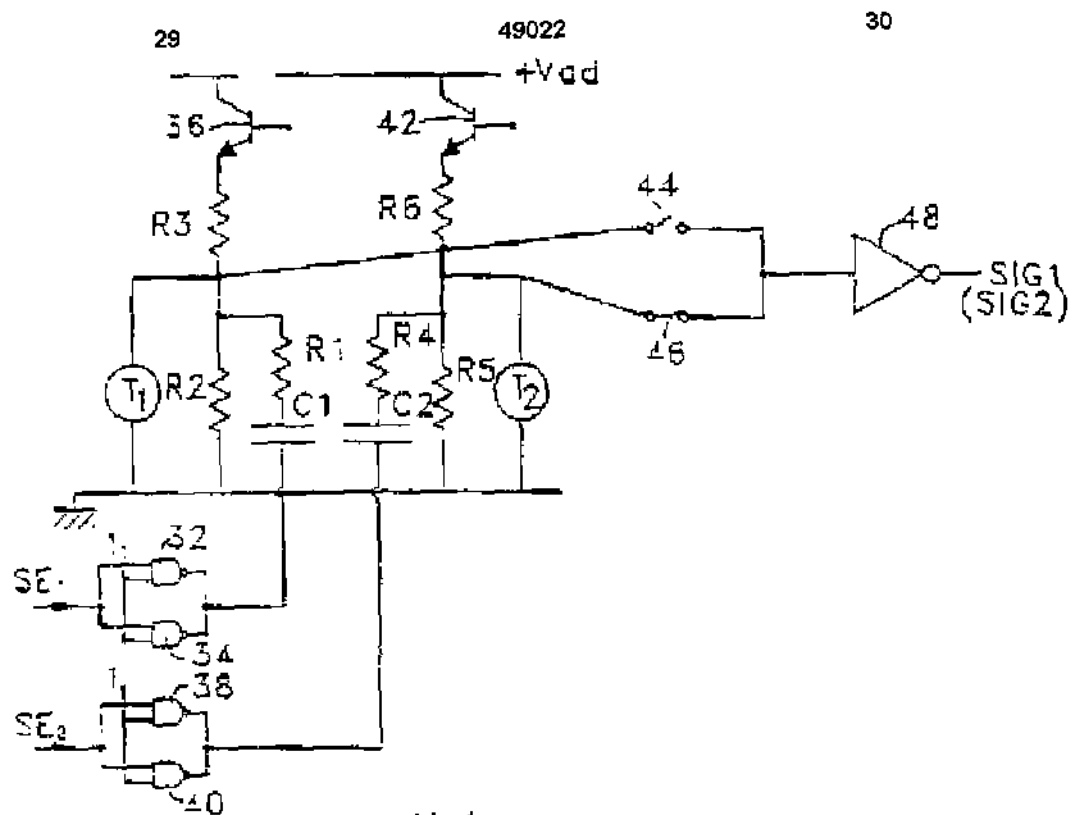


Fig. 4

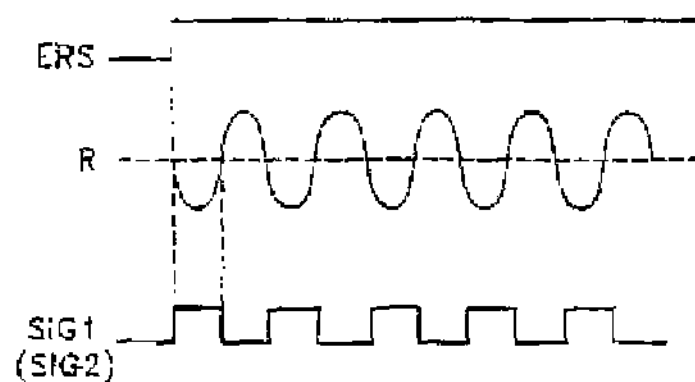


Fig. 5a

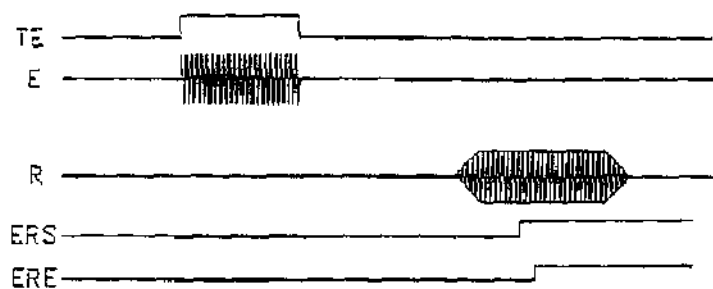


Fig. 5b

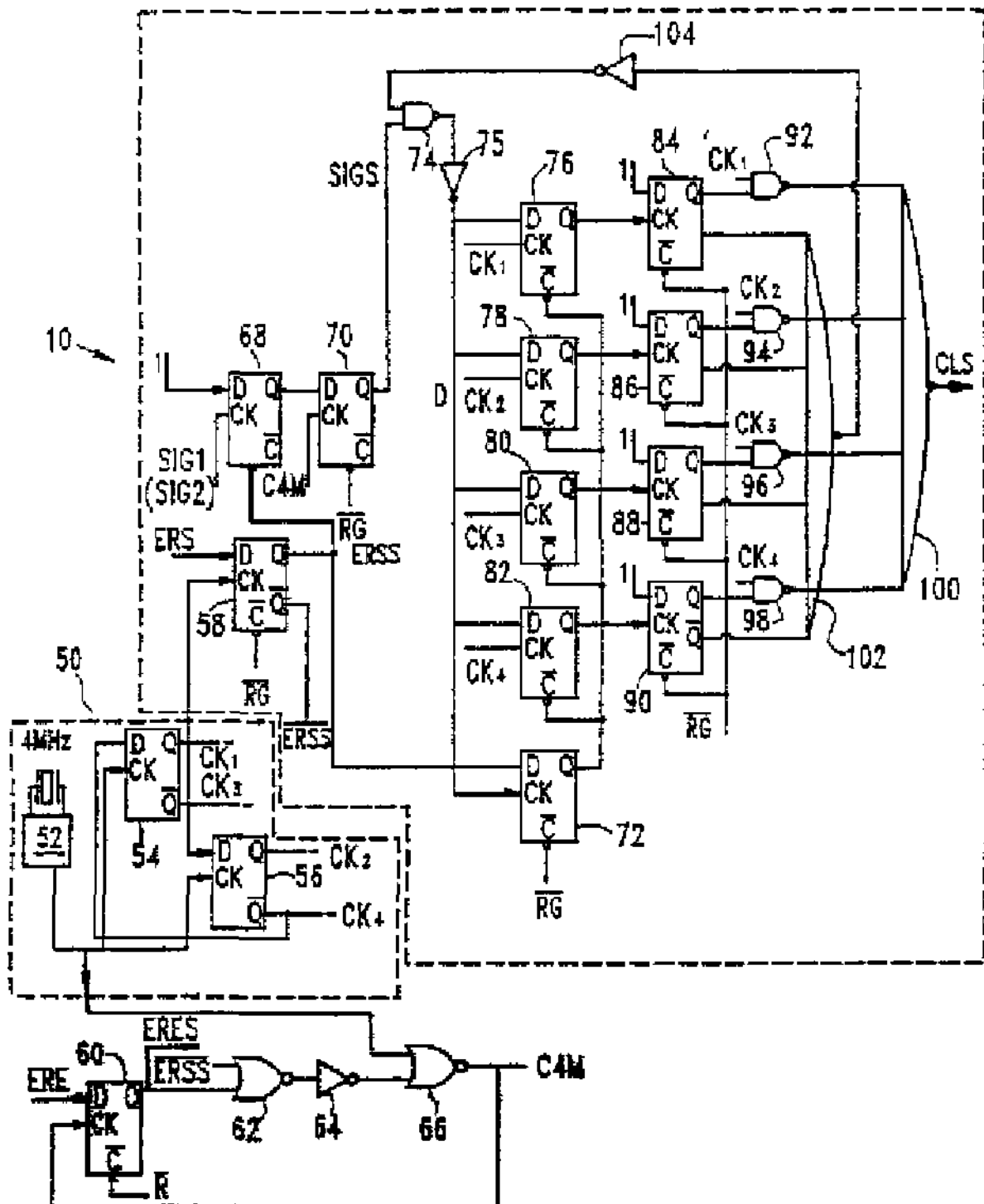


Fig. 6

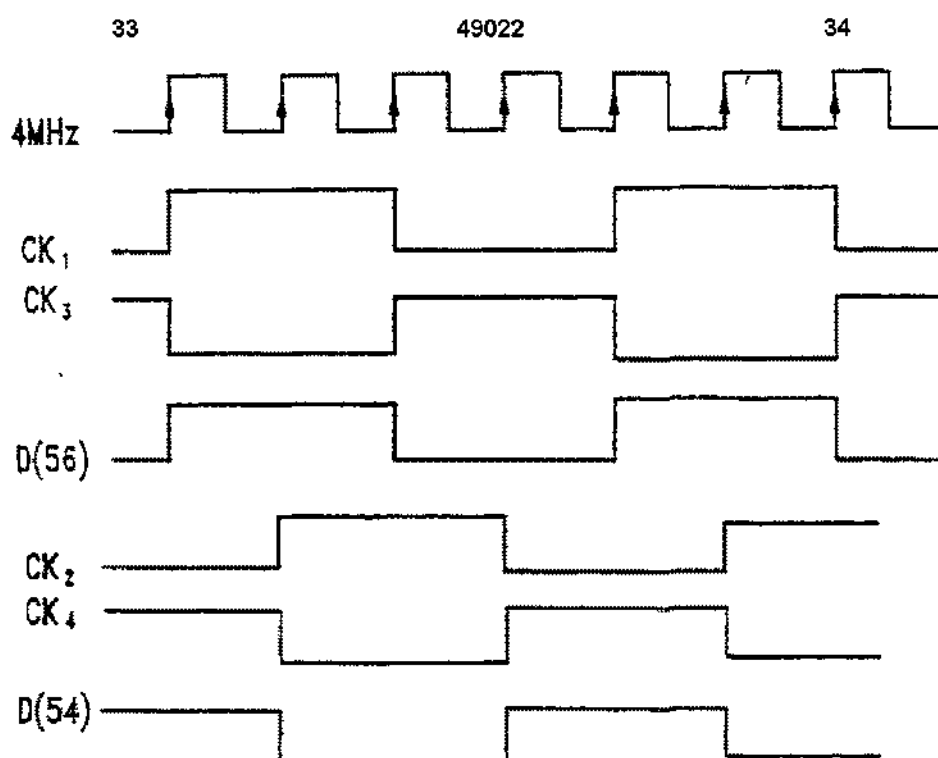


Fig. 7

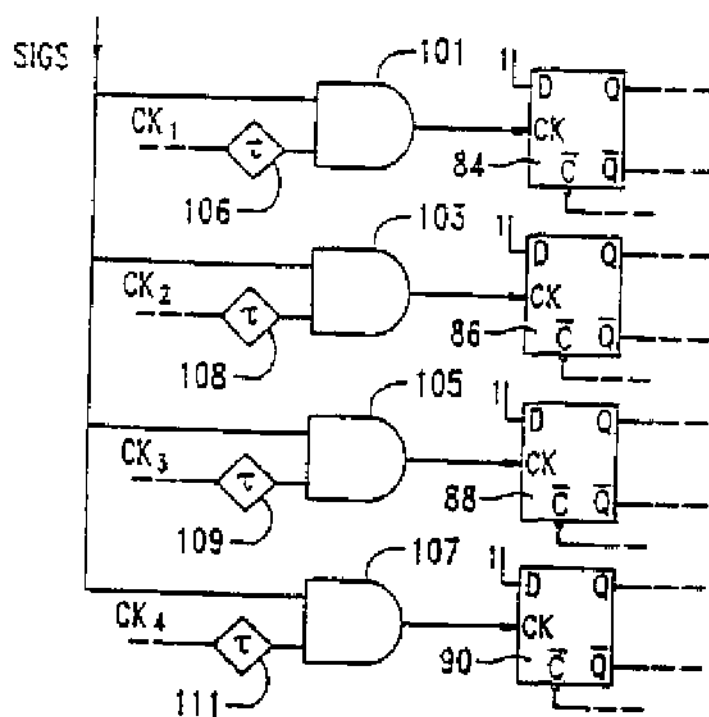


Fig. 8a

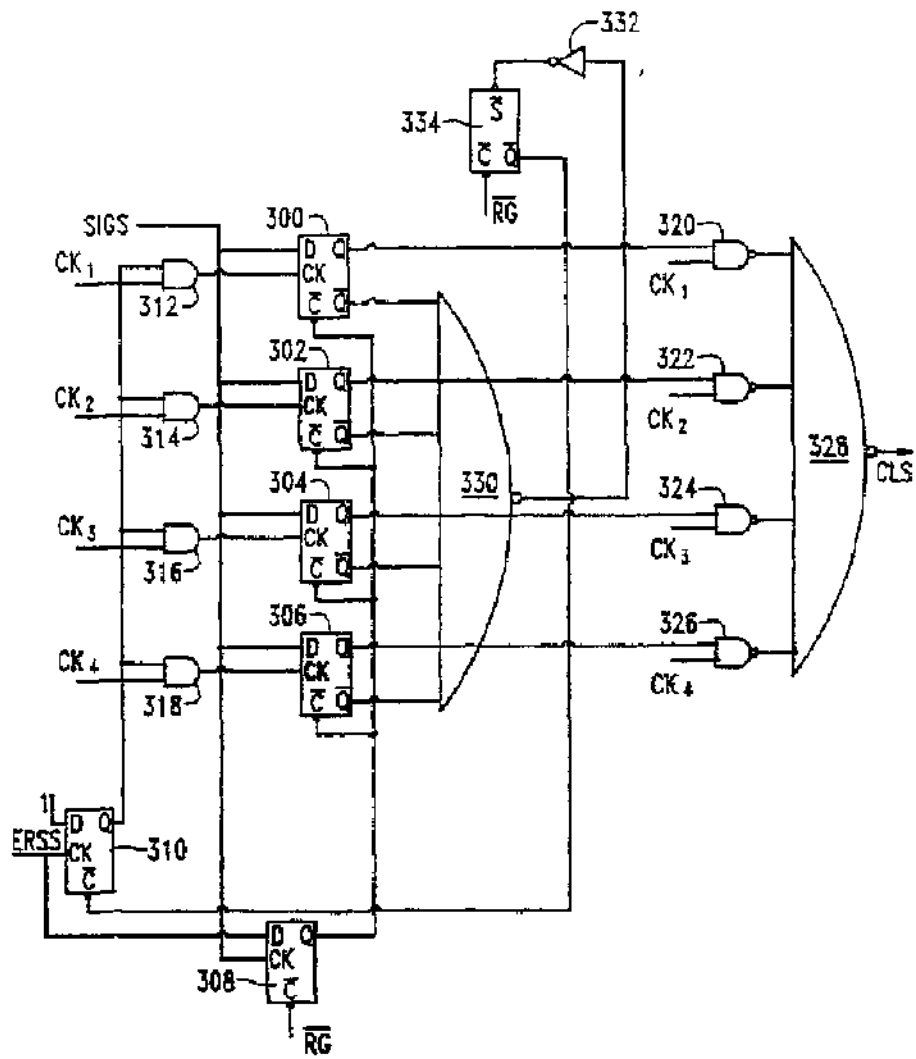


Fig. 8b

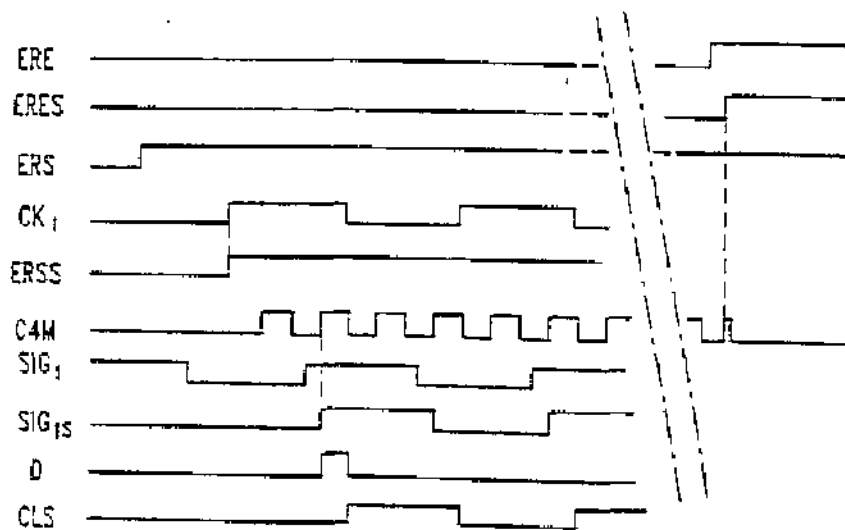


Fig. 8c

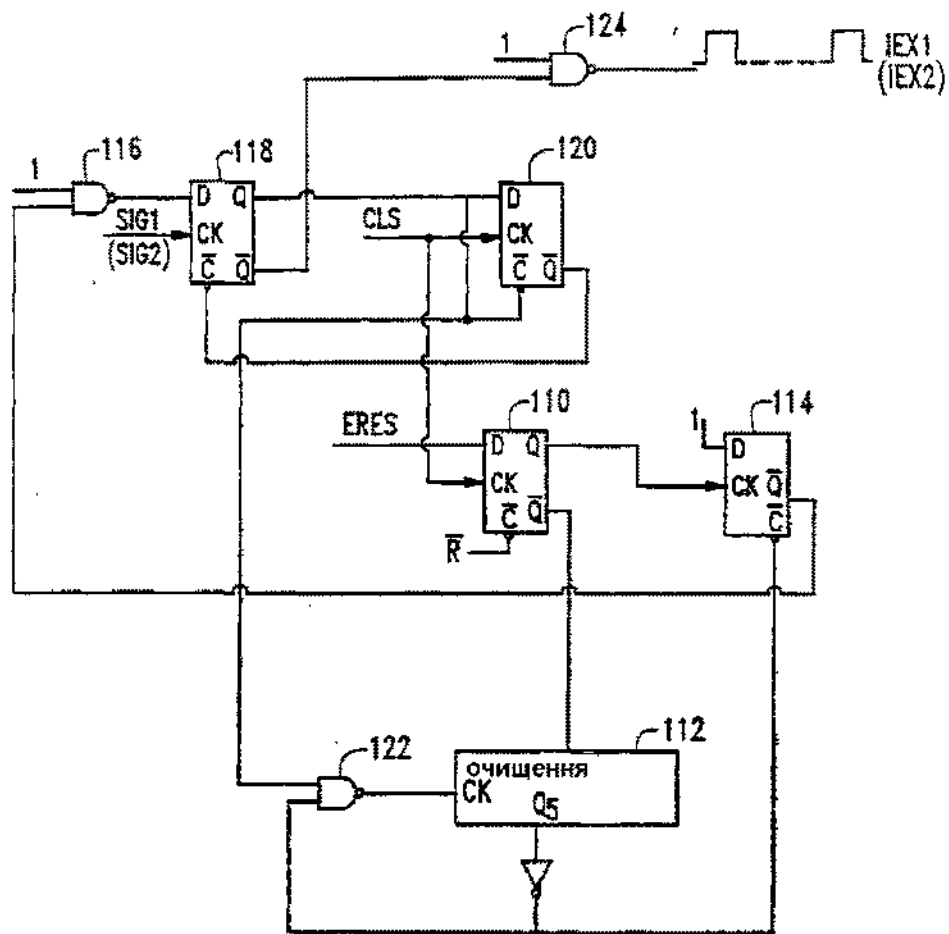


Fig. 9

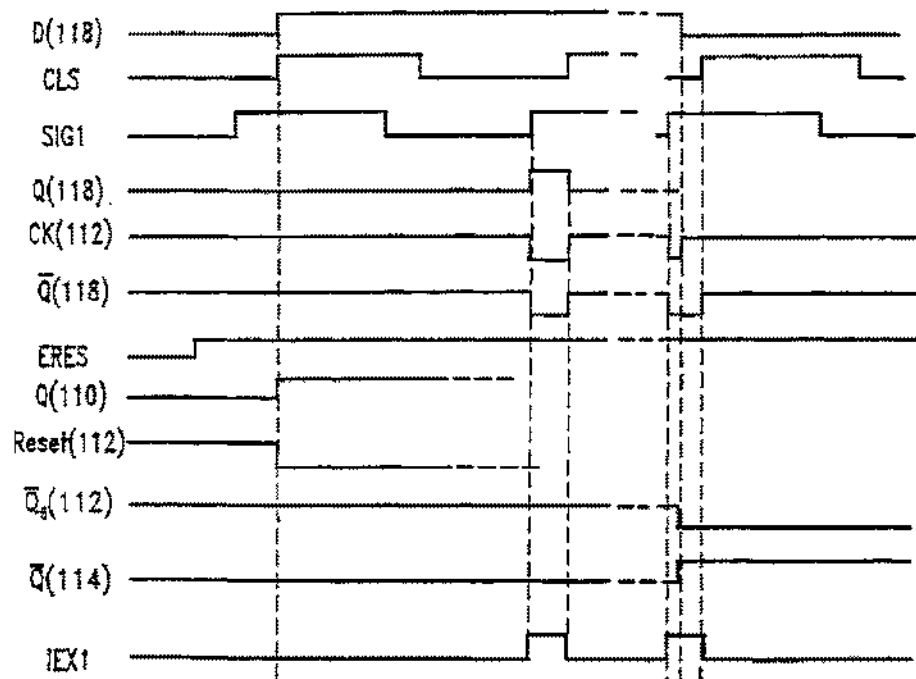
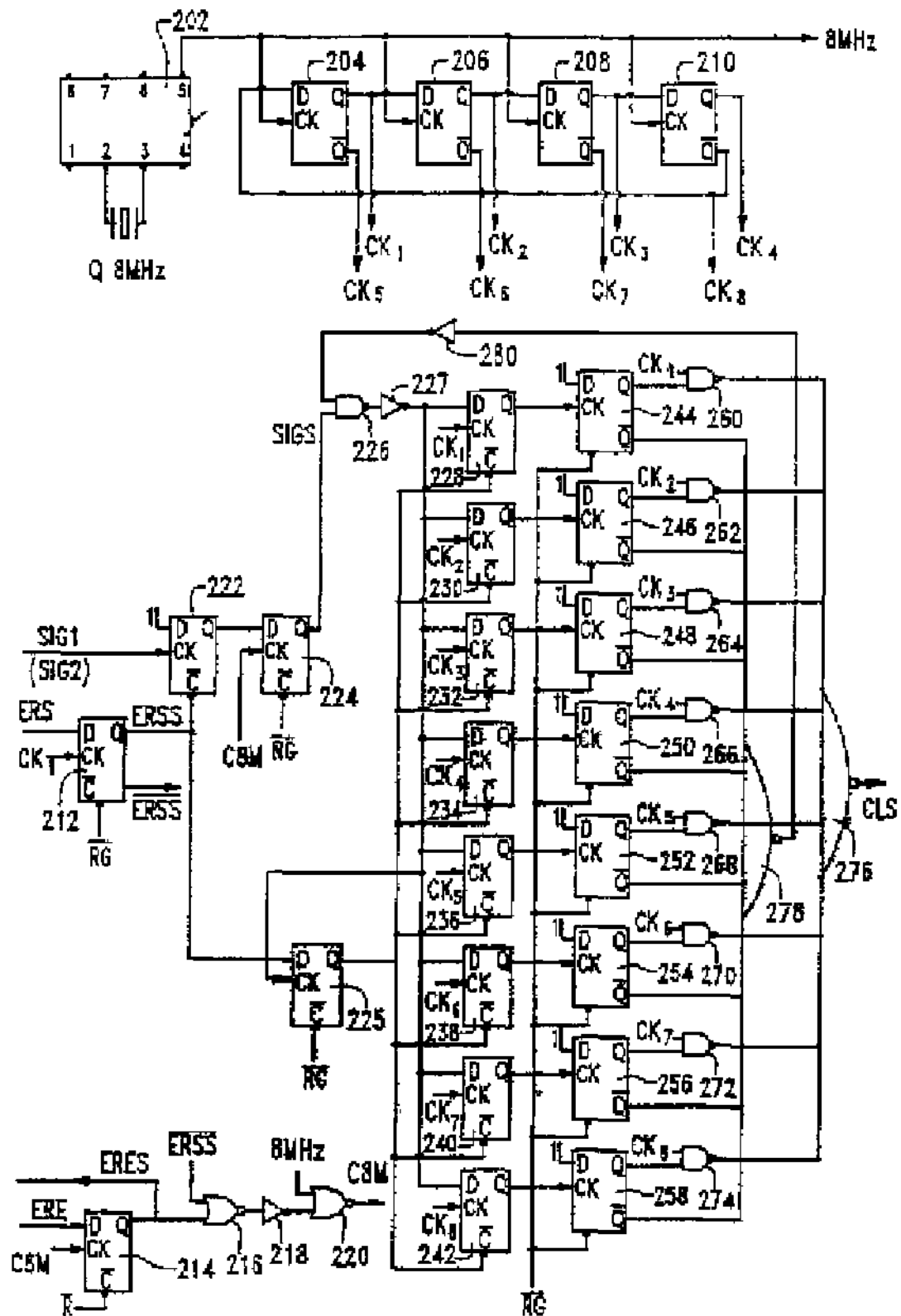


Fig. 10



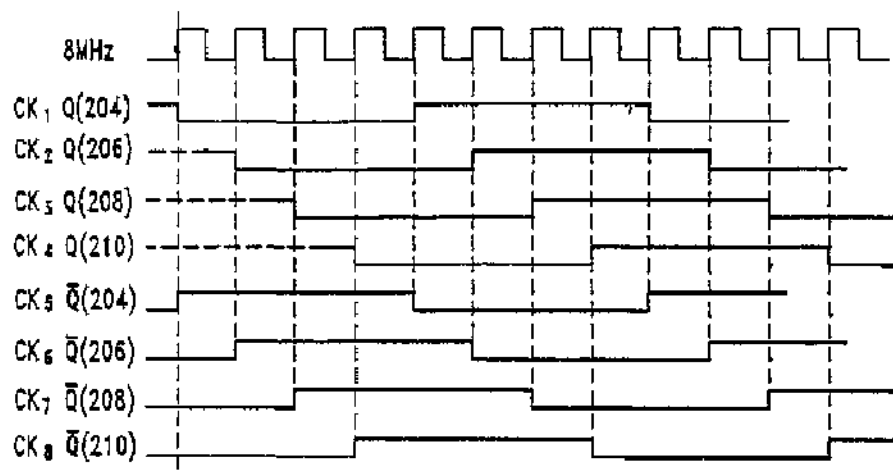


Fig. 16

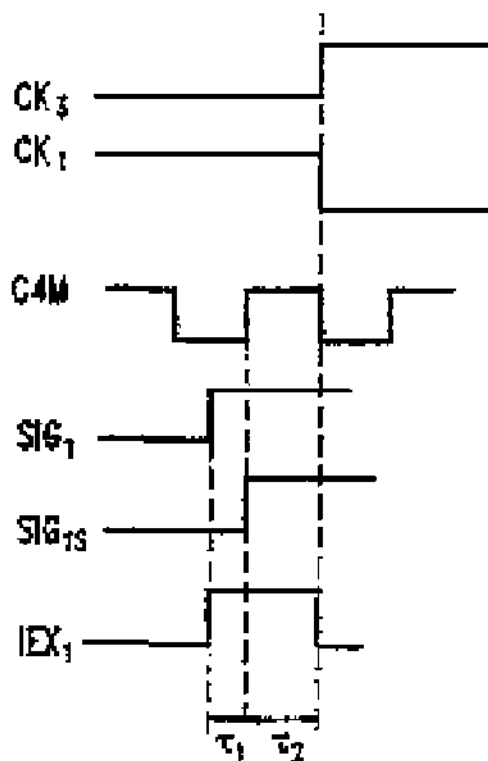


Fig. 17

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 – 32 – 71