УДК 623.407

М. Паламар

ПОБУДОВА І АНАЛІЗ ВИМІРЮВАЛЬНО-КЕРУЮЧОГО ІНТЕРФЕЙСУ З ПЕРСОНАЛЬНИМ КОМП'ЮТЕРОМ В СИСТЕМІ РЕЄСТРАЦІЇ ЕРГ-СИГНАЛІВ

В статті аналізується структура вимірювального інтерфейсу для з'єднання датчиків з ПЕОМ на прикладі введення електрофізіологічної інформації в комп'ютер при проектуванні діагностичної системи дослідження функцій зору. Аналізуються його динамічні характеристики при заданій точності перетворення.

Внаслідок швидкого розвитку мікроелектроніки і інформаційних технологій, комп'ютери на сьогоднішній день стали незмінним атрибутом найрізноманітніших технічних систем і комлексів. Це відноситься, перш за все, до сучасних систем керування і збору даних, контрольно-вимірювального обладнання, науково-аналітичних і діагностичних систем, тобто всяких комплексів, основним завданням яких є обробка і інтерпретація інформації, що поступає із зовні. Актуальною є проблема створення нових медичних приладів і систем діагностики на основі комп'ютерного керування і обробки, що значно розширює їхні функціональні можливості, підвищує їх "інтелектуальність", наділяє такі системи низкою можливостей недоступних для схем на жорсткій логіці, як наприклад:

- компенсація недоліків датчиків програмним шляхом (нелінійностей, зон нечутливості, зміщень нуля і т.п.);
- обчислення значень вихідних параметрів і сигналів керування за математичною моделлю при відсутності необхідних датчиків;
- зміна параметрів системи відповідно до зміни динаміки об'єкта контролю чи інших нестандартних ситуацій у ході вимірювання - адаптація до технологічного процесу, прийняття рішень у реальному часі;

- врахування не тільки нинішнього стану процесу, а і його передісторію завдяки пам'яті ЕОМ, формування і поповнення бази знань про об'єкт вимірювання.

При проектуванні подібних систем виникає питання адекватної стиковки пристроїв, що сприймають інформацію від об'єктів чи процесів, тобто датчиків різного типу, з персональним комп'ютером, який є центральним вузлом системи і виконує завдання координації роботи системи, керує процесом збору і обробки інформації у реальному часі і видає її користувачу в зручній для нього формі. Найпоширенішими і зручними для використання, завдяки їх відкритій архітектурі, є персональні комп'ютери сімейства IBM PC або їх аналоги в звичайному чи промисловому виконанні. Тому розглянемо деякі проблеми вводу інформації від датчиків біопотенціалів зорового аналізатора у комп'ютер IBM PC, що виникають при проектуванні діагностичної системи для дослідження функцій зору. Даний комп'ютер обладнаний стандартними інтерфейсами периферійних пристроїв: паралельним Centronics для виводу інформації на друкуючі пристрої, послідовними RS232 для з'єднання з рядом стандартних приладів чи обміну інформацією з іншими ПЕОМ, а також його конструкція включає низку роз'ємів для підключення до системної шини центрального процесора спеціальних плат користувача. Для вводу електрофізіологічної інформації у діагностичній системі вибрано системний інтефейс, як найбільш швидкодіючий, гнучкий у використанні і відладці різних алгоритмів програмної обробки і керування. Проаналізуємо особливості його використання і динамічні характеристики при заданій точності перетворення.

Для всіх варіантів підключення складовою частиною таких інтерфейсних вузлів повинні бути блоки аналогової обробки сигналу (підсилення, узгодження по опору, виборка і зберігання), АЦП для перетворення аналогової інформації датчика в еквівалентний код, а також ЦАП для формування керуючих напруг і вузли дискретних керуючих сигналів [1]. Узагальнену структуру розгляненої системи реєстрації ЕРГ-сигналів подано на рис.1.

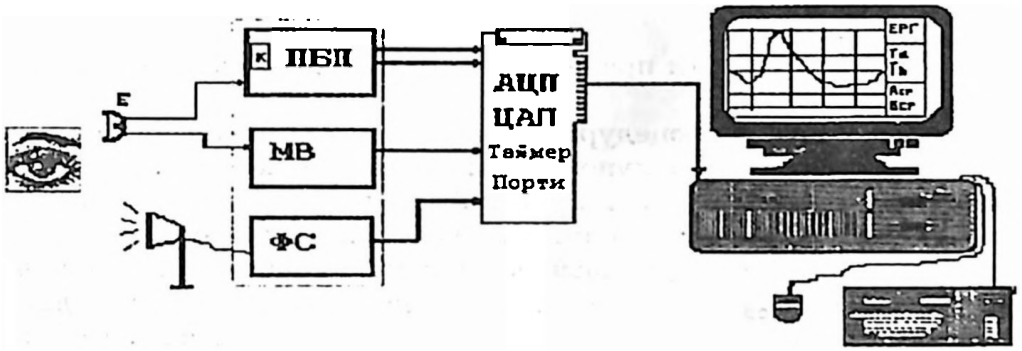


Рис. 1. Структурна схема системи для вимірювання ЕРГ-сигналів

Система складається з електроду-присоски спеціальної конструкції (Е), який виконує роль датчика, підсилювача біопотенціалів (ПБП), мікровідсмоктувача з пристроєм регулювання (МВ), фотостимулятора (ФС) і інтерфейсного модуля з АЦП, ЦАП, таймером, комутаторами і портами керування для зв'язку досліджуваного об'єкта з комп'ютером. Згідно рекомендацій міжнародного комітету по клінічній електроретинографії зору частотний діапазон вимірювального сигналу знаходиться в межах 0..300 Гц, амплітуда може змінюватися від -300 до +500 мкВ.

Системна шина IBM PC відображає структуру мікропроцесорів сімейства i80X86, з їхньою 3-шинною архітектурою (адрес, дані, керування) і містить додаткові керуючі сигнали, призначені для забезпечення обміну інформацією методом прямого доступу до пам'яті і методом переривань [2]. Основною функцією системної шини є передача інформації між базовим МП і іншими електронними компонентами комп'ютера, адресація пристроїв, обмін спеціальними службовими сигналами. Є декілька різновидів системних інтерфейсів для IBM PC : ISA-8 (XT-bus), ISA-16 (AT-bus), EISA, MCA, VL-bus, PCI, але найбільш розповсюдженим є ISA і його вдосконалений варіант EISA, які забезпечують сумісність модулів розширення "знизу вверх". Вони дозволяють проводити обмін інформацією з комп'ютером із швидкістю від 5 (ISA-8) до 33 Мбайт/сек. Для реалізації спряження за такою схемою необхідна спеціальна плата, яка під'єднується через системний роз'єм до комп'ютера, а сигнали від датчиків (підсилювачів) підключаються через інший роз'єм. Найменше апаратних затрат потребує метод програмованого вводу-виводу, який також можна розбити на 2 типи: з умовною і безумовною передачею. При безумовній передачі обмін із портом здійснюється без попереднього визначення готовності порту передавати чи приймати дані, що в більшості випадків використовується для обміну командною інформацією і даними про стан пристрою. При цьому процесор вважає, що пристрій вводу-виводу готовий приймати чи передавати дані. Для зчитування інформації від АЦП чи запису в ЦАП, коли ці пристрої вимагають певного часу для перетворення, можлива втрата або спотворення даних. Для усунення цих проблем портам вводу-виводу задається конфігурація, яка дозволяє виконувати умовну передачу даних із використанням процедур стробування. Необхідність виконувати підпрограми для опитування стану порту викликає збільшення часу виконання операції вводу-виводу [3]. Час вимірювання становить:

$$T_в = t_{аср} + t_{оп} + t_{обм}, \quad (1)$$

де $t_{аср}$-час перетворення АЦП, заданий його паспортними даними і схемою включення, $t_{оп} = t_{clk} \cdot \sum_{i=1}^{n} P_i$ -час опитування готовності, $t_{обм} = t_{clk} \cdot \sum_{j=1}^{m} Pj$ - час обміну інформацією;

t_{clk} - період тактової частоти процесора, P_i, P_j - кількість тактів в i та j командах,

n,m- кількість команд у процедурах опитування і обміну. Час вимірювання $T_в$ можна зменшити за рахунок відмови від використання процедури опитування стану, забезпечивши пристрій вводу-виводу механізмом зняття готовності ЦП через системну шину на час перетворення, як показано на рис.2. Але для цього необхідно, щоб час зняття готовності і, відповідно, час перетворення АЦП $t_{аср}$ не перевищували періоду регенерації динамічної пам'яті ПЕОМ (не більше 15мкс), інакше готовність відновлюється по тайм-ауту. Таке вирішення дає додаткову перевагу вимірювальній системі, так як зменшується вплив шумів від роботи ЦП на результат перетворення АЦП. Функціональна схема одного з варіантів інтерфейсного модуля на базі швидкодіючого АЦП 1108ПВ2 показана на рис.2.

Модуль з'єднання включає адресний селектор портів плати АЦП, буфер шини даних ПЕОМ, механізм зняття готовності для зупинки процесора на час перетворення, регістри фіксації результату. Адресний простір портів, що підтримується ЦП i80X86, становить 64К на що потрібно 16 адресних ліній, проте в комп'ютерах IBM PC для дешифрації внутрішніх

портів використовується тільки 10 розрядів адресу-(A0..A9), відповідно така ж кількість ліній задіяна в інтерфейсній платі.

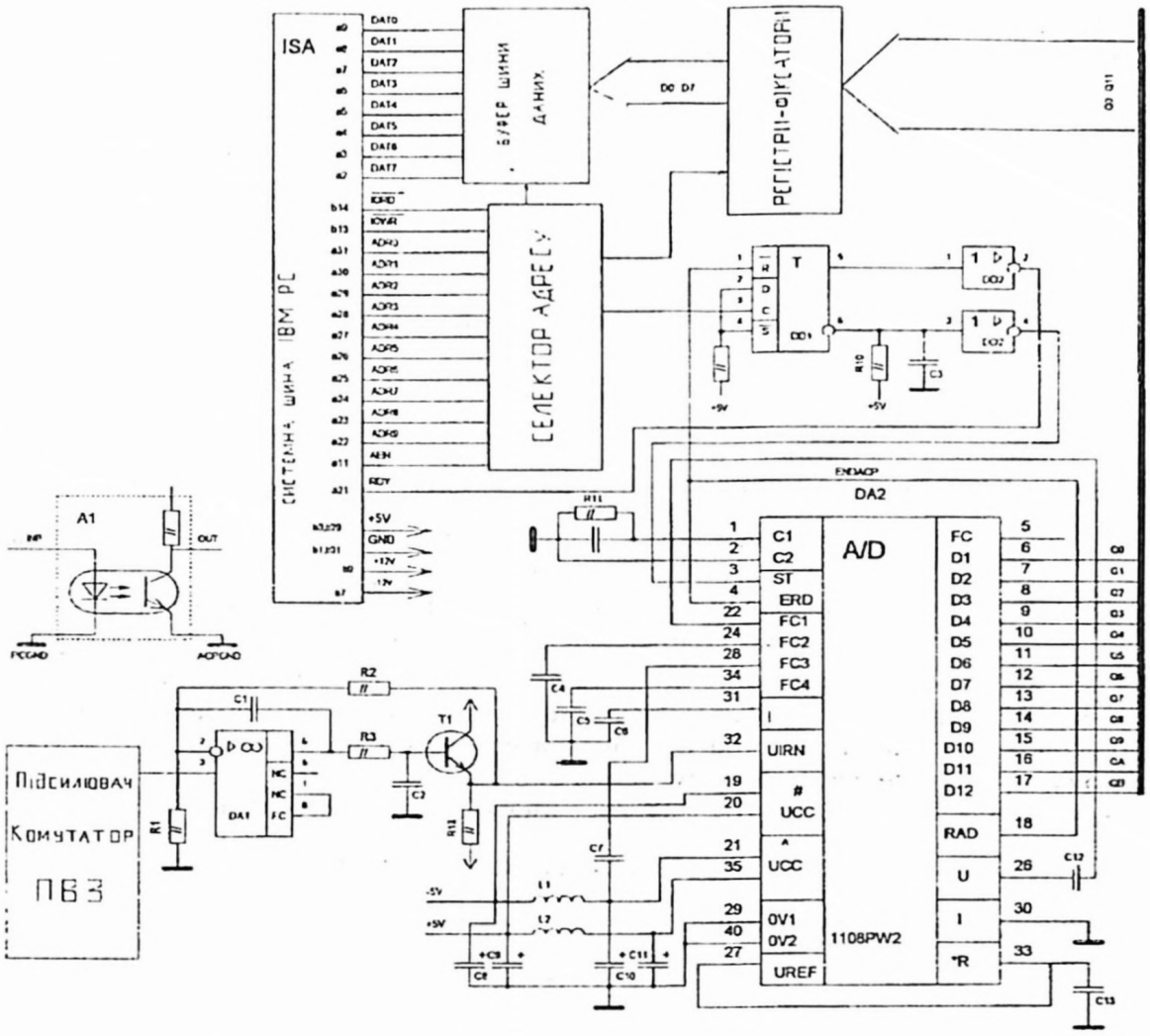


Рис. 2. Схема спряження з ПЕОМ через системну шину ISA

Для плат розширення користувача в комп'ютері відведено адресний простір портів від 300h до 31Fh. Адресація конкретного порту плати визначається структурою, або прошивкою програмованого ПЗП адресного селектору. Початок перетворення ініціюється зверненням до порту (302h), що встановлює тригер DD1, який знімає готовність для ЦП і дає старт перетворенню АЦП. Фіксація результату в регістрах і відновлення готовності ЦП відбувається сигналом кінця перетворення (EndACP). Для забезпечення високого класу захищеності апаратури, сигнали системної шини комп'ютера гальванічно розв'язуються за допомогою оптронних ключів (A1).

Програмний драйвер для такої схеми буде включати мінімальну кількість операцій і відповідну затримку. Один із можливих варіантів на мові

ASSEMBLER поданий нижче. У дужках вказано кількість тактів на виконання вказаної команди для ЦП i80486 [4].

```
LES   DESTMEM     - задати адрес пам'яті куди потрібно пересилати
                    результат (6 т.);
MOV   CX, N       - задати потрібну кількість відліків (N);
CYKL:
MOV   DX, 302H    - завантажити базовий адрес портів (3 т.);
OUT   DX, AL      - старт АЦП (16 т.);
DEC   DX          - перейти до порту регістрів (1 т.);
IN    AL, DX      - зчитати старший байт результату (14 т.);
MOV   AH, AL      - зберегти його в AH (1 т.);
DEC   DX          - перейти до молодшого порту (1 т.);
IN    AL, DX      - зчитати молодший байт результату (14 т.);
STOSW             - переслати слово результату в пам'ять (5 т.);
LOOP  CYKL        - повторювати вимірювання і запам'ятовування N
                    відліків (6 т.);
RET               - вихід з процедури обслуговування АЦП.
```

Проаналізуємо динамічні характеристики такого інтерфейсу. Для даного варіанту драйвера $t_{обм} = t_{clk} \cdot \sum_{j=1}^{m} Pj = t_{clk} \cdot \sum_{j=1}^{9} Pj = t_{clk} \cdot 61$ такт. Залежно від типу комп'ютера, період тактової частоти може становити від 100 нс до 10 нс, тобто час обміну може коливатись від 6,1 мкс до 610 нс. Із врахуванням $t_{acp} = 2$ мкс, час вимірювання $T_в = (2{,}61 \ldots 8{,}1)$ мкс і звідси можлива найбільша частота дискретизації сигналу датчика становитиме від 125 до 385 кГц. Згідно теореми про дискретизацію за допомогою такого вимірювального інтерфейсу можна забезпечити обробку сигналів із найвищою частотою, яка не перевершує 192 кГц. Проте, для забезпечення апертурної похибки адекватної розрядності АЦП, для якого похибка квантування $\delta_{кв} = \frac{1}{2^n}$, необхідно, щоб максимальна швидкість зміни вхідного сигналу відповідала умові:

$$\frac{du(t)}{dt} \le \frac{U_{max}}{2^n \cdot t_{ацп}}. \qquad (2)$$

Приймаючи найбільш високочастотну складову сигналу як гармонійне коливання, що описується рівнянням $u(t) = U_0 sin(2\pi ft)$, де f - частота сигналу , U_0- амплітуда, приходимо до співвідношення:

$$\frac{du(t)}{dt} \le 2\pi f U_0 \cos 2\pi ft. \qquad (3)$$

Для максимальної швидкості зміни сигналу синусоїди:

$$\frac{du(t)}{dt} = 2\pi f U_0. \qquad (4)$$

Підставляючи в (2), отримаємо:

$$2\pi f U_0 \le \frac{U_{max}}{2^n \cdot t_{ацп}}. \qquad (5)$$

Враховуючи, що $U_{max} = 2U_0$ - розмах напруги на вході АЦП, отримаємо значення максимальної частоти вибірок сигналу, який може вводитися в комп'ютер з адекватною точністю:

$$f = \frac{1}{\pi 2^n t_{ацп}} . \qquad (6)$$

Для поданого на рис. 2 інтерфейсного модуля така частота становить 40 Гц. Якщо використати в схемі пристрій вибірки і зберігання (ПВЗ) з часом вибірки 20 нс, то згідно (6) можна забезпечити введення і обробку сигналу з найвищою частотою дискретизації до 3886 Гц, що на декілька порядків поступається можливостям системного інтерфейсу комп'ютера щодо швидкості обміну інформацією. Таким чином, обмежуючим фактором для введення швидкозмінних сигналів в комп'ютер за заданою точністю є, в першу чергу, аналого-цифрові вузли перетворення і найістотніші з них це час перетворення АЦП, або час вибірки ПВЗ.

Зв'язок датчика з ПЕОМ через системну шину має низку переваг порівняно з іншими методами: можливість великої швидкості обміну інформацією, більша гнучкість у використанні програмних засобів, відладці драйверів. Проте, цей метод є найскладніший з точки зору використання апаратури, відладки і регулювання роботи системи, адже незначні помилки в інтерфейсній платі типу замикань певних ліній приводять до непрацездатності комп'ютера. Він також прив'язаний до конкретного типу системного інтерфейсу ПЕОМ - типу ISA, і хоча такий стандарт системної шини використовується у більшості ПЕОМ IBM PC, з'явилася тенденція поступового переходу до інтерфейсу PCI, який забезпечує більшу швидкодію комп'ютерів і є контруктивно і алгоритмічно несумісним з EISA. Також неможливе використання таких інтерфейсних модулів у комп'ютерах із системним інтерфейсом MCA, VL-bus і в комп'ютерах типу Notebook, які набувають все більшого поширення, і застосування яких особливо привабливе в медичній апаратурі із-за їх малих габаритів, можливості оформлення в комплекси, можливості роботи тільки від батарейного живлення 12 В.

Таким чином, можна зробити такі висновки:

1. Використання ПЕОМ і розробленого спеціального програмного забезпечення типу "цифровий осцилограф" дає значно більше можливостей для дослідження характеристик сигналів і завад, статистичних методів обробки інформації, накопичення сигналів, створення і підтримки бази даних пацієнтів.
2. Введення інформації через системний інтерфейс комп'ютера забезпечує максимальну швидкодію вимірювально-керуючої системи, кращі можливості за відладкою програмного забезпечення, але потребує врахування характеристик конкретних типів системного інтерфейсу і комп'ютера, вимагає найбільше апаратних затрат. Крім того, неможливо повністю використати переваги в швидкості обміну з використанням сстемної шини через сильно зростаючі вимоги до вузлів АЦП і ПВЗ.

Summary. In this paper is the circuit solution of the trasdusers correspondence are analised. Analisis is made on the example of elektrophsiologic information computer input for desighning the diagnostic system for vision function research. Dynamic characteristcs with the definite convertion accuracy is analised.

Література.

1. Ткачук Р.А., Паламар М.І. Адаптивна комп'ютерна вимірювально-керуюча система для дослідження біопотенціалів ока. // Тези доповіді на 3-й міжнарод. конференції "Контроль и управление в технических системах". -Вінниця, 18-21.09.95., с.335–336.
2. Мячев А.А. Интерфейсы средств вычислительной техники. // Справочник -М.: Радио и связь, 1993. - 352 с.

3. Поджаренко В.А., Кухарчук В.В. Метрологические основы компьютерно-измерительной техники. - К.: УМК ВО, 1989. - 216 с.
4. Бродин В.Б., Шагурин И.И. Микропроцессор i486. Архитектура, программирование, интерфейс. - М.: Диалог-МИФИ, 1993. - 240 с.
5. Федорков Б.Ф., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение. -М. : Энергоатомиздат, 1990. -320 с.