

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА РАДІОЕЛЕКТРОННЕ АПАРАТОБУДУВАННЯ

УДК: 621.382: 681.586.776

В. С. Осадчук, д-р. техн. наук, проф.;
О. В. Осадчук, д-р техн. наук, проф.;
С. В. Барабан, асп.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ НА ОСНОВІ ЧАСТОТНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ З ВІД'ЄМНИМ ОПОРОМ

Обґрунтовано доцільність використання частотних перетворювачів температури з від'ємним опором для побудови систем контролю температури на основі сучасних інформаційних технологій, а також розглянуто реалізацію цієї температурної ІВС.

Вступ та постановка задачі дослідження

Використання досягнень сучасних технологій привело до значних успіхів у створенні різноманітних пристроїв контролю і керування. Проте часто отримання високих метрологічних характеристик апаратури досягається за рахунок підвищення її складності, габаритів, маси і вартості. Для подальшого суттєвого підвищення якості первинних перетворювачів необхідно використовувати нові фізичні явища, зокрема явище від'ємного опору [1], і пошук нових принципів реалізації пристроїв, що відзначаються багатофункціональністю, малою споживаною потужністю, стабільністю характеристик, високою чутливістю, підвищеною швидкістю і надійністю. На сучасному розвитку інформаційних технологій їх використання в технічних системах стало необхідною умовою для функціонування цих систем в побуті і в промисловості. Для систем контролю об'єкта вимірювання бажаною технічною характеристикою є оповіщення про вихід значення величини за норму завдяки доступним протоколам передачі даних, як то HTTP, FTP, POP, SMTP, Telnet.

Мета дослідження розробити теоретичні та практичні аспекти системи контролю температури на основі частотних перетворювачів з від'ємним опором.

Задачі дослідження — обґрунтувати доцільність використання частотних перетворювачів з від'ємним опором в системах контролю температури та розробити систему контролю температури з такими вимірювальними перетворювачами і використанням сучасних інформаційних технологій.

Частотні перетворювачі температури з від'ємним опором

Використання від'ємного опору мікроелектронних приладів створює умови для побудови генераторів, які є основним елементом перетворювачів з частотним вихідним сигналом. Такі перетворювачі поєднують простоту і універсальність, які мають аналогові пристрої, з точністю і завадостійкістю, що характеризують перетворювачі з кодовим виходом. Подальше перетворення частотно-модульованого сигналу зводиться, в основному, до підрахунку періодів сигналу упродовж певного часу-операції, що за простотою і точністю перевищує всі інші методи аналого-цифрового перетворення. Використання частотного принципу роботи дозволяє отримати такі переваги:

1) у разі використання частотних перетворювачів відкривається принципова можливість досягнення значно більшої точності вимірювання у порівнянні з амплітудними перетворювачами з цифраторами. Ця об'єктивна властивість високої завадостійкості, яку має частотна модуляція, є головною передумовою перспективності частотних перетворювачів у порівнянні з амплітудними.

2) з енергетичної точки зору найважливішою ділянкою вимірювального каналу для проходження інформації є ділянка від виходу вхідного перетворювача до входу підсилювально-перетворювальної апаратури, де інформація передається найменшим потоком енергії. Втрати інформації на цій ділянці не можна компенсувати ніякими наступними операціями. У зв'язку з цим

помилки, які виникають, наприклад, під час використання реостатних, індуктивних, тензорезистивних і п'єзоелектричних амплітудних перетворювачів, дорівнюють відповідно 0,02; 0,1; 1,0 і 10 %, розташовані у такому ж порядку, як і потужності вихідних сигналів перетворювачів, які дорівнюють відповідно 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-5} і 10^{-7} Вт. Вихідні потужності частотних перетворювачів, як правило, бувають значно більшими. При цьому потужність, яка визначає стабільність частоти генерації, необхідно вважати коливальною (реактивною потужністю резонатора, яка тим більша, чим більша його добротність. Для порівняння покажемо, що у сенсорів з вібруючими пластинами або язичками вона складає 0,1...0,2 ВА, в сенсорах з LC-резонаторами — 0,01...0,1 ВА, в акустичних резонаторах або низько добротних RC-генераторах — 10^{-4} ... $3 \cdot 10^{-4}$ ВА [2].

3) зразкові міри частоти, наприклад, у вигляді кварцового генератора, можливо виконати із значно більшою стабільністю, ніж зразкові міри електричної напруги у вигляді нормальних елементів або напівпровідникових стабілізаторів напруги. Це пояснюється об'єктивною різницею інформаційних властивостей амплітудо-модульованих і частотно-модульованих процесів.

4) у випадку застосування в інформаційних системах амплітудних сенсорів побудова комутаторів, які не вносять значних помилок у результати вимірювань, є найскладнішою проблемою. Паразитні Е.Р.С., перехідні опори і взаємний вплив каналів у таких комутаторах приводять до появи великих помилок, радикальної боротьби з якими не знайдено до теперішнього часу. Під час використання сенсорів з частотно-модульованим вихідним сигналом, що практично не чутливі до вищеперахованих факторів, комутатори можна будувати за найпростішими схемами, не вносячи при цьому ніяких помилок у результати вимірювань.

5) точне інтегрування за часом вихідного сигналу частотних сенсорів виконується виключно точно. При цьому інтегровувальний пристрій у вигляді підсумовувального лічильника електричних імпульсів є ідеальним інтегратором з необмеженим часом інтегрування.

Таким чином, для побудови системи контролю температури доцільно використати перетворювачі з частотним виходом.

На рис. 1а, 2а, 3а показані розроблені схеми частотних перетворювачів температури на основі транзисторних структур з від'ємним опором. Перетворювачі рис. 1а, 2а доцільно використовувати у разі використання контактних методів вимірювання температури, а перетворювач рис. 3а розроблений для безконтактного вимірювання температури. На рис. 1б, 2б, 3б зображені функції перетворення цих вимірювачів температури, зняті за напруги живлення 4 В.

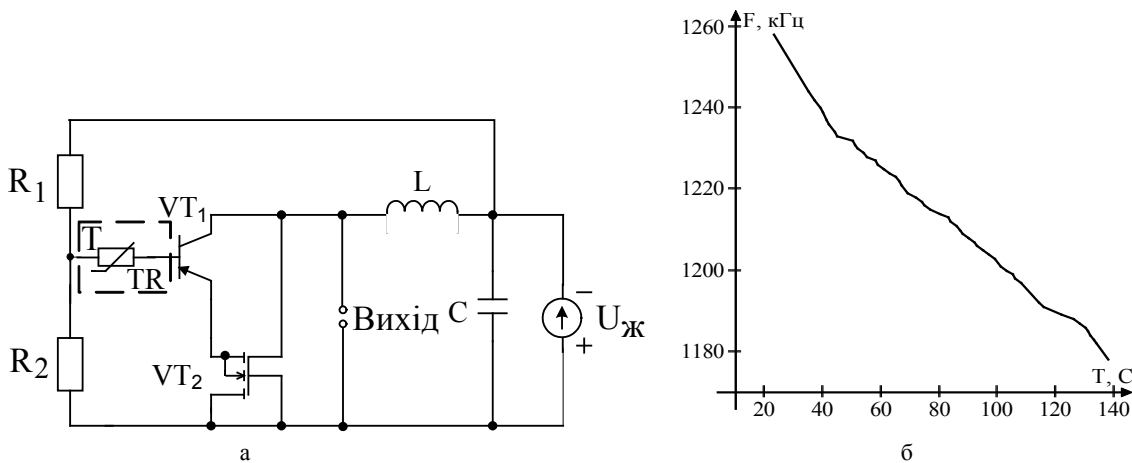


Рис. 1. Частотний перетворювач температури на основі терморезистора (а) і його експериментальна функція перетворення для $U_{\text{ж}} = 4$ В (б)

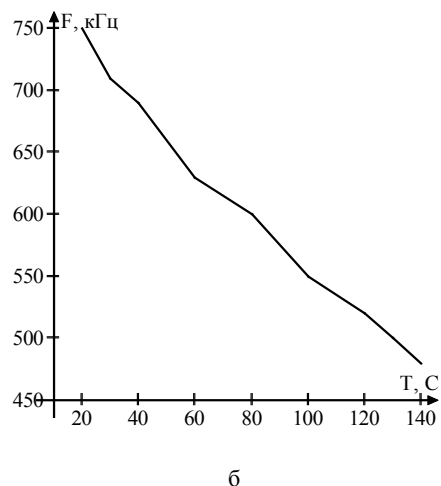
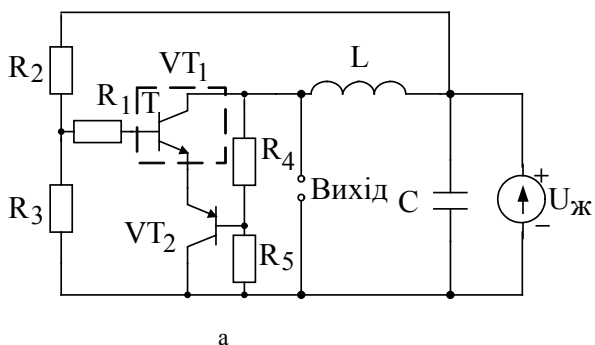


Рис. 2. Частотний перетворювач температури на основі біполярного транзистора (а) і його експериментальна функція перетворення для $U_{ж} = 4$ В (б)

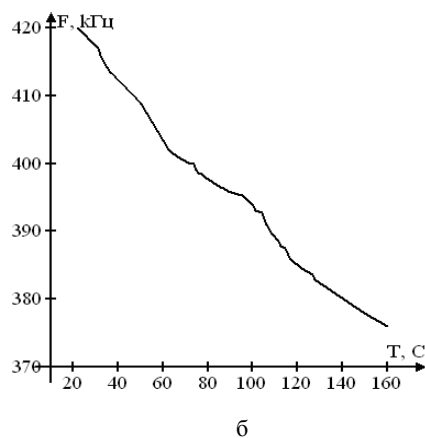
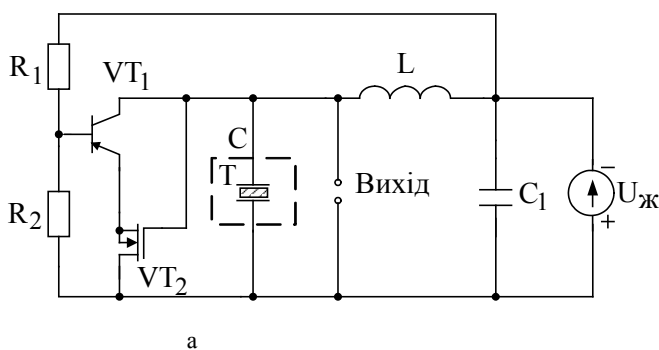


Рис. 3. Частотний перетворювач температури на основі сегнетоконденсатора (а) і його експериментальна функція перетворення для $U_{ж} = 4$ В (б)

В табл. подані параметри існуючих і розроблених пристроїв вимірювання температури. Розрахунки узагальнених показників технічної ефективності розроблених частотних перетворювачів температури показують, що запропоновані пристрої мають кращі метрологічні параметри в порівнянні з існуючими.

Температурні перетворювачі

Показники температурних перетворювачів	Металеві перетворювачі	Термопарні перетворювачі	Терморезистивні перетворювачі	Інтегральні перетворювачі	Частотні перетворювачі	Частотні на основі ТСВО
Чутливість, мВ/°С	5	0,05	4	10	3,75 кГц/°С	5 кГц/°С
Точність, °С	0,1	1	1	1	1	0,7
Нелінійність	1	1	0	1	0	0
Рівень вихідного сигналу, В	0,005	0,0005	$50 \cdot 10^{-3}$	3	3	5
Температурний коефіцієнт чутливості, мВ/°С	5	0,05	4	10	10	10
Споживана потужність, мВт	0,015	0,0015	3	0,6	15	10
Робочий діапазон частот, Гц	0	0	0	0	$16 \cdot 10^3$	$10^5 - 10^9$
Надійність	1	1	1	1	1	1
Температурний діапазон, °С	-100 +850	-270 +2400	-40 +100	-40 +125	-40 +100	-100 +400

Система контролю температури

На рис. 4 показано блок-схему системи контролю температури, розроблену на основі частотних перетворювачів температури з від'ємним опором і використанням сучасних інформаційних технологій. На схемі використано такі позначення: T — температура, яка є об'єктом контролю; $ЧЕ_n$ — чутливий елемент, в якості якого виступає сегнетоконденсатор; $ЧПТСВО_n$ — частотний перетворювач на основі транзисторної структури з від'ємним опором; ВФ з ВЧП — вхідний формувач з високочастотними перемикачами; USB-ЧМ — частотомір з USB-виходом; USB-ІФ — USB-інтерфейс; Др — драйвер; ПЗ — програмне забезпечення; ІФК — інтерфейс користувача.

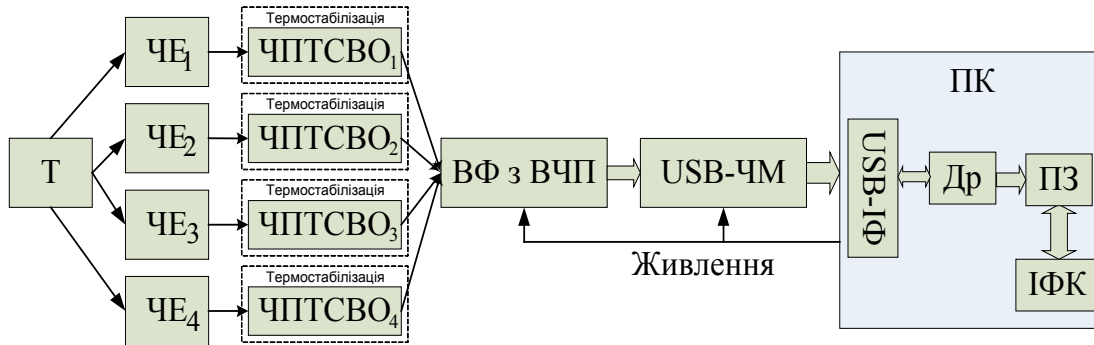


Рис. 4. Блок-схема системи контролю температури на основі частотних перетворювачів з від'ємним опором

Основні особливості розробленої системи контролю температури: покращена точність і чутливість вимірювання температури за рахунок використання перетворювачів температури з частотним виходом на основі транзисторних структур з від'ємним опором; інтеграція з USB-інтерфейсом ПК; живлення від ПК; зберігання вимірних даних на ПК у вигляді файла даних; повідомлення про вихід температури за встановлені межі через SMTP-сервер.

Система дозволяє: автоматично вимірювати температуру без втручання оператора в необхідний час і реєструвати вихід температури відносно заданих значень; видавати інформацію про температуру в текстовому і графічному вигляді та зберігати результати вимірювання тривалий час; сигналізувати про вихід температури за встановлені межі.

Використаний у системі контролю температури USB-частотомір описано у роботі [3].

Програмне забезпечення виконує такі функції: сприйняття вхідної частоти, перетворення відповідного значення сигналу у температуру, порівняння вхідного значення з описаними нормами, формування і видачу кількісних тверджень про стан об'єкта контролю, зберігання інформації на ПК, формування і передачу повідомлення про стан контрольованого об'єкта. Під час виконання операції порівняння контрольованої величини з нормою програма здійснює графічне відображення області нормального стану ($T_{\min} < T < T_{\max}$) та зміну температури з часом. Норми і контрольована вимірювальна інформація в системі описані за абсолютними значеннями.

Програмне забезпечення побудовано на мові візуального програмування G та складається з віртуальних пристроїв із бібліотеки пакету програм LabVIEW [4]. З програмного забезпечення системи контролю найбільший інтерес викликає програма перетворення частоти в температуру. На рис. 5 зображено функціональну схему роботи цієї програми. Вона складається з трьох основних блоків, які обведені штрих-пунктирною лінією: 1 — блок перетворення строкових даних в частоту, 2 — блок перетворення частоти в температуру, 3 — блок функціональної обробки температури. Кожен блок у свою чергу складається з підпрограм.

Окремо слід зупинитися на перетворенні частоти в температуру у ПЗ. Особливістю цього перетворення є використання інтерполяції під час формування функції перетворення частотного перетворювача з від'ємним опором. Користувач має змогу самостійно вибрати спосіб інтерполяції: лінійна, сплайн-функція, кубічними поліномами Ерміта, поліном Лагранжа, інтерполяція з кратними вузлами, а також параметри інтерполяції.

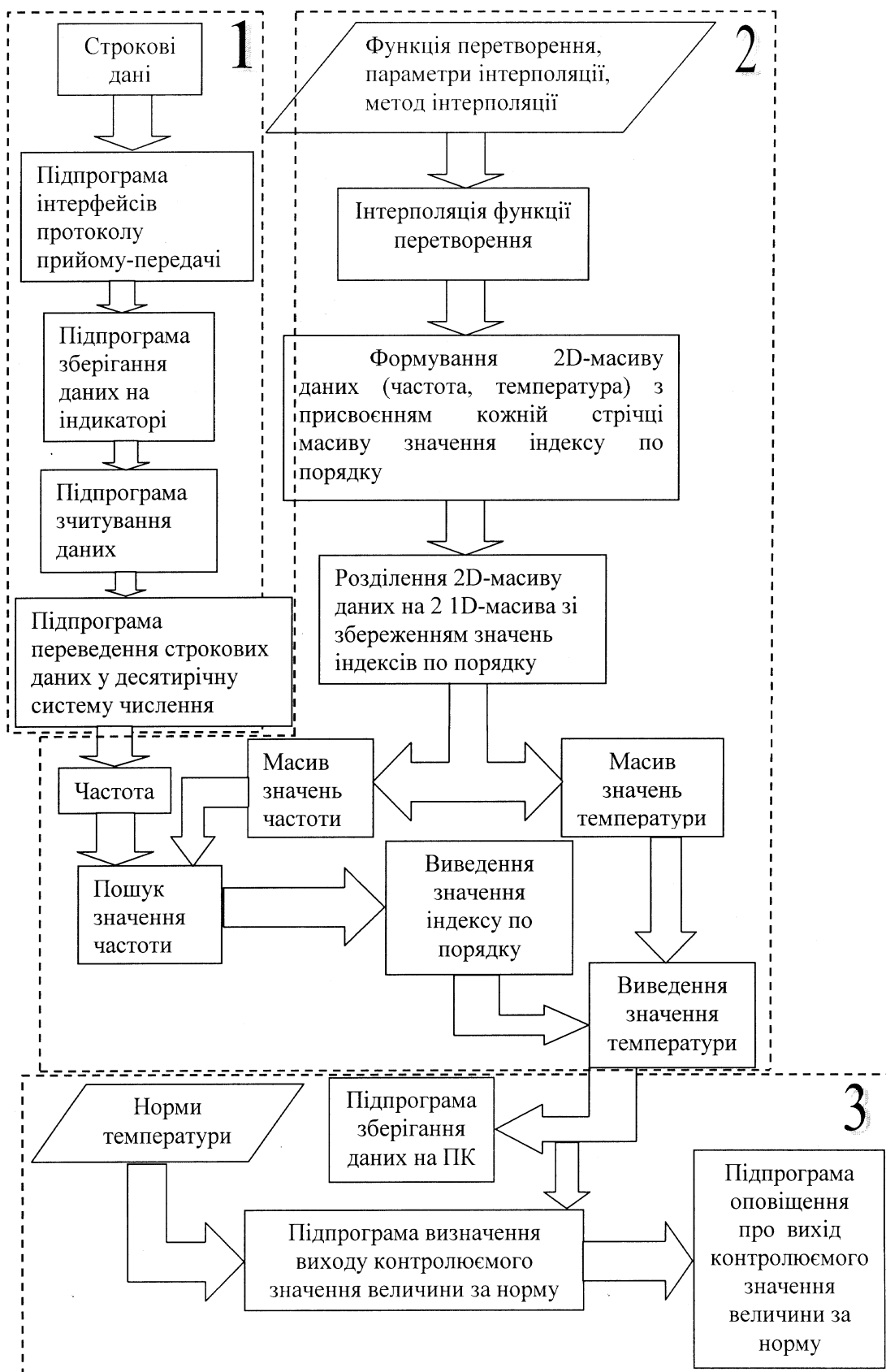


Рис. 5. Функціональна схема роботи програми перетворення частоти в температуру розробленої системи

Система контролю температури має зручний інтерфейс, який повністю інтегрований з сучасним ПК. Лицьова панель розробленого програмного забезпечення для системи показана на рис. 6.

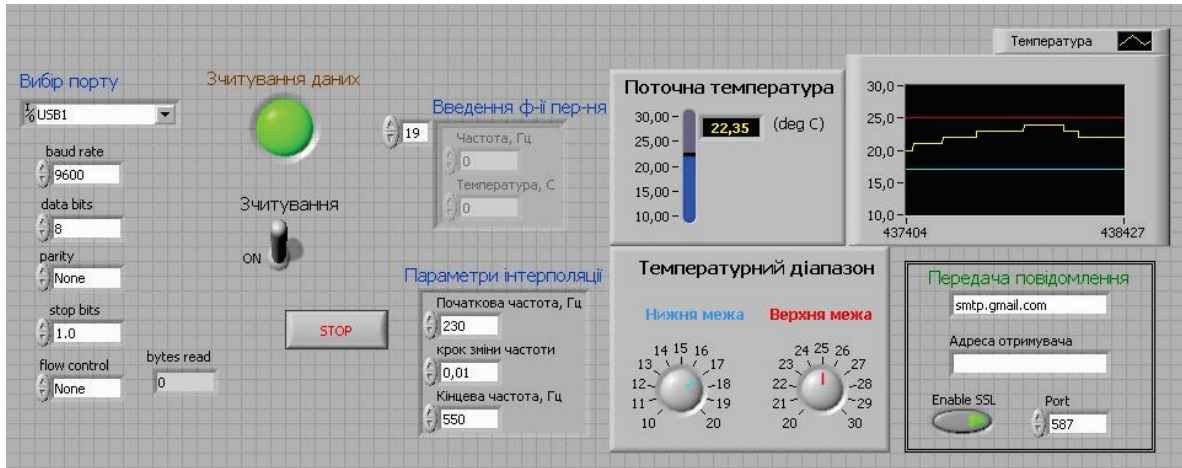


Рис. 6. Інтерфейс програмного забезпечення для системи контролю температури на основі частотних перетворювачів з від'ємним опором

Висновки

Розроблено систему контролю температури на основі частотних перетворювачів з від'ємним опором і використанням сучасних інформаційних технологій. Вибір таких перетворювачів зумовлений їхніми кращими метрологічними параметрами, що може поліпшити характеристики самої системи. Використовуючи віртуальні пристрої із бібліотеки пакету програм LabVIEW для побудови програмного забезпечення системи контролю температури, можна вдосконалити її функції зберігання і відображення інформації та оповіщення про вихід за норму контрольованого параметра.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. О. В. Осадчук. Мікроелектронні частотні перетворювачі на основі транзисторних структур з від'ємним опором / О. В. Осадчук. — Вінниця : «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 2000. — 303 с.
2. В. С. Осадчук. Мікроелектронні сенсори температури з частотним виходом : моног. / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Н. С. Кравчук. — Вінниця : «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 2007. — 163 с.
3. Осадчук О. В. USB-частотомір/ О. В. Осадчук, С. В. Барабан, О. С. Звягін, Р. В. Криночкін : матеріали 6-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Дни науки — 2010» /Номер 25/ Технические науки/ Электротехника и радиоэлектроника/ Praha. Publishing House «Education and Science» s. r. o — С. 32—34.
4. Бутырин П. А. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 / П. А. Бутырин. — М. : ДМК Пресс, 2005.

Рекомендована кафедрою радіотехніки

Стаття надійшла до редакції 18.01.11
Рекомендована до друку 21.01.11

Осадчук Володимир Степанович — професор кафедри електроніки;
Осадчук Олександр Володимирович — завідувач кафедри, **Барабан Сергій Володимирович** — аспірант.
Кафедра радіотехніки.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця