

УДК 620.1.08

## РОЗРОБКА ТЕНЗОМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОТКОБАЗОВИХ БУДІВЕЛЬНИХ ТА ДОРОЖНИХ МАШИН

Мусаєв З.Р.

### DEVELOPMENT OF A TENSOMETRIC SYSTEM FOR THE STUDY OF SMALL-SIZED CONSTRUCTION AND ROAD MACHINERY

Musaiev Z.R.

*Актуальність роботи пов'язана із тенденцією розвитку інформаційних технологій та впровадженні їх у дослідження робочих процесів машин та механізмів. Робота є частиною комплексного дослідження, присвяченого проектуванню та дослідженню пристрою запису сигналів від датчиків, встановлених на металоконструкції дорожніх машин.*

**Ключові слова:** тензометрична система; плата введення; ацп; мікросхема; вимірювальний комплекс.

**Вступ.** Робота присвячена створенню плати введення для оцифровки сигналів, що надходять від тензорезисторів.

ЕОМ можуть успішно взяти на себе управління експериментом. Вони можуть бути ефективні при підготовці звітів і документації як компоненти вбудованої підсистеми. У багатьох випадках на комп'ютери можливо покласти підтримку бази експериментальних даних.

Персональні ЕОМ можуть виступати в якості технічного засобу для побудови інформаційно-пошукових, бібліографічних та експертних систем.

Ефективність застосування електронних машин в автоматизації наукових досліджень полягає в тому, що в кілька разів скорочується цикл досліджень (експериментів) за рахунок прискорення підготовки і проведення експерименту, оперативного використання результатів експрес-аналізу, проведеного в реальному масштабі часу, скорочення часу обробки та систематизації даних, зменшенні числа помилок при вимірі і обробці, збільшується також точність результатів і їх достовірність, підвищується якість та інформативність експерименту за рахунок збільшення числа контрольованих параметрів і більш ретельній обробці даних.

**Аналіз публікацій.** Розробка нової тензометричної системи дозволяє значно спростити процес дослідження, та як наслідок, суттєво прискорити обробку отриманих даних.

Удосконалення цілого ряду типових вимірювальних систем зустрічається у працях багатьох вчених, таких як: І. А. Радкевича, В.Н. Задкова, В. А. Махеди, Н. А. Виноградова, Г. А. Фомина, А. Кобаяси, С. О. Hulse та ін.

**Мета і постановка задачі.** Метою роботи є підвищення ефективності і скорочення строків проектування БДМ за рахунок використання автоматизованої системи наукових досліджень (АСНД).

**Програмне забезпечення автоматизованих експериментальних систем.** Поява швидкодіючих, малогабаритних ЕОМ з досить великими пристроями, що запам'ятовують уможливило впровадження систем збору, оперативної обробки, накопичення результатів наукових досліджень, управління експериментом. Одночасно з'ясувалося, що розвиток робіт з програмного забезпечення АСНД явно відстає від прогресу технічних засобів в таких системах. Вартість розробки програм становить все більшу частку загальних витрат на створення АСНД. Саме тому, особливо важливим є завдання підвищення ефективності програмного забезпечення. Для вирішення цього завдання в процесі проектування систем необхідно знати і правильно використовувати вже наявні програмні засоби: операційні системи, системи управління базами даних, пакети прикладних програм.

Новостворювана частина програмного забезпечення повинна задовольняти ряду вимог, в тому числі, виконувати задані умови по вибору функцій, що реалізуються, швидкодії, обсягу використовуваної оперативної пам'яті, надійності, мобільності. Програма повинна вміти підтримувати діалог з користувачем на мові, близькій до природної мови предметної області досліджень, і представляти інформацію у вигляді, зручному для інтерпретації (таблиці, графіки, зображення).

Для зменшення витрат на розробку прикладного програмного забезпечення

використовують інструментальні програмні засоби. При цьому знижуються витрати і на супровід ПЗ. Це особливо важливо в АСНД, де програмне забезпечення в процесі експлуатації постійно модифікується і розширюється.

**Пристрій плати введення.** Плата введення складається з 25 мікросхем, які напаяні на ній і з'єднані між собою проводами, а також є два роз'єми Ш 1 і Ш 2, що показано на рис. 1.

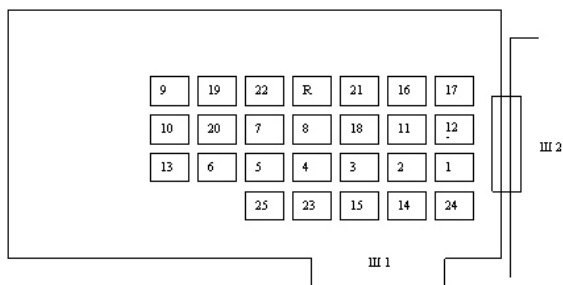


Рис. 1. Вид на плату введення

1-мікросхема D1-K555 ЛА2; 2-мікросхема D2-K555 ЛА2; 3-мікросхема D3-K555 ЛН1; 4-мікросхема D4-K555 ЛА1; 5-мікросхема D5-K155 ЛА1; 6-мікросхема D6-K155 АГ3; 7-мікросхема D7-K555 ЛА3; 8-мікросхема D8-K555 ТМ2; 9-мікросхема D9-K555 ТМ2; 10-мікросхема D10-K155 ІД4; 11-мікросхема D11-K155 ЛА11; 12-мікросхема D12-K555 ТМ7; 13-мікросхема D13-K555 ЛЕ1; 14-мікросхема D14-K555 ІР22; 15-мікросхема D15-K555 ІР22; 16-мікросхема D16-K561 КР2; 17-мікросхема D17-K561 КР2; 18-мікросхема D18-K555 ЛН1; 19-мікросхема D19-K555 ЛН1; 20-мікросхема D20-K555 ЛН1; 21-мікросхема D21-K544 УД2А; 22-мікросхема D22-K1113 ПВ1; 23-мікросхема D23-K1006 ВІ1; 24-мікросхема D24-K1533 АП6; 25-мікросхема D25-K1006 ВІ1

Як видно, з (рис. 1), в основному застосовуються мікросхеми серії 555. Відмінною особливістю даної серії є її порівняно висока швидкодія, що пов'язана із застосуванням діодів Шотткі, і мала споживана потужність. Ці діоди формуються за допомогою створення контакту між базовою металізацією і колекторною областю п-типу кожного транзистора ТТЛ-схеми, в результаті чого утворюється діодна структура метал-кремнію, що підключається до колектора. Такий діод має більш низьке пряме падіння напруги, ніж кремнієвий р-п перехід, і практично не містить не основних носіїв. Діоди Шотткі, які є елементами нелінійного зворотного зв'язку, відбирають надлишковий струм бази, запобігаючи насичення транзисторів. У зв'язку з цим в транзисторах не відбувається надмірного накопичення заряду, що призводить до зменшення часу перемикання ТТЛ-схеми. Напруга між колектором і емітером відкритого транзистора в схемах з діодами Шотткі дорівнює різниці між падінням напруги на переході база-емітеру (кремнієвий перехід) і падінням напруги на переході метал-напівпровідник (діод Шотткі), що призводить до деякого збільшення

напруги на виході в стані логічного «0» в порівнянні з інтегральними мікросхемами серії 155, і його максимальна величина становить 0.5В.

Десятикратне збільшення номіналів резисторів в порівнянні з серією 155 призводить до зменшення споживаної потужності.

**Опис використовуваних мікросхем.** Схема К155 ІД4 являє собою два двухразрядних дешифратора. Дешифратори мають два загальних керуючих входи D1 і D2, по два стробіруючих входи V1, V2 і V3, V4, а також по чотири виходи А0-А3 і В0-В3 на кожен дешифратор.

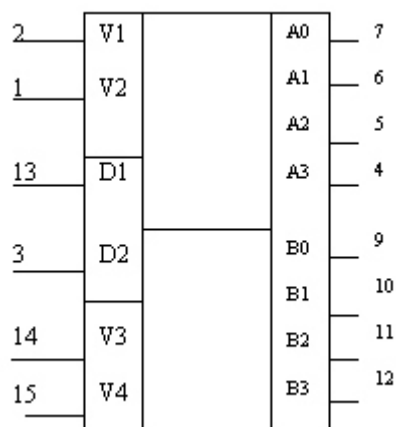


Рис. 2. Умовне позначення мікросхеми К155 ІД4

Мікросхема К155 АГ3 складається з двох незалежних схем одновібраторів, кожен з яких містить тригер-формував, тригер Шмітта і керуючі елементи.

Кожен одновібратор має два інформаційних входи А і В, вхід установки в «0» R прямих і інверсний виходи Q і Q1, а також виходи С і RC для підключення часових елементів.

Запуск одновібратора здійснюється негативним перепадом напруги на вході А чи позитивним перепадом на вході В. При подачі на один з інформаційних входів імпульсу, що запускає відбувається перезаряд ємності С. Час перезарядження ємності залежить від зовнішніх часових компонентів R і С і визначає тривалість імпульсу на виході. Даний цикл повторюється кожного разу при наявності на вході імпульсу, що запускає.

Особливістю схеми К155 АГ3 є робота її в режимі повторного запуску, що дозволяє утримувати одновібратор в активному стані наступним запускаючим імпульсом, не чекаючи повернення його в початковий стан. Це дає можливість збільшити тривалість вихідного імпульсу, так як одновібратор перекладається в активного стану першим, а повертається в початковий стан після закінчення останнього запускаючого імпульсу.

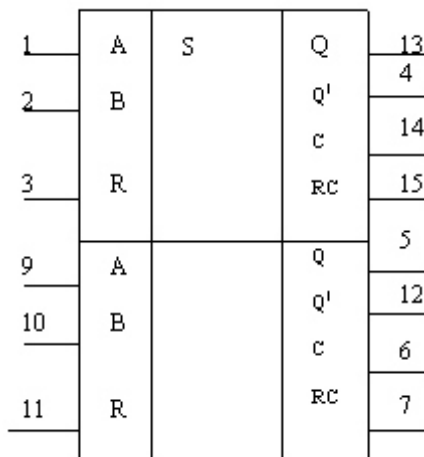


Рис. 3 Умовне позначення схеми K155 АГ3

Мікросхема K555 ТМ2 являє собою два тригери типу D, що перемикаються по позитивному фронту. Кожен тригер має інформаційний вхід D, установчі входи R і S, тактовий вхід C, прямий Q і інверсний Q1 виходи. Рівень логічного «0» на вході S встановлює тригер в одиночний стан. Інформація з входу D передається на вихід в момент переходу тактового імпульсу C зі стану логічного «0» в стан логічної «1». При цьому на вхід R повинен бути поданий рівень логічного «1».

Коли на тактовому вході C постійний рівень логічного «0» або логічної «1», то сигнал з інформаційного входу D не передається на вихід.

У даній статті приведено лише кілька використаних мікросхем з описом їх технічних характеристик, загальне число мікросхем сягає 25, всі вони напаяні на платі введення і з'єднані між собою в одну електричну схему.

Як було сказано раніше, всі 25 мікросхем напаяні на платі введення і з'єднані між собою в одну електричну схему, а фотографія зовнішнього вигляду плати введення представлена на рис. 4.

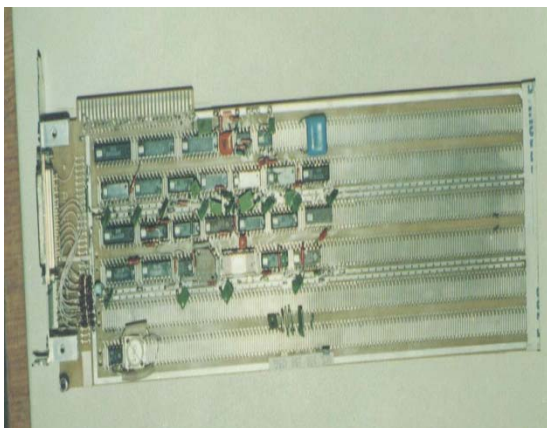


Рис. 4. Зовнішній вигляд плати введення

На початку передбачалося використовувати промислові АЦП, але в зв'язку з їх високою вартістю

і деякими іншими особливостями було прийнято рішення спроектувати плату самостійно.

Плата складається з наступних блоків

1. Комутатор восьми аналогових входів на один вихід D 17.

2. Буферний підсилювач D 21.

3. Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) D 22.

4. Регістр даних отриманих з АЦП D 15.

5. Регістр номера каналу D 12, D11.1, D 11.2, D 11.3.

6. Автомат АЦП D 19, D 4.2, D 5.2, D 9, D 7.3.

7. Регістр стану D 14.

8. Автомат обміну з шиною ISA D 18.1, D 18.2, D 18.3, D 18.4, D 8.2, D 5, D 6, D 10, D 3.5, D 3.6, D 7.1, D 7.2, D 11.3, D 18.5, D 18.6, D 20.1, D20.2.

9. Дешифратор адреси D 1, D 2, D 3.1, D 3.2, D 3.3, D 3.4, D 4.1.

10. Схема формування готовності D 8.1, D 13.2, D13.3, D 13.4.

11. Генератор 1 КГц D 25.

12. Генератор тестових імпульсів D 23.

Для програміста доступні на платі три регістра:

– регістр N каналу (адреса DFFFE16) для запису N каналу;

– регістр даних (адреса DFFFF16) для зчитування даних АЦП;

– регістр стану (адреса DFFFE16) для зчитування стану.

На початку читається регістр стану – визначається, чи з'явилася тимчасова мітка 1КГц. Якщо з'явилася, то в регістр N каналу записується нуль, тобто нульовий канал. Комутатор пропускає на вхід підсилювача і далі на АЦП сигнал нульового каналу. Запускається автомат АЦП і на виході АЦП через 30 мкс, з'являється код, і він записується в регістр даних. Після зчитування з комп'ютера регістра даних в регістр N каналу записується код 1, тобто код нового каналу, для якого все повторюється. Це ж повторюється для всіх восьми каналів. Лічені вісім байт даних, записуються в ОЗУ комп'ютера. Знову очікується поява мітки 1 КГц і знову зчитуються вісім байт відповідні восьми вхідних сигналів.

Раз в 1мСек - 8 байт.

Раз в 1 сек - 8000 байт.

Раз в 1 хв - 480000 байт.

У міру заповнення ОЗУ необхідно скидати інформацію з ОЗУ на вінчестер (накопичувач на жорсткому магнітному диску). На вході перед аналоговим комутатором знаходиться схема діодних обмежувачів. Обмежувачі не пропускають на входи комутаторів сигнали вище +12 і нижче 0 В. Аналоговий комутатор D 17 – мікросхема K561КП2 – восьмивходовий аналоговий комутатор включений по схемі роботи з однополярним вхідним напруженням. Прохідний опір відкритого каналу близько 200 Ом. Для вибору потрібного каналу необхідно подати двійкового коду на ніжки 9, 10, 11 (9 - старший розряд коду N каналу). Мікросхема D

12 перетворює логічні рівні ТТЛ (регістра N каналу) в рівні "0" - 0В, "1" - + 12В для D 17. Все повторюється, поки не будуть заповнені 80 тисяч осередків пам'яті ОЗУ комп'ютера (версія V5), або 480 тисяч осередків пам'яті ОЗУ (версія V6).

Лабораторні експерименти показали працездатність даного пристрою і придатність для досліджень навантажень в металоконструкціях.

**Висновок.** Автоматизація експерименту дослідження дозволяє:

- в кілька разів скоротити цикл експериментів;
- збільшити точність результатів і їх достовірність;

- підвищити якість та інформативність експерименту;

- посилити контроль над ходом експерименту і можливість його оптимізації;

- результати експериментів структуруються і виводяться оперативно в найбільш зручній для оператора формі;

- приймати інформацію від датчиків стану середовища і об'єкта;

Велике значення має також програмне забезпечення АСНД

Тому можна зробити наступні висновки:

- Комп'ютери, можуть успішно взяти на себе управління експериментом;

- Вони можуть бути ефективні при підготовці звітів і документації як компоненти вбудованої підсистеми;

- На комп'ютери можливо покласти підтримку бази експериментальних даних;

### Література

1. Гурко О.Г. Дослідження параметрів руху автогідропідіймача з обертальними зчленуваннями / О.Г. Гурко, Ю.О. Доля // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2016. – №2 . – С. 121–127.
2. Alexander Gurko, Oleg Sergiyenko, et al. Guaranteed Control of a Robotic Excavator During Digging Process. SciTePress, Colmar, France (2015), Vol. 2, pp. 52–59.
3. Писарчук О.О. Технологія ситуаційного структурно-параметричного синтезу складної інформаційно-керуючої системи / О.О.Писарчук. // Збірник наукових праць ЖВІ ДУТ. - Вип. 9, С.56-61.
4. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика / Д. А. Поспелов. // М. : Наука, 1986. – 288 с.
5. Амелин В.М. Электронные системы управления и контроля строительных и дорожных машин / В.М. Амелин, Ю.М. Иньков, В.И. Марсов. // М.: Интекст, 1998. – 134 с.
6. Махеда В. А. Тензометрический метод измерения деформаций / В. А. Махеда // Самара, СГАУ 2011. – 57 с.
7. Виноградова Н.А. Научно- методические основы построения АСНИ. / Н.А. Виноградова, А.А. Есюткин, Г.Ф. Филаретов. // М.:МЭИ, 1989, - 84стр.

8. Виноградова Н. А. Автоматизированные системы научных исследований / Н.А. Виноградова, А.А. Есюткин, Г.Ф. Филаретов. // М.: МЭИ, 1990, -87 стр.

### References

1. Gurko O.G. Doslidzhennja parametriv ruhu avtogi-dropidijmacha z obertal'nymy zchlenuvannjamy / O.G. Gurko, Ju.O. Dolja // Novi materialy i tehnologii' v metalurgii' ta mashynobuduvanni. – 2016. – №2 . – S. 121–127.
2. Alexander Gurko, Oleg Sergiyenko, et al. Guaranteed Control of a Robotic Excavator During Digging Process. SciTePress, Colmar, France (2015), Vol. 2, pp. 52–59.
3. Pysarchuk O.O. Tehnologija situacijnogo strukturno-parametrychnogo syntezy skladnoi' informacijno-kerujuchoi' systemy / O.O.Pysarchuk. // Zbirnyk naukovyh prac' ZhVI DUT. - Vyp. 9, S.56-61.
4. Pospelov D. A. Situacionnoe upravlenie: te-orija i praktika / D. A. Pospelov. // M. : Nauka, 1986. – 288 s.
5. Amelin V.M. Jelektronnye sistemy upravlenija i kontrolja stroitel'nyh i dorozhnyh mashin / V.M. Amelin, Ju.M. In'kov, V.I. Marsov. // M.: Intekst, 1998. – 134 s.
6. Maheda V. A. Tenzometricheskij metod izmerenija deformacij / V. A. Maheda // Samara, SGAU 2011. – 57 s.
7. Vinogradova N.A. Nauchno- metodicheskie osnovy postroenija ASNI. / N.A. Vinogradova, A.A. Esjutkin, G.F. Filaretov. // M.:MJeI, 1989, - 84 str.
8. Vinogradova N. A. Avtomatizirovannye sistemy nauchnyh issledovanij / N.A. Vinogradova, A.A. Esjutkin, G.F. Filaretov. // M.: MJeI, 1990, -87 str.

### Мусаев З.Р. Разработка тензометрической системы для исследования короткобазных строительных и дорожных машин

*Актуальность работы связана с тенденцией развития информационных технологий и внедрения их в исследование рабочих процессов машин и механизмов. Работа является частью комплексного исследования, посвященного проектированию и исследованию устройства записи сигналов от датчиков, установленных на металлоконструкции дорожных машин.*

**Ключевые слова:** тензометрическая система; плата ввода; АЦП; микросхема; измерительный комплекс.

### Musaiev Z.R. Development of a tensometric system for the study of small-sized construction and road machinery

*Topicality of the research is explained by the tendency of using information technologies and their implementation in the process of designing working machines and mechanisms. The work is part of a comprehensive study devoted to the design and investigation of a device for recording signals from sensors installed on the metal structures of road vehicles.*

**Keywords:** strain gauge system; input board; chip; measuring complex.

**Мусаєв З. Р.** – аспірант кафедри «Будівельні та дорожні машини» Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Рецензент: д.т.н., проф. Горбунов М.І.

Стаття подана 09.04.2018.