

Висновки

У роботі проаналізовано ефективність стиску трансформувальних методів компресії електрокардіосигналів. Отримано результати, згідно з якими алгоритми, основані на двовимірних перетвореннях, забезпечують значно кращий стиск, проте і більше спотворення сигналу. Визначено основні причини похибок реконструкції ЕКГ. Мета подальших досліджень полягає у подальшому підвищенні ефективності роботи наведених алгоритмів та забезпеченні більшої точності відтворення.

1. Jalaleddine S., Hutchens C., Strattan R., and Coberly W. ECG data compression techniques – A unified approach // *IEEE Trans. Biomed. Eng.* – Apr. 1990. – Vol. 37, no. 4. – P. 329–343. 2. Hilton M.L. Wavelet and wavelet packet compression of electrocardiograms // *IEEE Trans. on Biomed. Eng.* – May 1997. – Vol. 44. – P. 394–402. 3. Ahmad Reza A. Moghaddam, Kambiz Nayebi. A two dimensional wavelet packet approach for ECG compression // *In Proc. International Symposium on Signal Processing and its Applications (ISSPA)*. – August 2001. – P. 226–229. 4. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. – М.: СОЛОН-Р, – 2002. – 488 с. 5. Ali Bilgin, Michael W. Marcellin, Maria I. Altbach. Compression of Electrocardiogram Signals using JPEG2000 // *IEEE Trans. on Consumer Electronics*. – November 2003. – Vol. 49, No. 4. – P. 833–840. 6. Lee H., Buckley K.M. ECG data compression using cut and align beats approach and 2-D transforms // *IEEE Trans. Biomed. Eng.* – May 1999. – Vol. 46. P. 556–564. 7. Amjed S. Al-Fahoum. Quality Assessment of ECG Compression Techniques Using a Wavelet-Based Diagnostic Measure // *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* – January 2006. – Vol. 10, No. 1. – P. 182–191. 8. Moody G.B. *The MIT-BIH Arrhythmia Database CD-ROM, 2nd ed.* Cambridge, MA: Harvard–MIT Div. Health Sci. Technol. – Aug. 1992. 9. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. – М.: ВУС, 1999. – 204 с.

УДК 004.3

В.Т. Кремінь, С.М. Матвієнко*, М.П. Кушнір
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних обчислювальних машин,
* Приватний підприємець

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПУЛЬСУ ЛЮДИНИ, ІНТЕГРОВАНА В ОПТИЧНИЙ МАНІПУЛЯТОР ТИПУ “МИША”

© Кремінь В.Т., Матвієнко С.М., Кушнір М.П., 2006

Описано систему контролю пульсу людини, інтегровану в оптичний маніпулятор типу “миша”. Систему можна використовувати для контролю стану операторів персональних комп’ютерів.

In this article it is described human pulse control system that is integrated in the optical mice. System is useful to control the PC operator state.

Вступ

Стрімкий розвиток засобів обчислювальної техніки, здешевлення компонентів електронних схем дали змогу інтегрувати нові функції у добре знайомі користувачам персональних комп’ютерів пристрої вводу–виводу. В статті розглянуто можливість реалізації системи вимірювання пульсу, що інтегрована в оптичний маніпулятор типу “миша”, а також діагностики стану людини шляхом вимірювання пульсу оптичним методом.

Аналіз попередніх робіт

За останні декілька років виробники “мишок” намагаються вдосконалити роботу та функціональність своїх пристроїв. Тенденції розвитку полягають у збільшенні функцій (часто непотрібних кінцевому користувачу) і покращанні характеристик компонентів (наприклад, оптичного давача та процесора обробки зображення). Але недостатньо уваги приділяють модернізації традиційних пристроїв вводу–виводу для виконання діагностичних і контрольних функцій, наприклад, контролю за станом оператора комп’ютера.

Сьогодні існують ряд пристроїв для моніторингу стану людини, зокрема [4, 5], які є цілком автономними засобами, не пов’язаними із персональним комп’ютером.

Постановка задачі.

Описати оптичний маніпулятор типу “миша”, який може вимірювати частоту пульсу та здійснювати первинну діагностику (рис. 1).

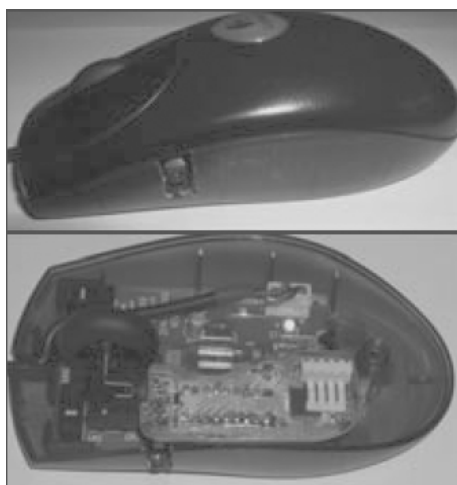


Рис. 1. USB оптична “мишка”, яка може вимірювати частоту пульсу

Вимірювання частоти пульсу

Вимірюють частоту пульсу зазвичай під час тренувань чи проходження медкомісії. Але чому це є завданням лише медичних установ чи закладів фізичної культури? Перевірка частоти пульсу щодня допоможе краще оцінити загальний стан здоров’я і вчасно звернутися до лікаря.

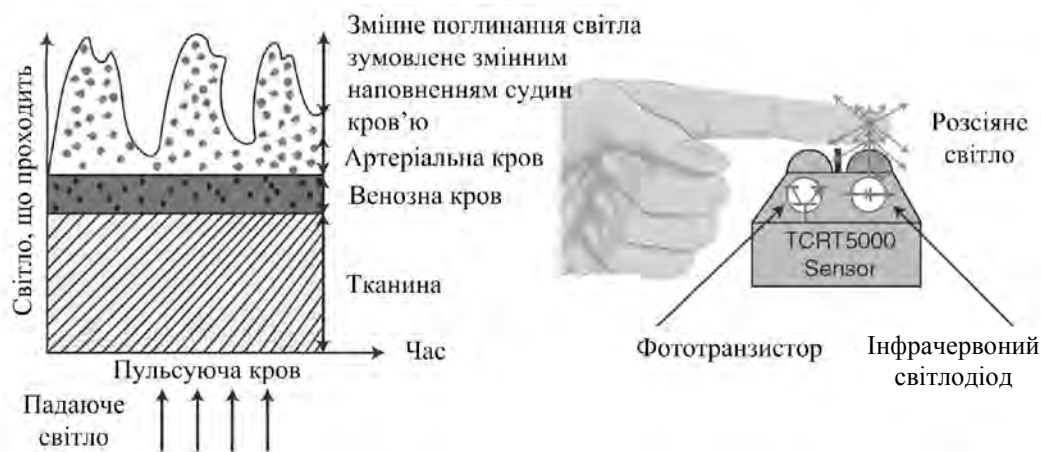


Рис. 2. Оптичний метод вимірювання частоти пульсу

Існують чотири основні методи вимірювання частоти пульсу: вручну, механічно, електрично і оптично. Для цього проекту було обрано оптичний метод, тому що вимірювання основані на рівнях абсорбції світла тканинами людини (рис. 2). Аналіз кривої світлової модуляції – ефективний шлях для діагностування активності дихальної системи та захворювань. Вимірювання різниці світлової абсорбції в інфрачервоних і червоних смугах надає нам можливість визначати рівні насиченості крові киснем.

“Мишка” і пульсометр

Запропонована система містить оптичний пульсометр, сенсор зображення від оптичного маніпулятора типу “миша” та USB інтерфейс. Щоб виміряти частоту пульсу, слід розмістити великий палець напроти оптичного давача (рис. 2). Система вимірює й обробляє сигнал, а спеціалізована програма відображає результати вимірювань на системній панелі OS Windows (рис. 3).

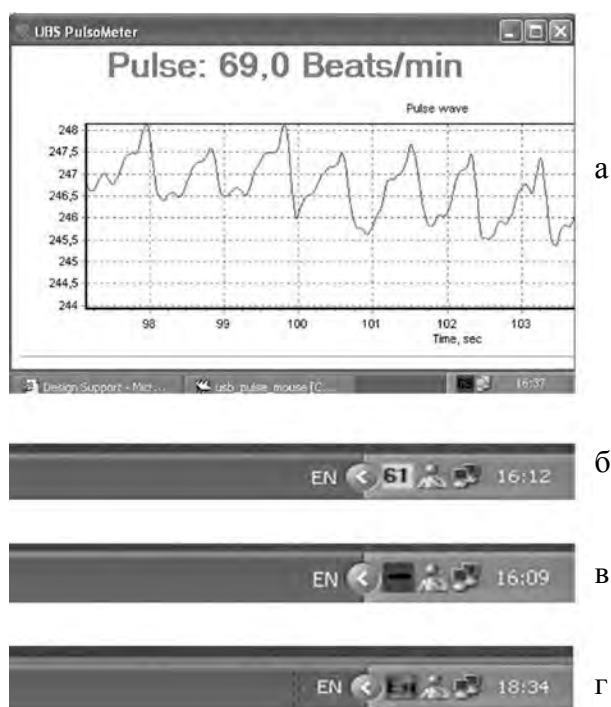


Рис. 3. Знімок екрана аплікації USB пульсометра

Давач пульсометра складається з інфрачервоного світлодіода і фототранзистора (рис. 2). Світлодіод освітлює палець. Фототранзистор детектує поширюване інфрачервоне світло. Було використано світлочутливий давач з транзисторним виходом типу Vishay TCRT5000. Сенсорний передавач і приймач розташовано на одному боці. Фототранзистор отримує відбитий сигнал, який достатньо слабкий і містить шум, що спричинений різними зовнішніми світловими джерелами (наприклад, сонцем, електричною лампочкою, флуоресцентною лампою). Щоб підвищити завадостійкість, пульсометр використовує техніку модуляції для обробки сигналу від сенсора. Щоб обчислити частоту пульсу, сигнал пульсу повинен бути підсилений, демодульований, перетворений за допомогою АЦП в цифрову форму. Подальшу обробку можна здійснювати програмно на ПК.

Система побудована на базі мікроконтролера CY8C24794, який містить повнофункціональний, швидкісний (12-Мбіт/с) USB інтерфейс. Блок-схему системи наведено на рис. 4.

“Мишка” складається із стандартного оптичного давача Agilent ADNS-2051, колеса прокрутки і кнопок. ADNS-2051 визначає напрям руху “мишки”. Він містить систему отримання зображення (image acquisition system – IAS), процесор цифрової обробки (digital signal processor – DSP), двоканальний квадратурний вихід і двопровідний послідовний порт. CY8C24794 забезпечує SPI-сумісний інтерфейс для читання регістрів ADNS-2051, коли доступна x і y інформація. Інтегрована

схема SPI дає змогу CY8C24794 зв'язуватися із зовнішньою SPI-сумісною апаратурою (ADNS-2051 в даному випадку).

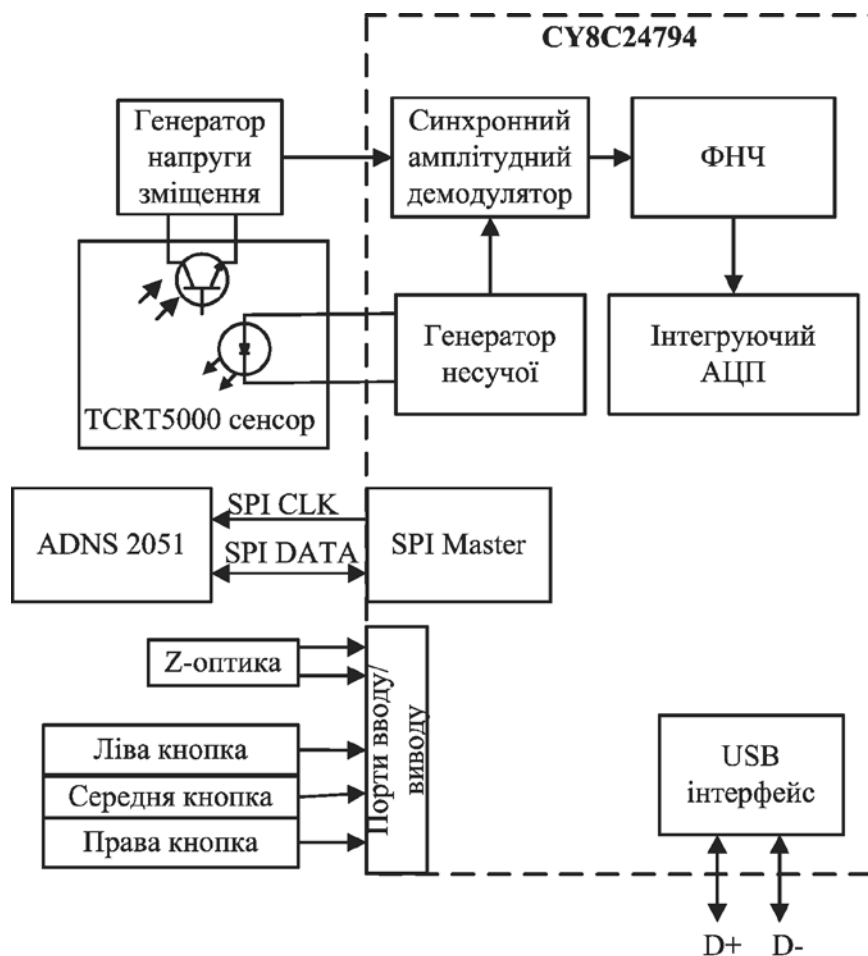


Рис. 4. Блок-схема системи

Пульсометр використовує техніку модуляції для сенсорної обробки сигналу, щоб збільшити завадостійкість. Генератор несучої частоти формує сигнал модуляції, який керує інфрачервоним світлодіодом. Фототранзистор перетворює отримане світло на електричний сигнал і підсилює його. Генератор напруги зміщення приглушує низькочастотний шум із сигналу фототранзистора. Генератор напруги зміщення має низький імпеданс для постійних струмів або низькочастотних сигналів, що дає змогу усувати низькочастотні шуми, викликані джерелами зовнішнього світла – такими, як лампи освітлення, що живляться змінним струмом.

Синхронний амплітудний демодулятор випрямляє вихідний сигнал генератора зміщення. Опорний сигнал демодулятора є сигналом несучої, частота несучої – 7500 Гц. Пройшовши через фільтр низьких частот, сигнал перетворюється в цифрову форму за допомогою АЦП інтегруючого типу, який додатково усуває шуми різного походження. Було використано сігма-дельта АЦП з модулятором другого порядку. Роздільна здатність АЦП 13 біт, частота дискретизації – близько 60 Гц. Як можна побачити на рис. 4, генератор несучої, синхронний амплітудний демодулятор, фільтр низьких частот та АЦП є внутрішніми блоками мікроконтролера CY8C24794. Жодні зовнішні компоненти не потрібні. Це можливо завдяки унікальним ресурсам PSoC.

Інтерфейс USB забезпечує комунікацію між системою та персональним комп'ютером (ПК). USB – це послідовний канал зв'язку, який підтримує швидкість передавання даних 12 Мбіт/с.

Система використовує два дескриптори інтерфейсу – один для “мишки” і один для пульсометра. Визначивши те, що є більше ніж один інтерфейс, Windows розпізнає пристрій як складений пристрій, а потім продовжує завантажувати драйвер, який буде “спілкуватись” з кожним інтер-

фейсом. У нашому випадку є дві реалізації HID (human interface device) драйвера. Використовуючи інформацію, яка повертається з пристрою, ПК визначає номер кінцевих точок даних, підтримуваних пристроєм, і завантажує необхідний драйвер. Всі USB пристрої HID класу виконують ту саму процедуру старту USB: приєднання пристрою, шинне скидання, перелік і отримання/передача даних.

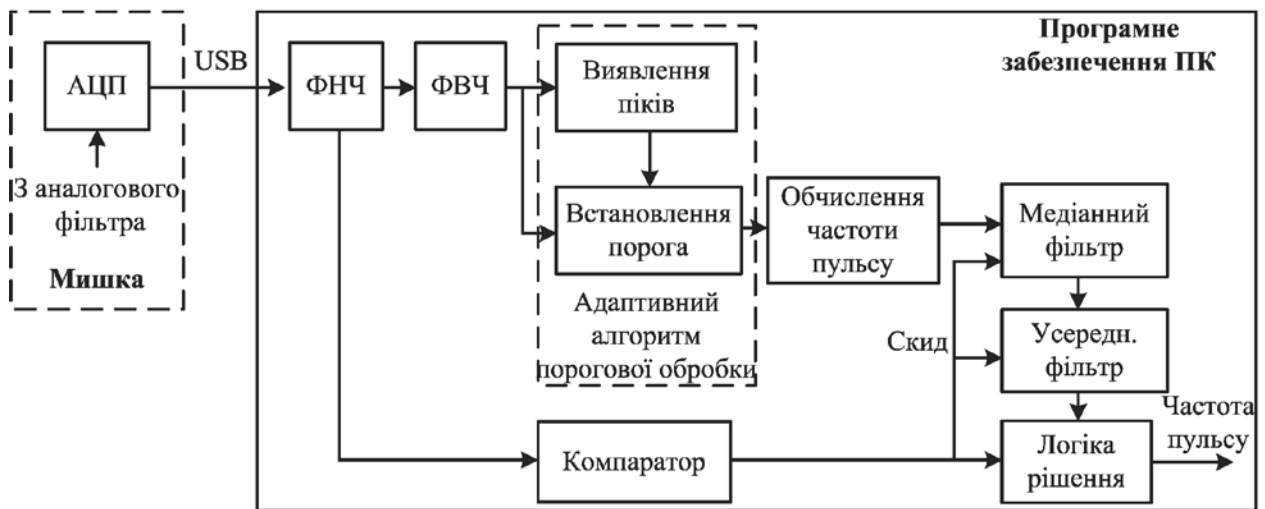


Рис. 5. Обробка даних, що виконується на боці ПК

Програмне забезпечення мікроконтролера

ПЗ читає АЦП дані і відправляє необроблені АЦП дані до ПК (жодна обробка сигналу не проводиться на боці PSoC), перевіряє клавіші “мишки”, читає ADNS-2051 x і y зміщення і відправляє до ПК налагоджувальну інформацію (наприклад, стан кнопок та x і y значення) та інформацію про стан “мишки”. Кожного разу, коли USB пристрій вставляється в ПК, USB підсистема здійснює перелік (тобто, PC вивчає свої дескриптори і визначає, який драйвер пристрою потрібен). Всі дескриптори USB визначені в модулі користувача USB пристрою, який доступний в PSoC Designer Device Editor.

У нашому випадку доступні два дескриптори інтерфейсу. Перший належить миші і має одну кінцеву точку (EP3) та HID дескриптор для трьох кнопок. Windows розпізнає пристрій як стандартну мишку. Інший інтерфейс має дескриптор пульсометра і дві кінцеві точки. Щоб передавати пульсову хвилю в ПК, використовують тільки кінцеву точку EP1. Кінцева точка EP2 необов’язкова. Можна використовувати її, щоб передавати дані з ПК до мікроконтролера CY8C242794.

Коли процес переліку завершено, PSoC мікропрограма починає послідовне опитування кнопок “мишки” та колеса прокрутки. Стан кнопок, як і x та y зсуви, скеровують до ПК через кінцеву точку (EP3 у нашому пристрої). Коли хост випускає IN пакети, щоб отримати дані з “мишки”, CY8C242794 повертає 3 байти даних до ПК.

Треба зазначити, що через кінцеву точку EP1 посилається байтовий масив з 64 елементів. Перші два елементи – АЦП дані. Інші елементи, що залишились, можна використовувати для передавання налагоджувальних змінних. Вся обробка пульсової хвилі здійснюється на боці ПК. Через USB посилають тільки сирий потік даних з АЦП. Обробку сигналу реалізовано на боці ПК, де немає жодного обмеження за обчислювальними ресурсами.

Програмне забезпечення ПК

Програмне забезпечення ПК для пульсометра – це термінальна програма, створена із використанням засобів Borland Delphi 7 і бібліотеки коду JEDI для роботи з USB пристроями. Програма працює в середовищі Windows XP/2000.

ПК програма збирає дані пульсової хвилі, обчислює частоту пульсу, а потім показує графік пульсової хвилі та інформацію про стан пульсометра (наприклад, частота пульсу і ситуації збою) у вікні та на системній панелі. Коли пульс виявлено, фон іконки на панелі змінюється від синього до зеленого (рис. 3, б). Якщо палець не знаходиться на фотодетекторі “мишки”, з’являється символ “—” (рис. 3, в). Коли показано символ “Err”, це означає, що сигнал пульсової хвилі слабкий або ПК програма виявила помилку (рис. 3, з). Імовірно ви перемістили свій палець протягом процесу вимірювання пульсу або змінили ваш натиск на датчик.

Є два режими роботи термінальної програми. В одному термінальна програма працює з головним вікном, де показано граф пульсової хвилі та значення частоти пульсу (рис. 3, а). У другому термінальну програму мінімізовано до області піктограм панелі задач, де вказано лише значення частоти пульсу (рис. 3, б).

Перед обчисленням частоти пульсу потік пульсової хвилі фільтрується цифровим низько-частотним НІХ фільтром другого порядку та диференціюється високочастотним фільтром першого порядку (рис. 5).

Низькочастотний фільтр має таку передавальну характеристику з частотою зрізу (F_c) 12 Гц:

$$H(z) = \frac{0.189(1 + z^{-2}) + 0.378z^{-1}}{1 - 0.339z^{-1} + 0.09z^{-2}}$$

Частота дискретизації становить 60 Гц.

Щоб одержати першу похідну сигналу пульсу, який використовують для обчислення частоти пульсу, застосовують високочастотний НІХ фільтр першого порядку з частотою зрізу 10 Гц:

$$H(z) = \frac{0.63(1 - z^{-1})}{1 - 0.27z^{-1}}$$

На рис. 6 U_{DIFF} – диференційована пульсова хвиля. Автоматично скориговане (відслідковане) порогове значення використовують, щоб налаштувати роботу детектора ударів. Щоб скоротити хибні виявлення ударів, алгоритм після кожного виявленого удару виконує автоматичне регулювання порогових рівнів і виявлення шуму протягом попередньо визначеного вікна пошуку.

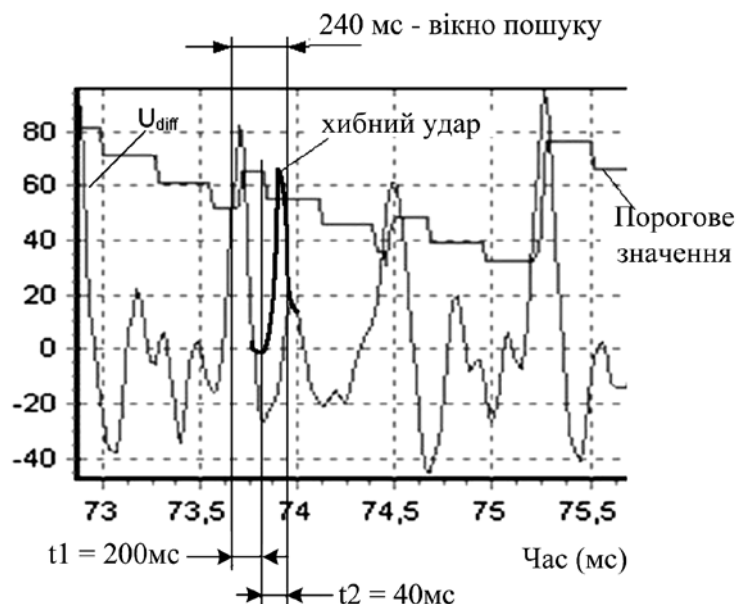


Рис. 6. Диференційована пульсова хвиля

Максимальне значення диференційованої пульсової хвилі шукається в інтервалі 200 мс (t_1) після виявленого удару. Порогове значення оновлюється як $0.8 * \max(|U_{DIFF}|)$, де U_{DIFF} – диференційована хвиля пульсу.

Порогове значення поволі зменшується в інтервалах після 200 мс. Зменшення порогового значення припиняється, коли виявляється наступний удар або коли він досягає певного низького значення.

Після виявлення удару є фіксовані 40 мс інтервал простою, коли алгоритм обчислення ударів блокуваний. Цей механізм простою покращує надійність виявлення удару пульсу для слабких і зашумлених сигналів.

Імпульсно-обчислювальний алгоритм блокується, коли значення диференційованої пульсової хвилі є меншим ніж порогове значення. Обчислення частоти пульсу розпочинається, коли ви розмістите свій палець на давачі пульсометра. Палець виявляється, коли рівень постійного струму пульсової хвилі підвищується.

Підпрограма обробки імпульсів обчислює інтервал між сусідніми імпульсами. Коли інтервали між суміжними імпульсами виміряно, обраховується частота пульсу в стандартній формі – ударів за хвилину:

$$P = 60 \times \frac{F_s}{N - N_{LAST}}$$

де P – частота пульсу в ударах за хвилину, F_s – частота дискретизації, N – кількість прийнятих відліків, коли поточний удар виявлений, N_{LAST} – кількість прийнятих відліків, коли останній удар виявлено.

Після виявлення дев'яти ударів масив дев'яти значень частоти пульсу пропускається через серединний фільтр, який визначає найближче значення до середнього значення частоти пульсу. Вимірювання вважається дійсним, якщо медіана нижча, ніж виміряна різниця між суміжними серединними значеннями пульсу. Інакше повертається помилка. Потім, після проходження через усереднювальний КІХ фільтр з плаваючим вікном четвертого порядку значення, частоти пульсу з'являється на іконці пульсометра в додатку Windows. Програме забезпечення виявляє помилку, якщо значення частоти пульсу поза очікуваним діапазоном ($30 < \text{частота пульсу} < 260$).

Є дві первинні умови для точного вимірювання частоти пульсу: палець повинен бути теплий і не можна змінювати силу натиску. Для кращої дії пульсометра палець повинен бути теплим (в холодному пальці мало крові). Близько до оптичного давача пульсометра може бути розташований маленький нагрівач, який може вмикатися автоматично, якщо палець холодний. Ця особливість може підтримуватися мікропрограмою “мишки”.

Діагностика

Пульсова хвиля містить достатньо інформації про стан організму. Можна використати різні методи аналізу. Наприклад, можна проаналізувати коливання частоти пульсу за допомогою гістограм розподілу, вейвлет чи Фур'є перетворення. Коливання в низьких частотах спостерігаються, коли ви стомлені. Цю інформацію можна використовувати, щоб визначити, коли необхідно перепочити. Це було б корисно для операторів систем контролю, розробників ПК ігор і дітей, що працюють з ПК.

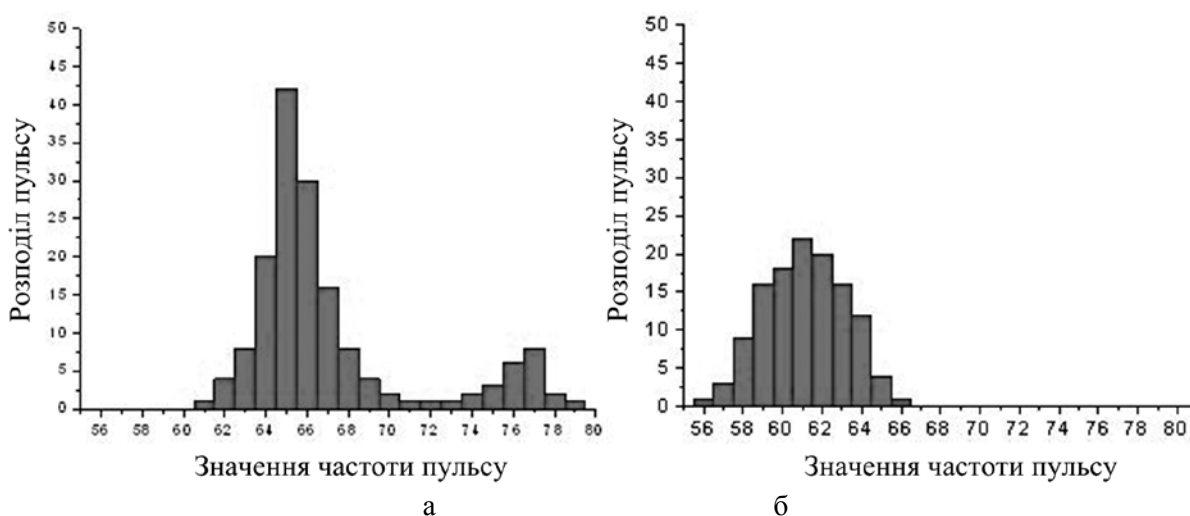


Рис. 7. Розподіл значень частоти пульсу

На рис. 7 показано розподіл значень частоти пульсу. Значення частоти пульсу були зафіксовані протягом дня у 2-хвилинних інтервалах. Аналіз коливання допоможе визначити години, в які треба розслабитися (рис. 7, б).

Під час відпочинку частота серцевого ритму повинна бути між 60 і 100 ударами за хвилину. (Серцевий ритм, нижчий за ряд, називають синусною брадикардією. Серцевий ритм, вищий за цей ряд, називають синусною тахікардією). Він повинен бути відносно постійним від удару до удару. Неузгодженості, можливо, вказують на нерегулярний серцевий ритм. Якщо серцева частота поза цим рядом, треба звернутися до лікаря.

Висновки

У роботі запропоновано маніпулятор типу “миша”, що надає можливість вимірювати частоту пульсу та проводити найпростішу діагностику стану оператора під час роботи на персональному комп’ютері. Систему можна використовувати для контролю за станом операторів персональних комп’ютерів. Подальші дослідження можуть передбачати розроблення діагностичних процедур для ґрунтовнішого аналізу результатів вимірювання.

1. *Agilent Technologies // Agilent ADNS-2051 Optical Mouse Sensor Data Sheet. – 2002, <http://literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-4289EN.pdf>.* 2. *Project JEDI, www.delphi-jedi.org.* 3. *USB-IF // Universal Serial Bus Specification Revision 2.0, April 2000.* 4. *www.cypress.com/an2158.* 5. *www.cypress.com/an2284.*

УДК 621.3

М.М. Кузьо, Я.С. Парамуд

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних обчислювальних машин

ПУЛЬСУЮЧІ ІНФОРМАЦІЙНІ РЕШІТКИ ЯК ПАРАЛЕЛЬНІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ СТРУКТУРИ З ОДНОРІДНОЮ АРХІТЕКТУРОЮ

© Кузьо М.М., Парамуд Я.С., 2006

Розглядаються пульсуючі інформаційні решітки (пульсири) як обчислювальна структура з однорідною архітектурою середовища. Пульсири являють собою обчислювальне поле з матрицею однібітових процесорів та зв’язків між ними. Особливістю пульсирів є те, що вони орієнтовані на використання пластини пульсира як кремнієвої підкладки з вмонтованими наній функціональними елементами та відтрасованими зв’язками.

Are considered pulsing information grates (pulsing), as computing structures with homogeneous architecture of environment. Pulsing represent computing with a matrix of one-bit processors, which are connected among themselves. Feature pulsing is that they are projected as a plate pulsing, silicon platform with the appropriate topology of functional elements and communications between them.

Вступ

Сучасні тенденції побудови комп’ютерних систем передбачають широке впровадження архітектурних рішень, що характеризуються паралелізмом обчислень. Дослідження пульсуючих інформаційних решіток, орієнтованих на побудову високопродуктивних паралельних обчислювальних систем, є актуальними для розв’язання широкого спектра прикладних задач.