

О.Д. АЗАРОВ, С.В. ПАВЛОВ, І.В. МИСЛОВСЬКИЙ, В.П. ДУМЕНКО

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФІЧНИХ СИГНАЛІВ

Вінницький національний технічний університет

Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця, Україна

Тел. (432) 598125, факс (432) 465772, E-mail: psy@vstu.vinnica.ua

Анотація. В статті розглянуто шляхи структурного синтезу створення сучасних оптоелектронних та лазерних технологій та програмного забезпечення для реалізації нетрадиційних медичних методик, алгоритмів, для діагностики та терапії стану серцево-судинної системи, що забезпечують високу оперативність, точність та неінвазивність.

Аннотация. В статье рассмотрены пути структурного синтеза создания современных оптоэлектронных и лазерных технологий и программного обеспечения для реализации нетрадиционных медицинских методик, алгоритмов, для диагностики и терапии состояния сердечно-сосудистой системы, что обеспечивают высокую оперативность, точность и неинвазивность.

Abstract. In the article the ways of structural synthesis of creation of modern optoelectronic and laser technologies and software for realization of untraditional medical methods are considered, algorithms, for diagnostics and therapy of the state of the SS system, that the high operative is provided, exactness and noninvasive.

Ключові слова: фотоплетизмограма, біомедичні оптико-електронні технології, кровопостачання, пульсова хвиля, серцево-судинна система

ВСТУП

Сьогодні в медичну діагностику впроваджується все більша кількість методів, основаних на застосуванні лазерних та оптико-електронних приладів. До них відноситься і фотоплетизмографічний метод (ФПМ), що дозволяє вимірювати кровонаповнення та кровострум як в потужних венах і артеріях, так і в периферійних судинах і капілярах.

ФПМ у порівнянні з іншими методами діагностики біологічного об'єкту (БО) за оптичними показниками, наприклад з фотоакустичним методом, дозволяє підвищити достовірність реєстрації гемодинамічних показників кровонаповнення, а також те, що введенням в прилади, які реалізують даний метод, елементів світловолоконної техніки і джерел з різноманітними довжинами хвиль зондуючого випромінювання можна достатньо точно вирішувати задачі фотодинамічних досліджень, дистанційних вимірів тих або інших гемодинамічних показників БО.

Розробка нових більш ефективних лазерних та оптико-електронних комп'ютеризованих систем та комплексів та методів диференціальної діагностики стоматологічних захворювань залишається однією із актуальних задач сьогодення.

Мета роботи – створення сучасних оптоелектронних та лазерних технологій та програмного забезпечення для реалізації нетрадиційних медичних методик, алгоритмів, для діагностики та терапії стану серцево-судинної системи, що забезпечують високу оперативність, точність та неінвазивність.

ТЕХНОЛОГІЯ РЕАЛІЗАЦІЇ

Основною компонентою системи аналізу гемодинаміки ССС є центральний процесор (S3C44BOX). Його структурна схема зображена на рис. 1. Код програми, що виконується процесором, зберігається в ПЗП програм (AT49BV4096A) об'ємом 512КБайт. Для операційного маніпулювання та тимчасового зберігання даних, а також для відео буферу використовується ОЗП (K6R4016V1C) об'ємом 512КБайт. ПЗП і ОЗП зв'язані з мікропроцесором основними шиною даних, адреси та керування. Аналогові сигнали, що приходять з оптичного датчика на внутрішнє з'єднання для АЦП, перетворюються у вийкову форму у вбудованому в мікропроцесор АЦП. Отримані дані оброблюють,

візуалізуються на графічному ЖКІ(підключений до вбудованого в мікропроцесор контролер ЖКІ), та можуть бути збережені у енергонезалежній пам'яті (AT43DB081) [2]. Для доступу до збережених даних, конфігурування пристрою та для більш детальної обробки даних, пристрій може бути під'єднаний до EOM. Для цього використовується контролер USB (PDIUSB11) та серійний порт (UART, перетворювач інтерфейсу в RS232C- MAX3232). Також до внутрішнього з'єднання GIO під'єднуються матриця клавіш для локального керування та 8-м світлодіодів для візуалізації стану пристрою. Більш докладна інформація про функціональні вузли, компоненти, та способи їх підключення в пристрої наведено нижче.

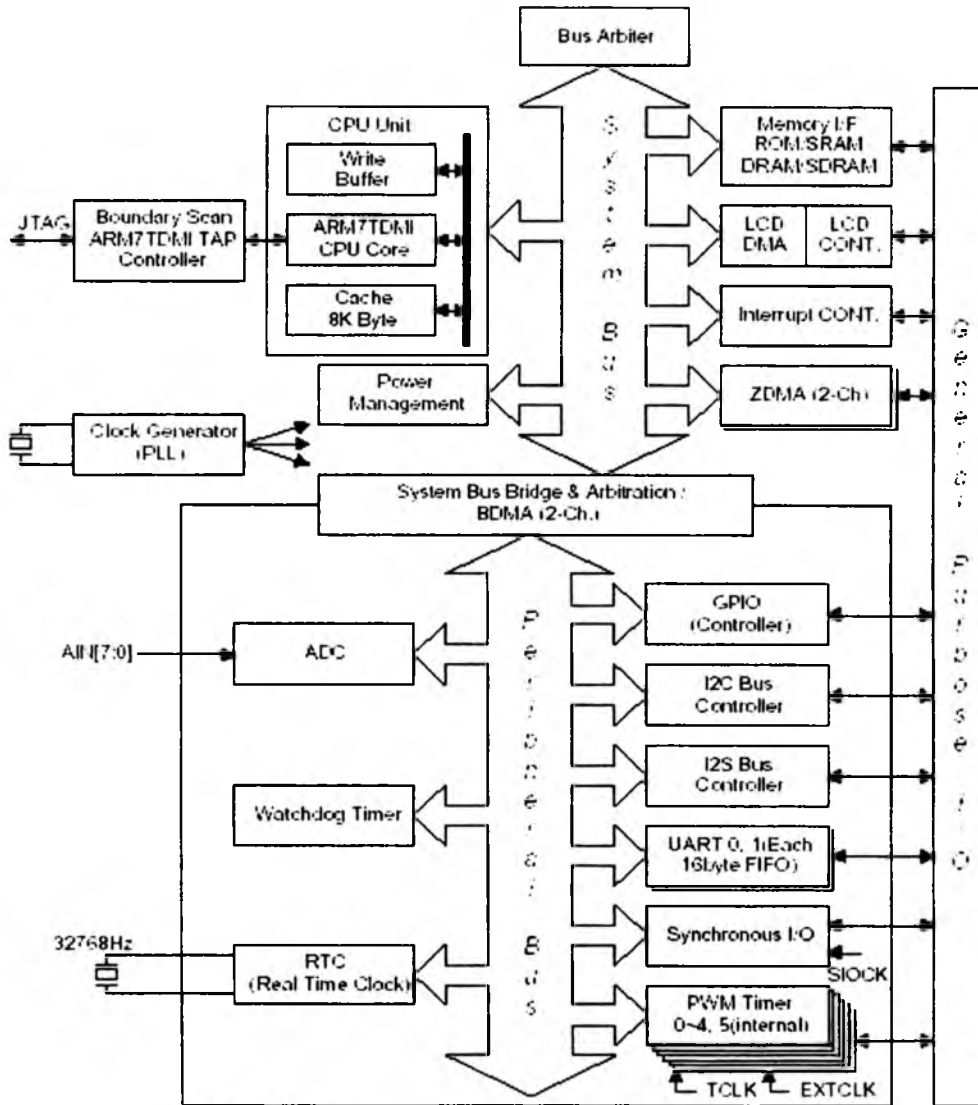


Рис. 1. Структурна схема мікропроцесор S3C44B0X

Центральний контролер являє 32-х бітовий RISC процесор на базі ARM ядра, що випускається південно-корейською фірмою Samsung [1,2]. Центральний контролер – основна, невід’ємна частина системи аналізу гемодинаміки CCC, без якої неможливе системи в цілому. CPU виконує програму, що зберігається в ПЗП програм, і у відповідності до неї проводить отримання/обробку/візуалізацію даних. S3C44BOX містить досить широкий набір інтегрованої периферії (контролер ЖКІ, UART, SPI, I2c, I2s), що дозволяє не використовувати додаткові мікросхеми, тим самим зменшити кількість необхідних комплектуючих, місце на друкованій платі, що позитивно відбивається на вартості комплектуючих. В реалізації даної системи, центральний контролер працює на частоті 50MHz, що отримується на внутрішньому помножувачі з 8 MHz кварцового генератора. Основні параметри та вбудована периферія S3C44BOX [2]:

- 2.5V статичне ARM7TDMI CPU ядро з 8KB кеш-пам'яті (архітектура на базі SAMBA II шини, з частотою до 75MHz);
- Контролер зовнішньої пам'яті. (FP/EDO/SDRAM контролер, Chip Select логіка);

- ЖКІ контролер (підтримка до 256 кольорового DSTN) з 1-но канальним незалежним ПДП.
- 2-х канальний основний ПДП / 2-х канальний периферійний ПДП з зовнішніми виводами запиту;
- 2-х канальний UART з handshake(IrDA1.0, 16-byte FIFO) ;
- SIO (послідовний В/В);
- 1-канальний multi-master IIC-BUS контролер;
- 1-канальний IIS-BUS контролер;
- 5-канальний ШІМР таймер та 1-канальний вбудований таймер;
- Watch Dog таймер;

Всі інші функціональні блоки підключені до центрального процесора і працюють під його повним контролем.

ПЗП програм АТ49ВУ4096. ПЗП програм підключений до центрального процесора двонаправленою 16-ти бітовою шиною даних, та 18-ти бітовою шиною адреси. Це дає змогу адресувати адресний простір у 512КБайт. На рис. 2 показані часові діаграми зчитування з ПЗП [26].

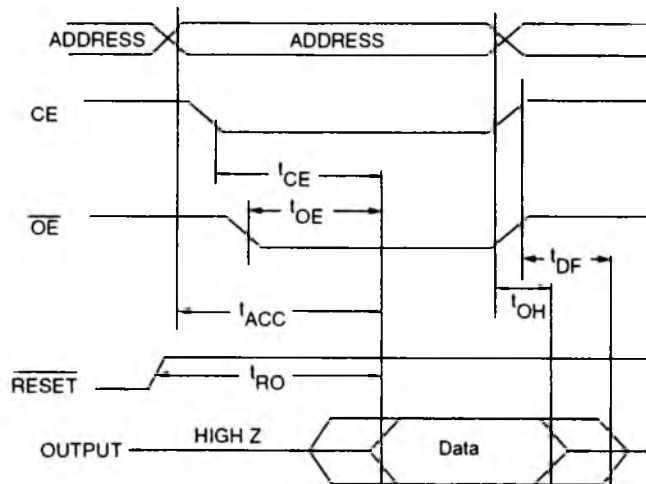


Рис. 2. Часова діаграма зчитування з комірки ПЗП

Параметри швидкодії, для часової діаграми зчитування (рис.1) наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Параметри швидкодії для АТ49ВУ4096

Параметр	Опис	Значення, нс
t_{ACC}	Затримка між адресою даними;	70
t_{CE}	Затримка між CE та даними;	70
t_{OE}	Затримка між OE та даними;	35
t_{DF}	Час між зміною CE та OE до переходу шини у третій стан;	25
t_{RO}	Затримка між скидом та даними.	800

Мікропроцесор вибирає код програми з ПЗП, для виконання. ПЗП – є єдиним місцем зберігання код програми, по якій працює вся система.

ОЗП К6R4016V1C. К6R4016V1C – виробляється фірмою Samsung і являється представником статичної пам'яті, об'ємом 512 кілобайт, з організацією 256Kx16bit. Операційна пам'ять використовується для тимчасового збереження отриманих даних, попередніх результатів, та відео буферу контролеру ЖКІ. Пам'ять підключається аналогічно ПЗП через 16-ти бітну двонаправлену шину, та 18-ти бітову адресну шину. Часові діаграми зчитування із пам'яті наведені на рис. 3 та запису у пам'ять на рис. 4 [3].

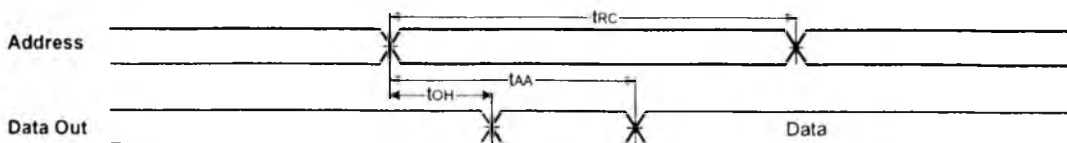


Рис. 3. Часова діаграма зчитування комірки К6R4016V1C

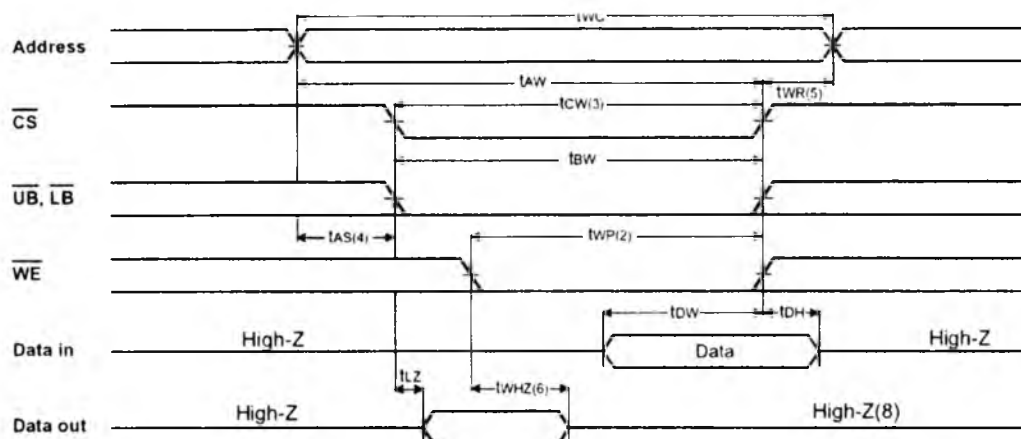


Рис. 4. Часові діаграми запису до комірки K6R4016V1C

Параметри швидкодії, для часових діаграм зчитування та запису (рис. 3 та рис. 4) наведено у табл. 2 [27, 28].

Таблиця 2.

Параметри швидкодії для K6R4016V1C

Параметр	Опис	Значення, нс
t_{AA}	Час утримання адреси у стабільному стані;	3
t_{CW}	Тривалість циклу зчитування;	10
t_{WC}	Час запису даних;	10
t_{CW}	Час між вибором мікросхеми і завершенням запису;	7
t_{AS}	Час встановлення адреси;	3
t_{aw}	Час між зміною CE та OE до переходу шини у третій стан;	7
t_{BW}	Затримка між скидом та даними;	7
t_{WHZ}	Затримка між сигналом запису та відпускання шини даних;	3
t_{Dw}	Час захвату ШД від команди запису.	5

Вбудований в мікропроцесор контролер РКІ, може працювати з такими типами РКІ:

- розміром 640x480, 320x200, 160x160;
- монохромними, 4-р рівнів градацій сірого, 16-ть градацій сірого;
- 256-ти кольоровою STN ЖКІ панеллю.

У системі що розробляється, використовується монохромний ЖКІ, розміром 320x200. Він підключається до мікропроцесору по виділеній 4-х бітній відео шині даних та 4-ма управляючими синхро-лініями.

Параметри швидкодії, для часової діаграми формування зображення наведені у табл. 3.

Таблиця 3.

Параметри швидкодії формування зображення ЖКІ

Параметр	Опис	Значення, мкс
WLH	Довжина стробу початку нової строки;	1,5
WDLY	Затримка між початком строки і даними;	0,5
VCLK	Період встановлення даних для одного пікселю.	1,5

RS232C інтерфейс. RS232C інтерфейс – це основний інтерфейс зв'язку пристрою з комп'ютером та іншою контролюючою технікою. Цей інтерфейс є дуже поширеним, майже усі персональні комп'ютери мають його [29]. Цей факт робить можливим підключення пристрою до любого персонального комп'ютера. RS232C – це асинхронний послідовний інтерфейс, передача даних виконується по двом лініям даних. Данні передаються по інтерфейсу, з урахуванням параметрів передачі:

- бітову швидкість інтерфейсу (до 115200 Бод);
- кількість біт у символі (5,6,7,8);
- кількість стоп біт у символі (1,2);
- контроль паритету (може бути відсутній).

Для обміну даними між пристроєм та комп'ютером, модуль інтерфейсу(UART) конфігурується

на такі параметри передачі даних:

- бітову швидкість 115200;
- 8 біт у символі;
- 1 стоп-біт у символі;
- контроль паритету відсутній.

USB інтерфейс. USB(universal serial bus – універсальна послідовна шина) – стає єдиним стандартним інтерфейсом для підключення пристроїв до комп'ютеру. Хоча COM(RS232) порти ще присутні майже у всіх комп'ютерах, вже зараз з'являються сучасні комп'ютери, в яких USB повністю замінила всі комунікаційні порти. Відповідно до такої техніки підключити пристрій по інтерфейсу RS232C неможливо. Для здолання такої проблеми в прилад закладений USB контролер PDIUSB11 фірми виробництва фірми Philips (оскільки організація шини USB дуже складна, економічно вигідно використати зовнішній контролер, замість трудомісткого процесу власної реалізації даного інтерфейсу), який дозволить підключати пристрій по інтерфейсу USB. Мікропроцесор керує і передає дані в PDIUSB11 по послідовній двопровідній шині I2c на частоті до 1МГц.

Параметри швидкодії, для часової діаграми обміну по I2c шині наведені у табл. 4.

Таблиця 4.

Параметри швидкодії для PDIUSB11

Параметр	Опис	Значення, нс
t _{HIGH}	Час активного стану CLK	500
t _{LOW}	Час неактивного стану CLK	500
t _R	Час наростання сигналу	100
t _F	Час спаду сигналу	100
t _{HD STA}	Час утримання СТАРТ умови	300
t _{SU STA}	Час встановлення СТАРТ умови	300
t _{HD DAT}	Час утримання даних	250
t _{SU DAT}	Час встановлення даних	250
t _{SU STO}	Час встановлення СТОП умови	300
t _{BUF}	Час, на протязі якого шина вільна	500

Для зв'язку з комп'ютером при проектуванні було закладено два рішення:

А) Класичне – зв'язок через послідовний комунікаційний порт (RS232C), для його організації необхідно привести рівні вихідного сигналу UART мікропроцесору (0-3.3В) до рівнів сигналів у інтерфейсі RS232C(-12В-12В). Для цього було використано інтерфейсний перетворювач DD7 (MAX3232), з єдиною напругою живлення 3.3В.

Б) Сучасне – з підключенням по USB(універсальна послідовна шина). По причині складності архітектури шини USB, в схему було включено контролер шини USB DD8 (PDIUSB11), який реалізовує підтримку шини USB та підключений до мікропроцесору по шині I2c, яка більш проста, і яку підтримує мікропроцесор апаратно. Живлення мікросхеми напругою 3.3В.

Для можливості організації виводу інформації на принтер та вводу інформації з звичайної АТ клавіатури(що є зовсім не зайвим, так як пристрій проектується як повністю автономний, здатний працювати без ЕОМ), в схему закладено ПЛІС (XC9572XL) фірми Xilinx. Код, запрограмований у ПЛІС реалізує протокол обміну з клавіатурою, та виступає регістром-защипкою для порту принтеру Centronix. При реалізації цієї частини схеми, виникла проблема узгодження рівнів, що формуються ПЛІС (0-3.3В) та рівнів інтерфейсів АТ та Centronix(0-5В).

ВИСНОВОК

У статті отримала подальший розвиток методологія створення оптико-електронної інформаційно-вимірювальної системи "око-процесорного" типу аналізу гемодинамічних мікроциркуляторних показників для підвищення точності, достовірності та інформативності при проведенні біомедичних досліджень. Нові результати, на яких ґрунтується розвинута методологія, такі:

- Удосконалено архітектуру оптико-електронної інформаційно-вимірювальної структури "око-процесорного" типу для аналізу мікроциркуляції ССС, при цьому підвищується точність, вірогідність і функціональні можливості інформаційно-вимірювальної системи експрес-діагностування серцево-судинної системи.

- Проведено параметричний синтез та розроблено оптико-електронну інформаційно-вимірвальну систему “око-процесорного” типу для дослідження гемодинамічних мікроциркуляторних показників стану ССС, що дозволяє проводити вимірювання практично в будь-якій точці поверхні тіла, при цьому є можливість використовувати різні модифікації оптичних приладів для рішення цілого ряду спеціальних задач, зв'язаних з дослідженням показників локального кровотоку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Павлов С.В., Кожем'яко В.П., Петрук В.Г., Колісник П.Ф., Марков С.М. Біомедичні оптико-електронні системи і апарати. Ч.1. неінвазивні методи діагностики серцево-судинної системи. – ВДТУ, Вінниця. – 2003. – 142 с.
2. Samsung electronic. S3C44B0X RISC MICROPROCESSOR datasheet.
3. Samsung electronic. K6R4016V1C dataseet.
4. Philips semiconductors. THE I2C-BUS SPECIFICATION, 2000.
5. Maxim. MAX629 datasheet.
6. ГОСТ 23751-79. Платы печатные. Общие технические условия.
7. Аксенов Н.К. Основы конструирования электронных приборов. - М.: Высшая школа, 1986. – 287с.
8. Кожемяко В.П., Тимченко Л.И., Кутаев Ю.Ф., Лысенко Г.Л. Функциональная оптоэлектроника. Учебное пособие. – Киев: Вища школа, 1990. – 234с.
9. Кожем'яко В.П., Готра З.Ю., Павлов С.В., Микитюк З.М., Готра З.О.Схемотехніка сучасного приладобудування, Ч2. Оптичні сенсори. – ВДТУ, Вінниця. – 164 с.

Надійшла до редакції 20.06.2007р.

АЗАРОВ О.Д. – д.т.н. професор, завідувач кафедри «Обчислювальної техніки», Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

ПАВЛОВ С.В. – к.т.н., доцент кафедри лазерної і оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

МИСЛОВСЬКИЙ І.В. – пошукач кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

ДУМЕНКО В.П. – пошукач кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.