

стану старших розрядів, тобто, з приходом чергового імпульсу з функціонального частотного перетворювача, відбувається перехід на наступну ділянку апроксимації і скидання молодших розрядів.

У момент рівності напруг $U_{\text{інт}} = U_x$ блок 2 керування видає команду, за якою ключ 5 закривається. У результаті в молодших розрядах 12 лічильника 10 записується число $N_2 = a \ln t_x - a \ln t_k$, де $a = k\tau$. Враховуючи, що $a \ln t_k = N_1$, отримуємо в лічильнику число

$$N = N_1 \cdot 10^k + N_2,$$

де k – число молодших розрядів.

При цьому значно підвищується точність перетворення, оскільки зменшуються вимоги до динамічного діапазону функціонального частотного перетворювача і, відповідно, підвищується його точність.

Вимоги до апроксимуючого кола невисокі: за його допомогою відпрацьовуються тільки молодші розряди. У такому перетворювачі можна значно підвищити швидкодію порівняно з відомим пристроєм за однакової похибки від дискретності.

Властивості інтерполяційних логарифмічних АЦП будуть розглянуті у продовженні статті (частина 2).

1. Мичуда З.Р. Логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі – АЦП майбутнього. – Львів: Простір, 2002. – 242 с. 2. Мичуда З.Р. Підвищення точності та швидкодії послідовних логарифмічних АЦП з перерозподілом заряду // Книга за матеріалами 4-ї міжнародної НТК "Контроль і управління в технічних системах". У 3-х томах. Т.2. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1997. – С. 131–136. 3. Католик Б.О., Мичуда З.Р., Мичуда Л.З. Інтерполюючий логарифмічний аналого-цифровий перетворювач // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Автоматика, вимірювання та керування", 2002. – №445. – С. 160–166. 4. Ямный В.Е. Аналого-цифровые преобразователи напряжений в широком динамическом диапазоне. – Минск: Изд-во БГУ, 1980. – 192 с. 5. А.с. 1164744 СССР. Способ логарифмического преобразования напряжения в код и устройство для его осуществления / Г.А. Капитанов, 1985, Бюл. №24. 6. А.с. 512475 СССР. Логарифмический преобразователь / В.Д. Циделко, В.А. Тесленко. – 1976, Бюл. №16.

УДК 536.51:534.8

Т.М. Залуцька, Я.Т. Луцик, А.І. Озгович, І.С. Ліхновський
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

КОМПЛЕКС ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ТЕРМОМЕТРІЇ

© Залуцька Т.М., Луцик Я.Т., Озгович А.І., Ліхновський І.С., 2007

Запропоновано дослідний комплекс для дослідження характеристик матеріалів для створення чутливих елементів ультразвукових термометрів.

Offered experimental complex for research of descriptions of materials for creation of sensible elements of ultrasonic thermometers.

Вступ

Широка номенклатура засобів вимірювання температури, що сьогодні серійно випускається як в Україні, так і за кордоном, не повністю відповідає комплексу вимог, що висувують наука та промисловість. Тому науковці приділяють увагу можливостям нових нетрадиційних засобів вимірювання температури, до яких можна віднести ультразвукову термометрію. У процесі досліджень експериментальних взірців ультразвукових термометрів було виявлено, що такі характеристики, як чутливість, діапазон вимірюваних температур, стабільність, ресурс тощо залежать насамперед від

властивостей матеріалу чутливого елемента термометра. Чутливий елемент ультразвукового імпульсного термометра – це саме та ланка, яка забезпечує високі метрологічні характеристики засобу вимірювання. Але відсутність достатньої кількості інформації про температурні залежності пружних властивостей твердих матеріалів на сьогодні обмежує вибір матеріалів для створення чутливого елемента ультразвукового термометра.

Актуальність дослідження характеристик матеріалів для створення чутливих елементів викликана потребою удосконалення сучасних ультразвукових термометрів та пошуку альтернативи термометрам на основі шляхетних металів, зокрема платини.

Постановка задачі

Залежність швидкості поширення ультразвукових коливань в матеріалі від температури є “візитною карткою” матеріалу, яка дає змогу робити висновок про можливості його застосування для виготовлення чутливого елемента ультразвукового термометра.

Температурна залежність швидкості поширення ультразвукового сигналу лежить в основі ультразвукових імпульсних термометрів, у яких чутливим елементом є відрізок тонкого стрижня [1]. Для вимірювання температури необхідно прецизійно вимірювати час проходження ультразвукового сигналу через чутливий елемент і надалі отримані значення часового інтервалу перетворити у значення температури.

Для вимірювання часу проходження ультразвукового сигналу необхідно вирішувати питання, пов’язані з селекцією робочих луна-імпульсів і формуванням часових міжімпульсних інтервалів, для чого застосовувались спеціальні схемні рішення [2]. Аналіз чинників, що впливають на похибку вимірювання температури ультразвуковим імпульсним термометром [3], показав, що велика кількість елементів для формування часового інтервалу, а також наявність імпульсних випадкових завад в околі робочого імпульсу призводить до перезапуску приладу у режим повторного пошуку робочих імпульсів, що значно збільшує час вимірювання. Якщо імпульсна завада повторюється, то вимірювання може взагалі не відбутися. Тому нами запропоновано оцифрувати ультразвуковий сигнал із застосуванням швидкодіючого АЦП. Ідея такого вимірювання часового інтервалу полягає в обчисленні моменту переходу сигналу через нуль [4].

Для цього, застосовуючи метод \min/\max значень та зміну знаку в кодах, визначаємо адреси комірок пам’яті, в яких змінюється знак на протилежний, тобто реальний сигнал переходить через вісь X (рис. 1). Суть методу полягає в тому, що за відомих форм прийнятих сигналів та орієнтовного часу їх появи можна визначити максимальне і мінімальне значення сигналу. Окрім того, за відомою частотою акустичного зондуючого сигналу можна досить точно спрогнозувати появу максимуму після мінімуму. Завершальним кроком є визначення на проміжку між максимумом та мінімумом комірки пам’яті, де відбувається зміна знаку, тобто визначаються найближчі додатне та від’ємне значення до нуля.

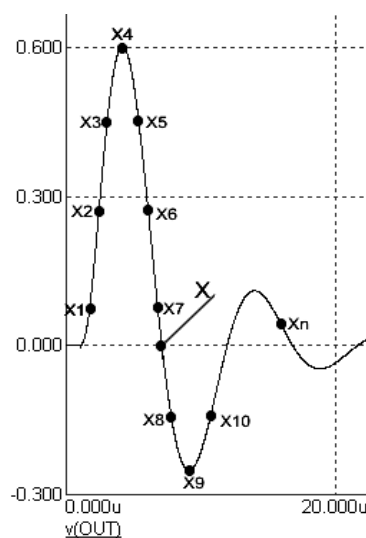


Рис. 1. Метод визначення часового інтервалу ультразвукового сигналу

Далі, знаючи час перетворення АЦП, за формулою (1.1) визначаємо часовий інтервал проходження ультразвукового сигналу

$$\tau = X_7 t_{пер} \cdot \frac{X_7}{X_8 \cdot X_7}, \quad (1.1)$$

де X_7 та X_8 – адреса комірок пам'яті; $t_{пер}$ – час перетворення АЦП.

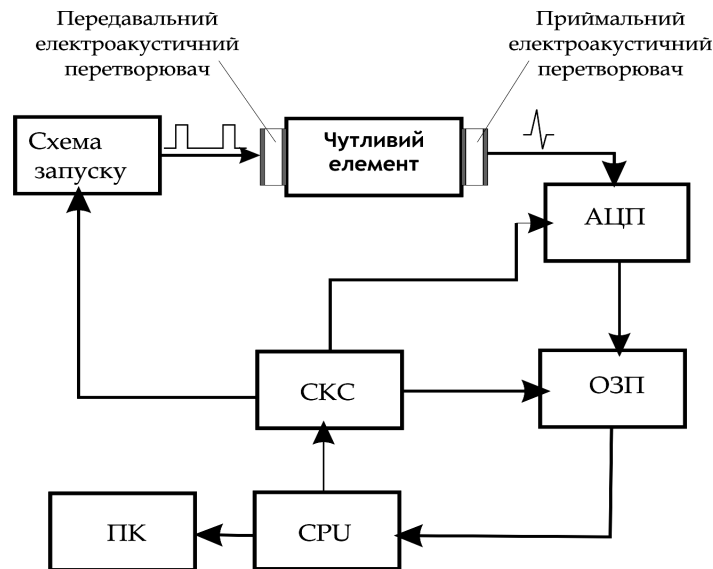


Рис. 2. Структурна схема блоку вимірювання часового інтервалу проходження ультразвукового сигналу:
 АЦП – аналого-цифровий перетворювач;
 ОЗП – оперативний запам'ятовувальний пристрій;
 СКС – схема керування синхронізацією;
 CPU – центральний процесор;
 ПК – персональний комп'ютер

На рис. 2 зображено структурну схему блоку вимірювання часового інтервалу, в якій реалізується запропонований метод вимірювання часового інтервалу. Робота блоку вимірювання відбувається за таким алгоритмом: схема запуску формує електричний сигнал, який надходить на передавач (магнетострикційний перетворювач), в якому електричний сигнал перетворюється в акустичний. Останній проходить по чутливому елементу до магнетострикційного приймача сигналу.

Тут акустичний сигнал перетворюється в електричний і надходить на вхід швидкодіючого аналого-цифрового перетворювача. Далі сигнал надходить в ОЗП і після заповнення пам'яті – на центральний процесор. За точний збіг моменту запуску і початку запису результатів в ОЗП відповідає схема керування синхронізацією (СКС), тобто генератор видає сигнал і в той самий момент часу АЦП починає відлік, і результати записуються в ОЗП.

У схемі використано АЦП AD9071, нумерацію виводів та структурну схему якого подано на рис. 3 [5]. Основні характеристики : кількість розрядів – 10; час перетворення – 10 нс. (100 МГц); діапазон вхідної напруги – -0.513В – +0.512В; вбудований пристрій вибірки і зберігання; вбудоване джерело опорної напруги; паралельний інтерфейс, сумісний з TTL/CMOS; напруга живлення – 5В. Призначення виводів : AIN – вхідна напруга; D0 – D9 – цифрові виходи; ENCODE – вхід тактового сигналу; VREF OUT – вихід внутрішнього джерела опорної напруги, VREF IN – вхід опорної напруги, OR – вихід перевантаження. При кожному тактовому імпульсі на цифрові D0 – D9 виходи видається код, який відповідає вхідній напрузі. Максимальна частота тактових імпульсів – 100 МГц.

АЦП з частотою 100 МГц кожні 10 нс видає 9 біт інформації, а процесор не здатний опрацювати таку кількість інформації, тому необхідно застосувати буфер для зберігання результатів вимірювання. Для цього використовується швидкодіючий запам'ятовувальний пристрій

CY7C433 [6]. Основні характеристики : організація пам'яті FIFO; об'єм пам'яті 4 Кбайт; тривалість запису >20нс; цифрові виходи сумісні з TTL/CMOS; напруга живлення 5В. Призначення виводів: D0 – D8 – виходи запису інформації; Q0 – Q8 – виходи зчитування інформації; W – вхід, імпульс запису даних; R – вхід, сигнал зчитування даних; MR – вхід, скид внутрішнього лічильника адрес; FF – вихід, сигнал заповнення пам'яті; EF – вихід, сигнал – пам'ять порожня; XI, FL/RT, XO/HF – використовуються для каскадування мікросхем пам'яті.

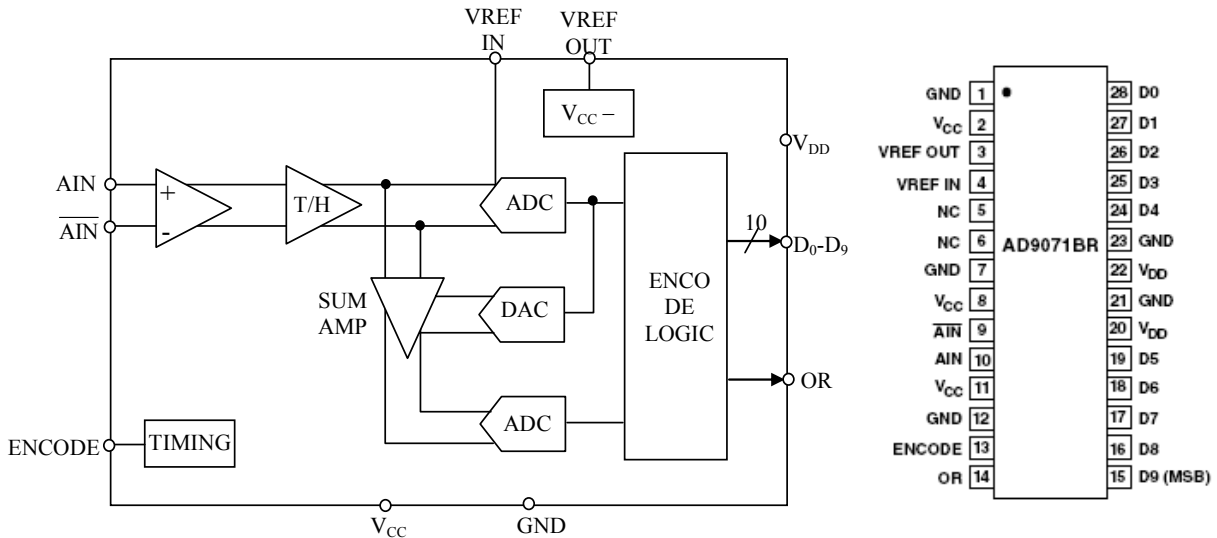


Рис. 3. Структурна схема та нумерація виводів AD9071

FIFO пам'ять організована за принципом: перший зайшов – перший вийшов. Для цього типу пам'яті відсутня адресація комірок. Перед початком запису масиву даних внутрішній лічильник адрес скидається сигналом MR. Запис здійснюється сигналом W. Після запису автоматично лічильник адрес збільшується на одну адресу. Після запису в останню комірку пам'яті видається сигнал FF. Зчитування відбувається аналогічно. Сигналом MR скидається внутрішній лічильник адрес, сигнал R, відбувається зчитування даних і збільшення адреси, після зчитування останньої комірки пам'яті встановлюється сигнал EF. Для запису і зчитування передбачено дві різні шини даних. Це значно спрощує використання мікросхеми пам'яті, оскільки не потребує додаткового мультиплексування шини даних між передавачем (АЦП) і приймачем (мікроконтролер) інформації. У схемі для запису інформації в пам'ять використовується сигнал тактування АЦП.

Комплекс дослідження матеріалів

Структурну схему створеного дослідного комплексу зображено на рис. 4. До його складу входять: СЗ – схема запуску, на якій формується електричний сигнал; ЕП – електропіч СУОЛ-1200А, на якій встановлюється необхідна температура для досліджень; БВ – блок вимірювання часового інтервалу проходження ультразвукового сигналу; ПВТ – прилад вимірювання температури; ПК – персональний комп'ютер.

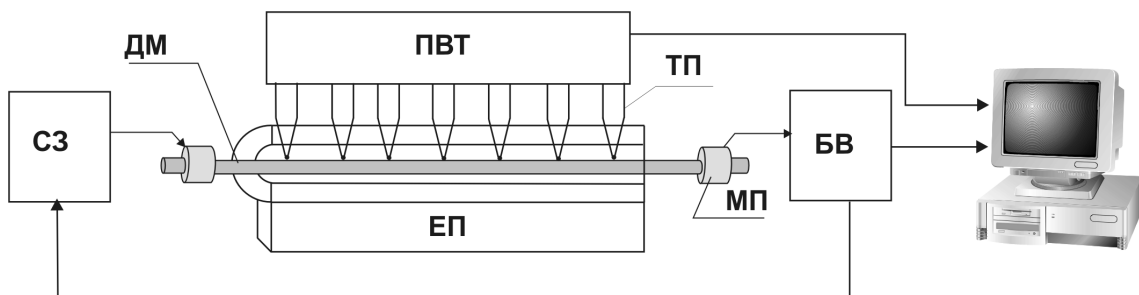


Рис. 4. Структурна схема дослідного комплексу

Принцип роботи комплексу наступний: в електропечі розташовують чутливий елемент, на кінцях якого закріплено магнітострикційні перетворювачі. Результати вимірювання часу проходження ультразвукового сигналу передаються на ПК. Часовий міжімпульсний інтервал є функцією усередненого значення температури вздовж вимірювальної зони чутливого елемента, тому для контролю застосовують термоелектричні перетворювачі, розташовані з певним кроком вздовж чутливого елемента. Термоелектричні перетворювачі під'єднуються до 7-канального вимірювача температури ПКРТ-0198, з якого результати надходять до ПК. Для обробки і візуалізації отриманої інформації створено програму, яка дає можливість в динамічному режимі відображати ультразвуковий сигнал і результати вимірювань.

На рис. 5 показано інтерфейс програми, створеної для візуалізації отриманої інформації. Оцифрований ультразвуковий сигнал показано на графіку суцільною лінією. У таблиці вище від графіка відображаються значення результатів вимірювання. У колонках з заголовками КАНАЛ 1...КАНАЛ 7 відображаються покази термоелектричних перетворювачів. Для визначення середньої температури в печі дані в кожному рядку у шести колонках апроксимувались поліномом 4-го степеня та усереднювались. У колонці під заголовком Тс відображали значення усередненої температури електропечі.

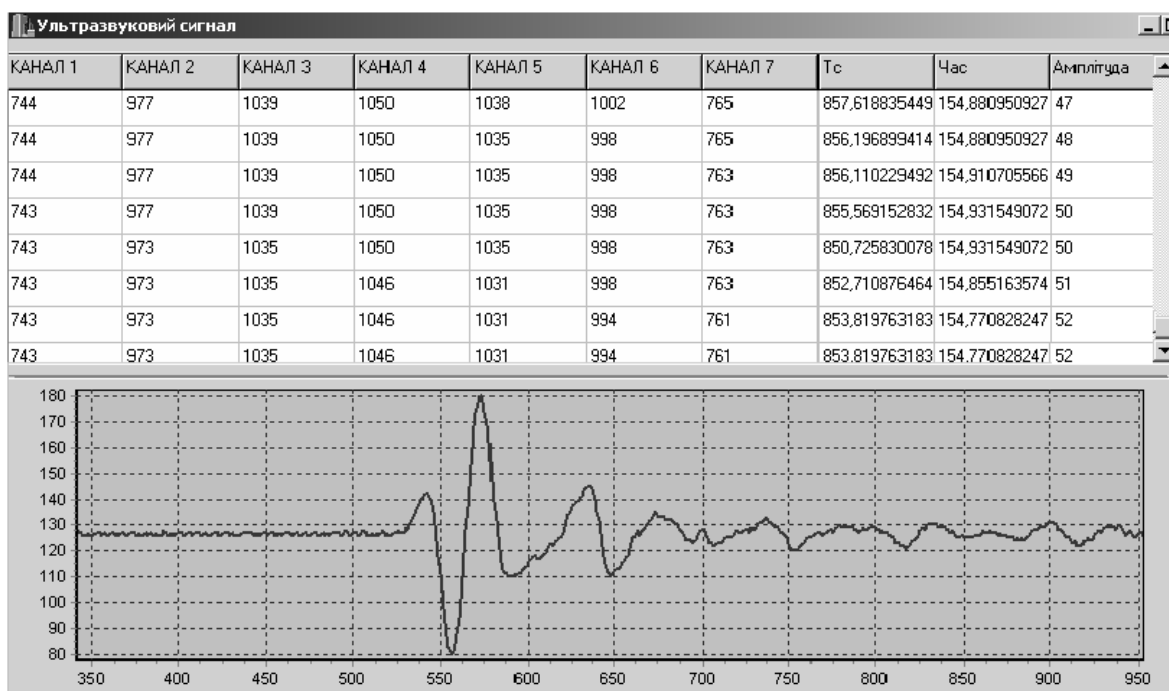


Рис. 5. Інтерфейс програми для динамічного відображення ультразвукового сигналу

Часовий інтервал проходження ультразвукового сигналу, розрахований за формулою 1.1, та амплітуда сигналу відображаються у колонках ЧАС та АМПЛІТУДА відповідно. Всі значення, подані у таблиці, зберігаються у файлі, що дає змогу надалі будувати графіки температурної залежності швидкості проходження ультразвукового сигналу, а також графіки впливу температури на згасання сигналу у матеріалі.

Висновки

Створений комплекс для дослідження матеріалів ультразвукової термометрії з такими характеристиками і можливостями:

Характеристики:

1. Температура вимірювання 0...+1000 °С;
2. Максимальна амплітуда вхідного сигналу ±5В;
3. Тривалість вимірювання 80 мс.;
4. Час перетворення 20 нс.;
5. Об'єм пам'яті 4 Кбайт;
6. Затримка перед початком вимірювання 50, 100, 150, 200, 250 мс.

Можливості:

1. Візуалізація ультразвукового сигналу та визначення його амплітуди;
2. Медіанна фільтрація цифрового сигналу;
3. Алгоритм визначення моменту переходу ультразвукового сигналу через нуль, що дає змогу збільшити точність вимірювання часового інтервалу;
4. Обчислення часу проходження УЗ сигналу крізь чутливий елемент;
5. Візуалізація температурного профілю у печі;
6. Обчислення середнього значення температури вздовж чутливого елемента;
7. Збереження у файлі отриманих даних: часу проходження УЗ сигналу, амплітуди, середньої температури;

На основі збережених даних можливо побудувати графік залежності швидкості проходження УЗ сигналу від температури та залежності амплітуди сигналу від температури (згасання сигналу).

1. Луцик Я.Т., Буняк Л.К., Рудавський Ю.К., Стадник Б.І Енциклопедія термометрії. – Львів, 2003. – С. 121–123. 2. Луцик Я., Буняк Л., Стадник Б. Застосування ультразвукових сенсорів. – Львів, 1998. 3. Луцик Я.Т., Дорожовець М.М., Лихновський І.С. Погрешности импульсных ультразвуковых термометров // Измерительная техника. – 1992. – №6. – С. 37–38. 4. Залуцька Т.М., Лихновський І.С., Озгович А.І., Луцик Я.Т. Підвищення точності вимірювання та завадостійкості ультразвукового імпульсного термометра // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2005. – №530. – С. 121–123. 5. <http://www.datasheetlist.com/datasheet-shortcut/A31.html> 6. <http://www.e12.physik.tu-muenchen.de/~mboehmer/ipuprint/cy7c419.pdf>

УДК 621.314

У.Ю. Дзелендзяк¹, В.В. Самотий^{1,2}

¹Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра комп'ютеризованих систем автоматички

²Вища Школа Бізнесу в Домброві Гурнічій, Польща

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПАРАЛЕЛЬНОГО ТИРИСТОРНОГО ІНВЕРТОРА, ЩО ОПИСУЄТЬСЯ ЖОРСТКИМИ РІВНЯННЯМИ

© Дзелендзяк У.Ю., Самотий В.В., 2007

Наведено математичну модель паралельного тиристорного інвертора, що ґрунтується на неявних методах числового інтегрування, а також запропоновано методику аналізу перехідних і усталених режимів його роботи.

Mathematical model of parallel thyristor inverter directed on implicit methods is submitted and method for transient and steady-state analysis of its operational modes is suggested.

Вступ

Особливості математичних моделей інверторів (перетворювачів постійної напруги в змінну) полягають у тому, що, по-перше, умови відкривання тиристорів залежать від керуваних сигналів, а по-друге, трансформатор ввімкнений між навантаженням та тиристорним інвертором.

Принцип дії тиристорних перетворювачів постійної напруги в змінну полягає в періодичному вмиканні навантаження до джерела постійної напруги зі зміною полярності, внаслідок чого через навантаження протікає змінний струм. Порівняно з транзисторами тиристори мають деякі важливі особливості, які суттєво впливають на принципи роботи схем інверторів. Вони відкриваються при подачі в коло керівного електрода струму або напруги. Але у відкритого тиристора керівні електроди втрачають свої керівні властивості, тому його закриття практично можна досягти лише зниженням анодної напруги до нуля або подачею від'ємної напруги на анод.

Запропоновано метод аналізу перехідних і усталених режимів роботи перетворювачів постійної напруги в змінну, які містять керовані напівпровідникові вентиля і описуються жорст-