

УДК 004.31; 004.3'12; 621.37; 621.382

Розробка електронного стенду на основі мікроконтролера для налагодження програм

¹Аршан Є.В., к.т.н., ^{1,2} Семікіна Т.В.

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

²Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова НАН України

Анотація: В роботі представлено конструкторську документацію електронного стенду на основі мікроконтролера. Даний стенд розроблений для візуальної перевірки коректної роботи програм, написаних для виконання певних дій електронними пристроями, зняття показників датчиків, виконання світлової індикації. Електронний стенд дає можливість підключення додаткових зовнішніх периферійних пристроїв для виконання конкретних задач.

Вступ

Мікропроцесори та похідні від них – мікроконтролери – є широко поширеним елементом інфраструктури сучасного суспільства, заснованого на електроніці і комунікаціях.

За останні роки мікроконтролери AVR придбали велику популярність, залучаючи розробників досить вигідним співвідношенням «ціна/швидкодія/ енергоспоживання», зручними режимами програмування, доступністю програмно-апаратних засобів підтримки і широкою

номенклатурою випущених кристалів. Мікроконтролери (МК) цієї серії є чудовим інструментом для створення сучасних високопродуктивних і економічних контролерів багатоцільового призначення [1].

Сучасна стратегія модульного проектування забезпечує споживача різноманітністю моделей МК з одним і тим же процесорним ядром. Така структурна і різноманітність відкриває перед розробником можливість вибору оптимального МК. Програмування мікроконтролерів здійснюється різними шляхами:

1. Шляхом тестування на симуляторах;
2. Розробка макетів.

Але в цих двох методах є суттєві недоліки: робота в симуляторі часто відрізняється від роботи з електронними пристроями, при збиранні на макетній платі можна зробити помилку і вивести контролер з ладу або підключити невірно.

Відмінним рішенням для усунення цих проблем є налагоджувальна плата. Це плата, де

вже все правильно підключено і розведено. Функціонування електронних пристроїв можна перевірити на еталонній демопрограмі, а вбудовані системи діагностики і прошивки дозволяють записати нову прошивку в мікроконтролер одним рухом. Залишається тільки експериментувати, не відволікаючись на сторонні фактори.

Також налагоджувальна плата служить зручним засобом для швидкого створення прототипів та обкатки вузлів, перевірки ідей і методів. Зібрати на демолаті, перевірити, що ідея працює, як потрібно відкоригувати, а після вже налагоджений код використати в реальному проєкті.

Світові фірми пропонують широкий вибір налагоджувальних плат, які мають більше можливостей, але вартість таких плат є дуже високою. Найбільш відомими брендами в області виробництва налагоджувальних плат і модулів розширення є наступні компанії: Atmel, Digilent, Embest, Freescale, Future Technology, IAR Systems, Microchip, mikroElektronika, Olimex, Seeed Studio, ST Microelectronics, ST Microelectronics, Texas Instruments, Waveshare. Заводські прототипи налагоджувальних плат та електронних стендів на основі мікроконтролера для налагодження програм є електронними пристроями для візуальної перевірки коректності роботи програм. Але такі електронні стенди виходять на ринок продажу в стандартних комплектаціях в

залежності від рівня складності системи. Це обумовлює високу ціну так як для виконання різних типів завдань потрібно купляти новий електронний стенд який буде відповідати вимогам певного проєкту для якого розроблене конкретне програмне забезпечення яке потрібно перевірити на коректність.

При всій різниці у найменуваннях, всі налагоджувальні плати виконують одну функцію: зменшують ймовірність непрацездатності програми через неправильне функціонування апаратної частини проєкту – «заліза». Розробник як би відсувається від апаратної частини проєкту, і концентрує свої зусилля на процесі написання і налагодження програми.

В даній роботі вирішується задача розробки електронного стенду на основі мікроконтролера для подальшого налагодження роботи програм. Програма зв'язує мікроконтролер з певними виконавчими елементами, наприклад: таймер, світлофор, світлова індикація. Робота таких програм перевіряється за допомогою електронного стенду, котрий підключається безпосередньо до підсистеми. Розроблений та представлений в цій роботі електронний стенд відрізняється від вже існуючих аналогів тим, що стандартна комплектація не вміщує в себе нічого зайвого, що обумовлюватиме низьку ціну і високу практичну цінність. Мультизадачність електронного стенду обумовлена можливістю підключення додаткових підсистем, що потрібні для візуальної

перевірки роботи конкретної програми, в вигляді периферійних пристроїв, до вільних портів мікроконтролера.

Стенд можна використовувати для лабораторних робіт по вивченню роботи мікроконтролерів.

1. Експериментальна частина

1.1. Розробка схеми електричної принципової та друкованої плати стенду

В роботі було розроблено конструкторську документацію

необхідну для виготовлення стенду. Для цього було застосовано програми Splan та Sprint–Layout.

Програмне середовище Splan – простий і зручний інструмент для креслення електронних і електричних схем, дозволяє легко переносити стандартні позначення електро-радіо елементів (ЕРЕ) та символи з бібліотеки елементів на схему і прив'язувати їх до координатної сітки. Електрична схема, зроблена за допомогою цієї програми представлена на рис. 1.

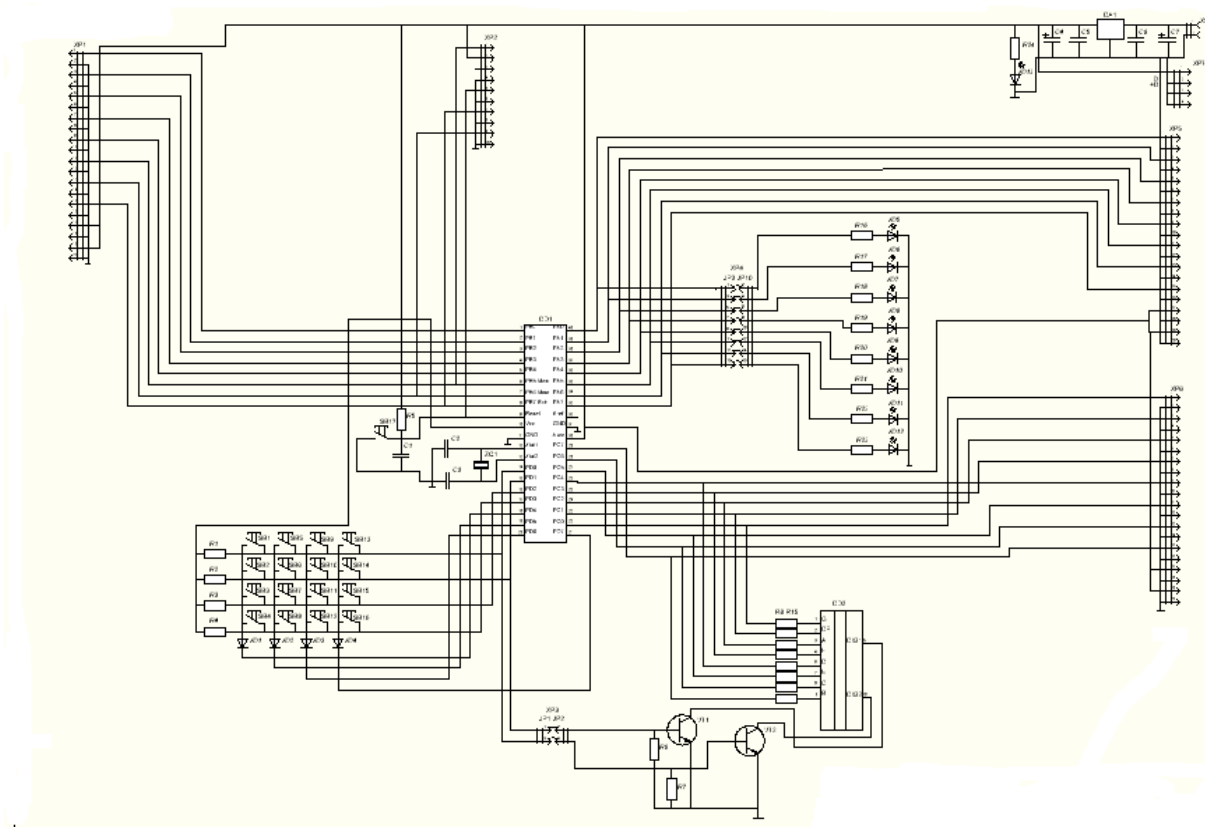


Рис 1. Схема електрична принципова.

При розробці друкованої плати було використано програму Sprint–Layout.

Sprint–Layout - це просте і дуже зручне програмне забезпечення для розробки одно- та двосторонніх

друкованих плат, розміри яких не перевищують 300×300 мм.

Розробка креслення друкованої плати починалася з нанесення координатної сітки. За основний крок координатної сітки приймається 2,54 мм. Креслення друкованої плати – містить всі відомості, необхідні для її виготовлення і контролю: зображення друкованої плати з боку друкованого монтажу; розміри, граничні відхилення всіх її елементів (отворів, провідників), а також розміри відстаней між ними; необхідні технічні вимоги, відомості про матеріал. При розробці друкованої плати було враховано ширину друкованих провідників, отворів для свердління та розміри кожного елемента, щоб відповідати правилам оптимальної конфігурації. Креслення друкованої плати представлено на рисунку 2.

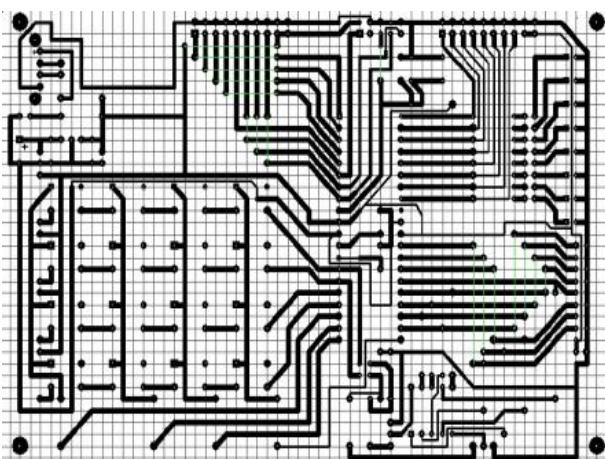


Рис 2. Креслення друкованої плати.

Після створення схеми електричної принципової, переліку елементів та креслення друкованої плати було зроблено монтаж пристрою.

Розробка пристрою була проведена з урахуванням таких вимог:

- простота схеми (мінімальна кількість компонентів);
- функціональна насиченість, різноманіття регульованих параметрів;
- стійкість до змін напруги, довговічність;
- можливість керування мінімум чотирма функціями;
- низьке енергоспоживання.

При розробці конструкції виробу зроблено:

- було спроектовано схеми лабораторного стенду на основі мікроконтролера АТМega32А;
- було вибрано радіоелементи, що забезпечують надійну і стійку роботу схеми;
- було досягнуте оптимальне співвідношення ціни та якості вибраних електро-радіо елементів (ЕРЕ).

1.2. Характеристики мікроконтролера

В роботі використовується 8 - розрядний мікроконтролер сімейства AVR АТМega32А. Цей мікроконтролер виготовлений по кремній-метал-окисел-напівпровідник (КМОП) - технології, яка в поєднанні з RISC архітектурою дозволяє досягти найкращого співвідношення показників швидкодія/енергоспоживання. Вони популярні завдяки низькій ціні,

наявності технічної документації, простоті програмування і легкості монтажу.

Основні характеристики мікроконтролера що лежить в основі стенду [2]:

- має 131 потужну інструкцію, більшість з яких виконуються за один машинний цикл;
- має 32×8-розрядних регістрів загального призначення і регістри управління вбудованою периферією;
- повністю статична робота;
- продуктивність до 16 мільйонів в секунду операцій при тактовій частоті 16 МГц;
- має вбудований помножуючий пристрій що виконує множення за 2 машинних цикли;
- має шістнадцять кбайт внутрішньосистемної перепрограмованої флеш-пам'яті;
- пам'ять даних (оперативна пам'ять (ОЗП)) 512 байт;
- пам'ять даних (EEPROM) 512 байт;
- програмований захист коду програми;
- два 8-розрядних таймер-лічильника з роздільними подільниками і режимами порівняння;
- є один розширений 16-розрядний таймер-лічильник з окремим подільниками, режимом порівняння і режимом захоплення;
- лічильник реального часу з окремим генератором;
- є два 8-разрядних канали широтно-імпульсної модуляції (ШІМ);
- є модулятор виходів порівняння;
- є 8 мультиплексованих каналів 10-розрядного аналогово-цифрового перетворення;
- є двопровідний послідовний інтерфейс, орієнтований на передачу даних в байтовому форматі;
- є послідовний інтерфейс SPI з підтримкою режимів ведучий / підлеглий;
- є програмований сторожовий таймер з вбудованим генератором;
- є вбудований аналоговий компаратор;
- скидання при подачі живлення і програмована схема скидання при зниженні напруги живлення;
- є вбудований калібрований RC-генератор;
- є зовнішні та внутрішні джерела переривань;
- є програмний вибір тактової частоти;

- напруга живлення $4,5 \div 5,5$ В;
- струм при частоті 8МГц, при температурі 25 °С і нарузі живлення 5В рівний 13 мА. [3]

Однак досить часто бувають випадки, що потужності такого мікроконтролера для вирішення поставленої задачі недостатньо. Крім швидкості, восьмирозрядні мікроконтролери мають і інші обмеження, наприклад, в багатьох моделях AVR всього один апаратний послідовний порт, що не дозволяє отримувати інформацію від зовнішнього пристрою і одночасно пересилати результати її обробки споживачеві. Наприклад, виведення інформації на графічний індикатор потребує великих ресурсів як швидкості, так і пам'яті [4].

Але розроблений виріб призначений для використання у навчальних цілях і вирішення задач, які не потребують для свого виконання великих потужностей.

Переваги розробленого стенду:

- зручність виконання лабораторних робіт, які пов'язані із програмуванням мікроконтролерів сімейства AVR;
- можливість удосконалення;
- низький рівень енергоспоживання;
- можливість виконання в одному комплексі декількох задач;
- низька собівартість.

Основними характеристиками розробленого виробу є:

- напруга живлення $9 \div 12$ В – підключення через зелену клему, 5 В – підключення за допомогою USB;
- використовується мікроконтролер сімейства AVR ATmega32A;
- передбачене під'єднання периферійного обладнання;
- безпосередньо до МК під'єднані світлодіоди (8 штук), семисегментний індикатор та матриця кнопок 4x4;
- передбачена можливість перепрограмування МК за допомогою SPI інтерфейсу.

1.3. Характеристика лабораторного стенду

В своєму складі лабораторний стенд має таку елементну базу: резистори, конденсатори, діоди, стабілізатор, фотодіоди, мікроконтролер, транзистри, кварц, кнопки, штекерні роз'єми, семисегментний індикатор та USB-штекер, що використовується як допоміжне джерело живлення. Усі перелічені електро-радіо елементи є стандартними, тобто вони є покупними, що значно збільшує технологічність виробу. Семисегментний індикатор і світлодіоди потрібні для світлової індикації в залежності від потрібної програми. Підключати світлодіод безпосередньо, без резистора, можна тільки до джерела живлення, що має

великий внутрішній опір. У всіх інших випадках обмеження струму необхідно для запобігання виходу діода з ладу. Для цього ми ставимо по резистору на кожен вивід індикатора (крім 5 і 10 виводу) і по одному резистору на катод світлодіода. Чотири резистора по 10 кОм, чотири діоди і 16 кнопок формують матрицю кнопок, що в подальшому буде потрібна для задання програми. Транзистори потрібні для створення динамічної індикації, що дозволить не перенавантажувати мікроконтролер. Штекерні виводи потрібні для відключення додаткових периферійних плат.

МК виготовлений з використанням технології незалежної пам'яті високої щільності фірми Atmel. Використана технологія Flash дозволяє пам'ять програми перепрограмувати в системі через послідовний інтерфейс SPI, за допомогою звичайної незалежної пам'яті, або за допомогою завантаження програми на чип що працює на ядрі AVR [5].

Програма завантаження може використовувати будь-який інтерфейс для завантаження прикладної програми в Flash-пам'яті. Програмне забезпечення в розділі BootFlash буде продовжувати працювати в той час як розділ застосування флеш оновлюється, забезпечуючи справжню операцію читання. Об'єднуючи 8-розрядний RISC-процесор з системою самообслуговування, програмованою флеш-пам'яттю на монолітному чипі, Atmel ATMega32A являє собою потужний мікроконтролер, який

забезпечує високо гнучке і економічно ефективно рішення для багатьох вбудованих додатків управління.

Розроблений стенд працює на основі кварцового генератора, який призначений для отримання коливань фіксованої частоти з високою температурною та часовою стабільністю, низьким рівнем фазових шумів. В результаті генератор забезпечує високу точність вимірювань.

1.4. Робота стенда

Щоб почати роботу із стендом, потрібно подати напругу від 9 В до 12 В на клему XS1, на виході стабілізатора DA1 отримаємо 5В для живлення МК та інших елементів плати.

Проте конструкція стенду дозволяє подати напругу +5 В від ПК за допомогою USB-подовжувача. Про наявність напруги +5В буде свідчити випромінення світло діода «Живлення» VD1.

Програми можна розробляти для роботи світлодіодів VD2-VD9, які під'єднані до порту А мікроконтролера, індикатора DA2, що під'єднаний до порту С, або матриці кнопок, яка під'єднана до порту D. Є можливість вивести результати кожної обробки МК на периферійні прилади, що можливо під'єднати за допомогою роз'ємів XP1, XP4, XP5 .

Порти введення/виведення AVR мають число незалежних ліній "вхід / вихід" від 3 до 53. Кожна лінія порту може бути запрограмована на вхід або на вихід. Потужні вихідні драйвери

забезпечують струмову навантажувальну здатність 20 мА на лінію порту при максимальному значенні 40 мА, що дозволяє, наприклад, безпосередньо підключати до мікроконтролера світлодіоди і біполярні транзистори. Загальне струмове навантаження на всі лінії одного порту не повинне перевищувати 80 мА.

В стенді розташований кварц ZQ1, що дозволяє працювати МК на частоті 8МГц (за замовчуванням МК працює на базі внутрішнього RC-кола з частотою 1МГц). Генератор виробляє імпульси для синхронізації роботи всіх вузлів мікроконтролера. Внутрішній тактовий генератор AVR може запускатися від декількох джерел опорної частоти (зовнішній генератор, зовнішній кварцовий резонатор, внутрішній або зовнішній RC-ланцюги).

Джампера JP1-JP10 дають можливість від'єднання світлодіодів VD2-VD9 від порту А, та індикатора DA2 від порту С, для вільного керування периферійними пристроями під'єднаними до цього порту.

Таким чином, за рахунок джамперів, роз'ємів досягається функціональність, гнучкість та універсальність мікропроцесорної систем.

Висновки

Було розроблено електронний стенд на основі мікроконтролера ATmega32A. Даний стенд дозволяє проводити перевірку коректної роботи

програм. Стандартна комплектація стенду забезпечує низьку вартість, простоту в використанні, та багатofункціональність, яка реалізується завдяки можливості підключення додаткових підсистем в ролі периферії.

Література

1. Баландин В. Отладочная плата для микроконтроллеров PIC [Електронний ресурс] http://www.labkit.ru/html/programmators_shm?id=444 – Назва з екрана.
2. ATMEGA16A-PU DATASHEET <http://datasheet.su/datasheet/Atmel/ATMEGA32A-PU> – [Електронний ресурс] – Назва з екрана.
3. Ревич Ю.В. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера/ Ревич Ю. В.. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 384 с.
4. Бойко В.І. Схемотехніка електронних систем. Мікропроцесори та мікроконтролери: підручник/ Бойко В. І., Гуржій А.М., Жуйков В.Я. – К.: Вища шк., 2004. – 399с.
5. Голубцев М.С. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному/ Голубцев М.С. – М.: Солон-Пресс, 2003. – 288 с.