

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Інститут високих технологій**

Завідувач кафедри нанофізики конденсованих середовищ
проф. Валерій Антонович Скришевський
Протокол № ____ засідання кафедри
від “ ____ ” _____ 2021 р.

**МОДЕЛЮВАННЯ ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНИХ ДЖЕРЕЛ
ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ ТА ДОСЛІДНИЦЬКИХ РОБІТ**

Кваліфікаційна робота магістра
студента 2 року навчання
спеціальності 105 «Прикладна фізика та
наноматеріали»

Дьячук Назара Олексійовича

Науковий керівник:

ф.-м. н., асист. **Сусь Богдан Богданович**

Оцінка захисту роботи

КИЇВ - 2021

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1	7
1.1 Огляд існуючих систем	7
1.1.1 SINILINK XY3605-W	7
1.1.2 KORAD KA3005D.....	8
1.1.3 RD6006-W	10
1.2 Мікроконтролер	13
1.3 Основна ідея дизайну електричного блоку живлення	15
1.4 Сходи R-2R	17
1.5 Оптрон	18
1.5.1 Загальна характеристика оптронів	18
1.5.2 Елементна основа і пристрій оптронів	21
1.5.3 Діодні оптрони	25
1.6 Гальванічна розв'язка	27
1.7 UART	28
РОЗДІЛ 2	32
2.1 Моделювання електронної схеми	32
2.2 MultiSim	32
2.2.1 Загальна інформація	32
2.2.1 Основні переваги програми Multisim	34
2.3 Sprint layout	36
2.4 AVRDUDE	38
2.5 USBASP	39
ВИСНОВКИ	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	43
ДОДАТКИ	45

РЕФЕРАТ

Випускна робота магістра стор. 58, рис. 20 , додатки 2, джерел 25.

В процесі виконання даної роботи була змодельована та створена автоматизована система для керування напругою та струмом. Написана програма для керування вимірювальною установкою. Виконано огляд актуальної літератури для побудови в системі Proteus схеми. Наведено результати вдосконаленої функціональної частини, змодельованої схеми для регулювання струму та напруги. Робота виконана у середовищі ПІ MULTISIM, Proteus та в аналоговому варіанті. Було підібрано найбільш актуальні сучасні компоненти для електричних кіл схеми (транзистори та логічні елементи).

Ключові слова: MULTISIM, операційний підсилювач, САПР, опторони, автоматизація, AVR. Atmega, Proteus.

ВСТУП

Проведення навчання з природничих наук в умовах карантинних обмежень висуває нові обов'язки щодо виконання практичних лабораторних робіт. Розробка апаратного та програмного забезпечення для систем дистанційного управління може ефективно вирішити ці проблеми. У роботі розглядаються основні етапи моделювання аналогових та цифрових деталей джерел живлення та технічні рішення для лабораторних робіт у Proteus.

Описано алгоритм роботи та основні етапи проектування електронної схеми та методи стабілізації із застосуванням мікроконтролера. Експериментальне лабораторне обладнання, що використовується в навчальному процесі інженерних спеціальностей, має бути доступним не лише за допомогою традиційного місцевого управління, а й повнофункціонального дистанційного управління. Виявляється, розробка та проектування такого обладнання, а також впровадження механізмів дистанційного управління очікують широкого використання спеціалізованих систем автоматизованого проектування (САПР).

Системи САПР можуть бути використані для синтезу нових електронних схем на основі існуючих бібліотечних компонентів та для розробки нових основних електронних компонентів, таких як конденсатори зі специфічними властивостями надвисокої частоти. Proteus Design Suite - це потужна ефективна система САПР, яка дозволяє нам проектувати, моделювати схеми та моделювати аналогові та цифрові схеми. Зокрема, це програмне забезпечення активно використовувалося для синтезу фотоелектричних елементів, а також для проектування пристроїв відстеження точок максимальної потужності (MPPT) для зелених генераторів електроенергії. Бібліотека програмного симулятора Proteus містить широкий вибір електронних компонентів, таких як джерела живлення, генератори сигналів та аналізатори (вольтметри, частотоміри, амперметри, гармонічні аналізатори тощо). Розробники можуть також розробити нові специфічні

електронні схеми в середовищі Proteus, здатні вимірювати диференціальний струм або інтегровані середні значення електричних сигналів та реєструвати масив вимірюваних значень.

Середовище Proteus дозволяє нам імітувати функціонування вузлів комп'ютерної системи на мікрорівні. Тоді двійковий файл складеної програми може бути завантажений безпосередньо в блок імітації обраної моделі мікроконтролера.

Мета:

Ця робота присвячена розробці лабораторного джерела живлення, оснащеного новою цифровою схемою дистанційного керування, та створенню лабораторних робіт з інженерних дисциплін "Периферійні пристрої" та "Напівпровідникова електроніка". Такі системи дозволяють автоматично вимірювати ВАХ-характеристики в різних режимах сканування, плавно, генератор розгортки та ін. Висока ефективність, низький рівень шуму вихідної напруги, захист від перевантаження, сумісність з місцевою жадібністю, малий розмір і вага є важливими параметрами для електроживлення. Серед функцій, покладених на джерело живлення, є:

- Зміна величини вихідної напруги;
- передача електроенергії з максимальною ефективністю;
- Стабілізація. Блок живлення повинен виводити стабільний струм або напругу на виході.
- Контрольовані граничні значення. Значення струму або напруги, що подається, не повинно перевищувати встановлену межу;
- Захист від короткого замикання та перегріву джерела живлення, що може призвести до проблем із приладом, підключеним до джерела живлення;
- Включення кулера радіатора силового транзистора під час перегріву здійснюється за допомогою програмного забезпечення.
- Можливість дистанційного управління електроживленням.

РОЗДІЛ 1

1.1 Огляд існуючих систем

1.1.1 SINILINK XY3605-W



Рис 1.1 Блок живлення SINILINK XY3605-W

Особливості:

- Корпус із алюмінієвого сплаву, маленький розмір
- Синхронне випрямлення, ККД до 95%
- З пультом дистанційного управління, введення з цифрової клавіатури, аналогове управління.
- 1,4-дюймовий кольоровий РК-екран з високим розширенням

- У моделі XY3605 є функція WIFI, що зручніше у використанні.

Специфікація:

Вхідна напруга: 5,0-30 V постійного струму

Вихідний струм: 0,000-5A

Вихідна напруга: 0,0-36 V постійного струму

Потужність: 180 Вт

Місце для зберігання: 10 значень

1.1.2 KORAD KA3005D



Рис. 1.2 Блок живлення KORAD KA3005D

Трансформаторний, ЛБЖ Korad KA3005D 30V 5A має функцію стабілізації напруги та струму, що дає можливість змінювати вихідну напругу та струм.

ЛБЖ - KA3005D оснащений активним охолодженням, це значить що його можливо використовувати для проведення довготривалих вимірювань.

При короткому замиканні плюсової та мінусової клеми блок стабілізує напругу і дозволяє встановити потрібну силу струму.

Підходить для запуску ноутбуків, смартфонів, планшетів, телефонів без акумулятора.

Може бути використаним джерелом живлення для гальваніків.

Великий надійний трансформатор забезпечує довгу роботу при навантаженнях.

Має широкі можливості для проведення лабораторних досліджень.

Особливості:

- Індикація струму і напруги на 2х світлодіодних дисплеях;
- Точна регуляція напруги та сили струму, за двома потенціометрами для грубої та плавної регулювання;
- Вбудований кулер забезпечує охолодження трансформаторів при його перегріві.
- Обмежувач струму;
- Одночасне відображення великих напруг і струму;
- Високий коефіцієнт стабільності напруги і струму;

1.1.3 RD6006-W

Digital Control Power Supply RD6006-W



Рис. 1.3 Блок живлення RD6006-W

Основні можливості:

RD6006W - сучасний потужний цифровий програмований джерело живлення з DC-DC перетворювачем напруги і РК-дисплеєм, оснащений модулем комунікації з комп'ютером і смартфоном по wi-fi.

Чудово підходить для саморобних лабораторних блоків живлення.

Оснащений інформативним кольоровим РК-дисплеєм з діагоналлю 2.4 дюйма. Вихідна напруга має цифрове регулювання від 0 до 60 Вольт при вхідній напрузі від 6 до 70 Вольт. Максимальний вихідний струм перетворювача напруги становить 6 Ампер. Регулювання напруги здійснюється з кроком 0,01 Вольт, а струму 0,001 Ампера. Перетворювач постійної напруги має захист від КЗ, від перевантаження по потужності, напрузі і струму.

При зміні вхідної напруги, вихідна не змінюється.

Для нормальної роботи вхідна напруга пристрою повинно бути в 1,1 рази більше вихідного.

Пристрій оснащений активним охолодженням у вигляді вентилятора(кулера).

Для нормальної роботи модулю потрібно зовнішнє живлення номіналом 70 Вольт і 6 Ампер. А також бажано корпус.

Два види відображення основних даних: цифрові значення та у вигляді графіка в реальному часі

Основні характеристики:

Модель: RD6006-W

Екран дисплея: 2,4-дюймовий кольоровий РК-дисплей

Діапазон вхідної напруги: 6-70.00 В

Дозвіл виміру вхідної напруги: 0,01 В

Діапазон вихідної напруги: 0-60.00 В

Дозвіл виміру вихідної напруги: 0 , 01 В

Діапазон вихідного струму: 0-6.000А

Дозвіл виміру поточної напруги: 0.001А

Діапазон вихідної потужності: 0-360.0 Вт

Дозвіл виміру напруги акумулятора: 0,01 В

Точність вихідної напруги: $\pm (0,3\% + 3 \text{ цифри})$

Точність вихідного струму: $\pm (0,5\% + 5 \text{ цифр})$

Точність вхідної напруги: $\pm (1\% + 5 \text{ цифр})$

Точність вимірювання напруги акумулятора: $\pm (0,5\% + 3 \text{ цифри})$

Пульсація на виході: 100 мВ VPP

Діапазон робочих температур: -10 ~ 40С

Час відгуку в режимі постійної напруги: 2 мс (навантаження 0 , 1А-5А)

Зовнішній датчик Діапазон визначення температури: -10 ~ 100С

Швидкість регулювання навантаження в режимі постійної напруги:

± (0,1% + 2 цифри)

Зовнішній датчик Точність температури: ± 3С

Швидкість регулювання навантаження в режимі постійного струму:

± (0,1% + 3 цифри)

Діапазон вимірювання ємності: 0-9999,99 Ач

Налаштування яскравості екрану: 6 рівнів

Діапазон вимірювання енергії: 0-9999,99 Вт/г

Вага (з упаковкою): 607 г

Статистична похибка ємності і енергії: ± 2%

Розмір продукту: 167 * 81 * 65 мм

режим роботи: режим Виск

Падіння напруги > 1 В і > 10%

1.2 Мікроконтролер



Рис. 1.4 Мікроконтролер Atmega328-PU

У сучасних умовах створення пристроїв, що забезпечують дистанційне управління, є частиною зручної та багатофункціональної електроніки, яка входить до класу Інтернету речей. Управління електроживленням організовується за допомогою мікроконтролера. Створення програмного забезпечення для управління таким пристроєм дозволяє студентам розширити та закріпити свої знання в галузі мікроконтролерів.

Під час розробки керованого джерела живлення очікувалося впровадження наступних функціональних можливостей:

- цифрова система контролю напруги;
- поточне регулювання в режимі стабілізації;
- захист від аварійних режимів та короткого замикання;

- звуковий сигнал в аварійному режимі;
- включення вентилятора охолодження силового транзистора при перевищенні порогового значення максимального струму;
- управління програмою та дистанційне управління в діалоговому режимі з комп'ютером.

Функції управління повинні забезпечуватися одним мікроконтролером. Ми використовуємо мікроконтролер ATmega328 від Atmel зі стандартними інтерфейсами для взаємодії з комп'ютером та іншими пристроями. Реалізовано стандартний інтерфейс UART для обміну даними між двома пристроями шляхом послідовної передачі даних.

Мікроконтролер ATmega328 - це на сьогоднішній день популярний високопродуктивний 8-розрядний мікроконтролер з архітектурою AVR. Виконуючи команди за один цикл, ATmega328 досягає продуктивності 20 MIPS при частоті генератора 20 МГц. Це дозволяє розробнику оптимізувати співвідношення енергоспоживання та продуктивності.

Підтримка мікроконтролера ATmega328 забезпечується багатьма програмними засобами та інтегрованими середовищами розробки, включаючи C-компілятори, програмні симулятори, вбудовані емулятори та пробні набори. Мікроконтролер ATmega328 обирають тисячі радіоаматорів та професіоналів завдяки оптимальному поєднанню функціональності та сумісності на практиці для проектування електронних пристроїв.

Додатковим підтвердженням популярності та сумісності мікроконтролера ATmega328 є наявність його бібліотечної моделі в програмному пакеті Proteus. Ця система моделювання схем базується на SPICE-моделях популярних електронних компонентів, пристосованих для імітації аналогової та цифрової логіки. Віртуальна машина ATmega328 взаємодіє з демонстраційною програмою, створеною за допомогою середовища програмування Visual Studio.

Відмінною особливістю пакета PROTEUS VSM є можливість імітувати роботу різних програмованих пристроїв: мікроконтролерів, мікропроцесорів, пристроїв DSP та інших.

Використання САПР Proteus дозволило нам розробити функціональну схему блоку живлення з використанням існуючої SPICE-моделі мікроконтролера, що управляє ланцюгом та периферією. Емулятор послідовного порту VSPE дозволяє працювати з віртуальним інтерфейсом UART на вашому комп'ютері. Цей зв'язок дозволив моделювати програмне забезпечення та схемні рішення. Загалом, емулятор VSPE призначений для створення, налагодження та тестування програм, які обробляють віртуальні порти для передачі та отримання даних з різних послідовних інтерфейсів. На відміну від звичайних послідовних портів, віртуальні пристрої мають додаткові можливості: наприклад, один і той же пристрій може використовуватися одночасно різними програмами зв'язку, що важко реалізувати за допомогою фізичних інтерфейсів.

Регульовані джерела живлення є одними з найбільш широко використовуваних лабораторних приладів. Важливість роботи зумовлена вимогою здійснити дистанційне керування джерелом живлення. Схема такого джерела живлення зазвичай має аналогову структуру. Цифрові вольтметри та амперметри часто підключаються до комп'ютера, але більша частина регулювання здійснюється за допомогою аналогових елементів схеми.

1.3 Основна ідея дизайну електричного блоку живлення

Почнемо з простого електронно стабілізованого живлення. Він складається з 2 основних частин: транзистора і опорної напруги, що генерується Z-діодом

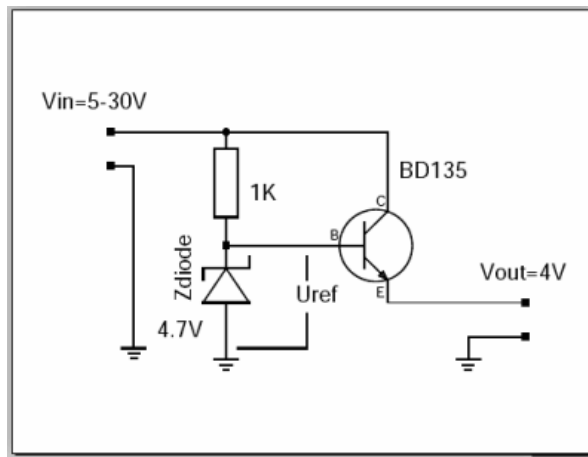


Рис. 1.5 Найпростіший блок живлення

Вихідна напруга цієї схеми U_{ref} - 0,7 В. 0,7 В - це приблизне падіння напруги, яке ми отримуємо між В і Е на транзисторі. Z-діод і резистор генерують опорну напругу, яка є стабільною, навіть якщо вхід коливається і з шумами. Транзистор необхідний для обробки більших струмів, ніж Z-діод і резистор, який може забезпечити сам. У цій конфігурації транзистор просто підсилює струм. Струм, який повинні забезпечити резистор і Z-діод, є вихідним струмом, поділеним на h_{ef} (h_{ef} - це число, яке можна знайти в таблиці даних транзистора).

У чому проблеми цієї схеми?

- Він забезпечує лише фіксовану вихідну напругу.
- Транзистор вийде з ладу при короткому замиканні на виході.
- Неможливість дистанційного управління.

Ці серйозні обмеження роблять цю схему непридатною для використання, але ця схема все ще є основним будівельним елементом всіх джерел струму, що регулюються.

Для подолання цих проблем потрібен певний "інтелект", який регулюватиме струм на виході та змінну опорну напругу та давати нам можливість керувати джерелом живлення.

Люди останні кілька десятиліть використовували операційні підсилювачі для забезпечення цієї логіки. Операційні підсилювачі в основному можуть бути використані як аналогові калькулятори для додавання, множення, віднімання, або логічного "або" напруги та струму.

Сьогодні мікроконтролери настільки швидкі, що все це легко можна зробити за допомогою програмного забезпечення. Краса в тому, що ми отримуємо в якості побічного ефекту вольтметр та амперметр безкоштовно. Контур управління в мікроконтролерах повинен знати значення напруги та струму в будь-якому випадку. Нам просто потрібно відобразити його. Що нам потрібно від мікроконтролера, це:

- AD-перетворювач для постійного вимірювання напруги та струму
- DA-перетворювач для передачі команд на наш силовий транзистор (надати еталонну напругу)

Проблема в тому, що DA-конвертер повинен бути дуже швидким. Якщо на виході виявлено коротке замикання, то ми повинні негайно зменшити напругу на основі транзистора, інакше він буде зіпсованим. Швидкий означає протягом мілісекунд (такий же швидкий, як операційний підсилювач).

Atmega328 має AD-перетворювач, який є більш ніж досить швидким, але на перший погляд не має DA-перетворювача. Можна отримати широтно-імпульсну модуляцію та аналоговий фільтр низьких частот, щоб отримати DA-перетворювач, але це занадто повільно, щоб реалізувати захист від короткого замикання в програмному забезпеченні.

1.4 Сходи R-2R

Існує безліч способів побудови цифрово-аналогового перетворювача, але нам потрібен швидкий і дешевий, який може легко взаємодіяти з нашим мікроконтролером. Існує схема DA-перетворювача, відома як "сходи R-2R". Він складається лише з резисторів і перемикачів. І потребує лише два типи резисторів.

Резистивні матриці створюються з набору двійково-зважених за номіналами резисторів. Також існує варіант створення у вигляді сходів з резисторів лише двох номіналів $R-2R$. В нашому випадку ми використали другий варіант.

Схема ЦАП з резистивною матрицею в основі якої лежать двійково-зважені опори виду $R-2R-\dots-2^{n-1}R$. У даній схемі опір резисторів матриці збільшується вдвічі при переході від старшого розряду до молодшого. При цьому еталонні струми зменшуються у два рази.

1.5 Оптрон

1.5.1 Загальна характеристика оптронів

Оптрон або оптрон - електронний прилад, який включає в себе випромінювач світла світлодіод, (раніше - мініатюрна лампа розжарювання) і фотодетектор (біполярний та польовий фототранзистор, фотодіод, фототиристор, фоторезистор) які з'єднані оптичним каналом, об'єднаними у одному корпусі. Канон роботи оптрона полягає у зміні електричного сигналу у світлову енергію(сигнал). Потім проходженням сигналу по оптичному каналу та наступному зміненні у зворотному напрямі в електричний сигнал.

В передавачі енергія електричного сигналу замінюється на світлову, у фотодетекторі, навпаки, світловий сигнал в електричну енергію.

Поширюються зазвичай лише оптрони, які мають пряме оптичне з'єднання від випромінювача до фотодетектора і, як правило, виключають всі типи зв'язку між зазначеними фотоелементами.

За ступенем складності конструктивної схеми серед виробів оптронів виділяють дві групи пристроїв. Оптопари (також звані "Елементарний оптрон") - це оптоелектронний напівпровідниковий пристрій, що складається з випромінюючих і фотодетекторних елементів, між якими забезпечується оптична ізоляція між відправним та приймальним елементами.

Оптоелектронна інтегральна схема - це схема декількох оптронів і електрично з'єднаних з ними одним або декількома узгоджувальними або підсилюючими пристроями.

Таким чином, в електронній схемі такий пристрій виконує роботу пов'язування, де одночасно здійснюється гальванічна ізоляція входу і виходу.

В схемі були використані H11L1 оптрони.

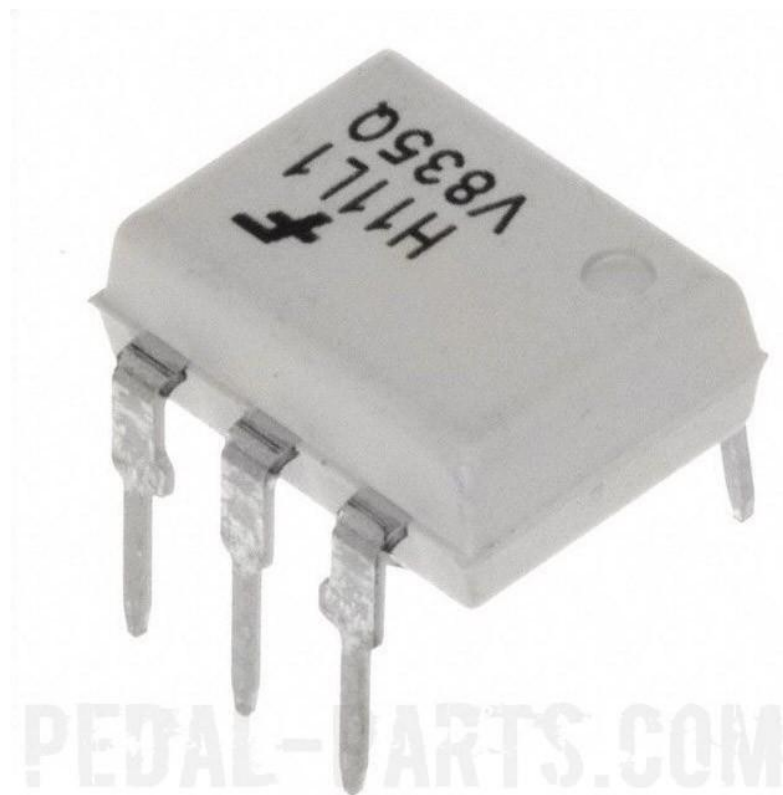


Рис. 1.6 Схема H11L1

Переваги цих пристроїв засновані на загальних оптоелектронних принципах використання електричних нейтральних фотонів для передачі інформації.

Основними з них є:

- Можливість забезпечити ідеальне електричне (гальванічне) з'єднання між входом та виходом;

- Можливість управління електронними схемами та приладами без прямого контакту між ними. Різноманітність та гнучкість конструктивних рішень схем управління;
- Широка смуга пропускання у фізичних характеристик оптронів. Майже повна відсутність обмежень щодо низьких частот (що забезпечується власними імпульсними трансформаторами) Можливість передачі для оптичної схеми імпульсного сигналу;
- Можливість управління сигналом оптичної дії шляхом впливу (багаторазово) на матеріал оптичних каналів отже, це дає можливість с для створення різноманітних датчиків, а також пристроїв для передавання інформації;
- Можливість створення приладів мікроелектроніки з фотодетекторами, характеристики яких при освітленні змінюються відповідно до заданого завдання;
- Однонаправленість. Поширення інформації через оптичні канали, відсутність звукової реакції на випромінювач;

Для оптронів НЕ існує принципів фізичних або конструктивних обмежень, для досягнення як високої напруги, так і опору переходу і доволі малої пропускної здатності;

Нечутливість оптичних каналів до впливу електромагнітними полями, що у випадку "довгих" оптронів (з довгими оптоволоконними дротами), що дає їх захищеність від перешкод та саме головне це перешкоджання втратам інформації, а також виключає взаємо наведення каналів один на одного;

Повна адаптивність з напівпровідниковими та мікроелектронними пристроями або схемами як фізично, так і схемо-технічно.

Невід'ємні недоліки оптронів:

- значна енергія під напругою через необхідність подвійного перетворення енергії (електроенергія - світло - електроенергія) та невідомої ефективності цих переходів
- висока чутливість характеристик оптронів до підвищених температур та проникаючого ядерного випромінювання;
- доволі висока деградація (погіршення) параметрів під час використання;
- високий рівень власного шуму;
- складно виготовлений прилад для зворотного зв'язку, відображення електричного відключення вхідних і вихідних ланцюгів;
- структурно-технологічні недоліки, внаслідок застосування гібридної технології (при необхідності поєднання в одному пристрої декількох - окремих елементів з різних напівпровідників, розташованих в різних областях).

Ці недоліки оптронів паралельно з вдосконаленням матеріалів, технологій, схем приватного користування використовуються, але тимчасово не менше, протягом тривалого часу, щоб визначити за принципом. Однак їх переваги настільки високі, що вони пропонують перед попереднім неконкурентним оптроном серед інших мікроелектронних пристроїв.

1.5.2 Елементна основа і пристрій оптронів

Елементарною основою оптронів є фотодетектори та випромінювачі, що забезпечують оптичний зв'язок між ними. До всіх цих елементів висуваються такі загальні вимоги:

- малі габаритні параметри;
- низька вага;
- висока міцність та надійність;

- висока опірність до механічних та кліматичних взаємодій;
- невисока ціна.

Бажано також використовувати елементи, що пройшли великі та тривимірні промислові випробування.

Функціонально (як принципова схема) зображення відображається в першу чергу (стінку) крізь те, який саме фотодетектор він використовує.

Успішне застосування фотодетектора в оптичних середовищах забезпечує виконання таких початкових вимог:

- високе ККД трансформації енергії квантів випромінювання в енергетичному колі електричного сигналу;
- застосування та ефективність внутрішньої будови;
- висока швидкість;
- широкий функціонал.

З використанням фотодетекторів різних структур, сенсорних у видимій та ближніх інфрачервоній областях, а також у самому інфрачервоному діапазоні, можливо (в природі) зустрічаються інтенсивні джерела випромінювання, які мають захист від цього, але штучно створених на жаль ще не винайдено.

Найбільш універсальним є фотодетектори, які мають в своїй основі р-п перехід це діоди, транзистори та інші, у більшості випадків, що їх виготовляють на основі кремнію та їх максимальна спектральна чутливість біля $\lambda = 0,7 - 0,9$ мкм.

Стандартні вимоги перед використанням. Основні з них:

- спектральне випромінювання від вибраних фотодетекторів;
- висока ефективність трансформації енергії електричного струму в енергетиці випромінювання;
- у переважній більшості напрямком випромінювання;

- висока швидкість;
- простота та зручність стимулювання та модулювання випромінювання.

Для використання в оптронах доступні та доступні кілька типів випромінювачів:

- Мініатюрні лампи розжарювання.
- Неонові колби, що поєднуються у собі суміш газу - неон-аргон.

Декілька типів випромінювачів, засобів захисту, низька потреба світлодіодів, низька протидія до механічних впливів, низька тривалість, великі розміри, основна несумісність з інтегрованими технологіями. Навпаки, в деяких типах оптронів їх можна відшукати:

- Порошковий електро-люмінесцентний (поділений) осередок використовує у якості світла тіла дрібнозернистого сульфідного цинку (активація середовища, марганець призначений для полімеризації діелектрика. Додаткові параметри. Додавання високого напруги змінного змісту існує процес попередньої люмінесценції.
- Тонкоплівкові електролюмінісцентні комірки. Світіння тут свідомо відбувається атомами марганцю "гарячим" електроном.

І порошкові, і плівкові електролюмінісцентні комірки мають низьку ефективність перетворення електричної енергії при освітленні, низьку тривалість (особливо тонко-плівкові) та контрольований склад (наприклад, оптимальний режим для шкільних люмінофорів ~ 220 В при $f = 400. 800$ Гц). Головна перевага цих випромінювачів - структурно-технологічна сумісність з фоторезистами, створення на цій основі багатьох функціональних, багатоелементних оптопарових конструкцій.

Основним найбільшим універсальним типом випромінювача, що використовується в оптронах, є напівпровідниковий інжекційний світлодіод.

Це пояснюється наступним чином:

- Високе ККД перетворення електричної енергії в оптичну;
- напрямок випромінювання;
- вузький спектр випромінювання (квазімонохроматичності) широкого спектрального діапазону;
- Висока швидкість;
- Невисокі значення напруги та струму(живлення);
- висока довговічність при цьому висока стійкість;
- адаптивність з інтегральними схемами, транзисторами;
- можливість модуляції потужності випромінювання за змінними;
- робота як в імпульсному, так і в постійному режимах; лінійність ВАХ в великому діапазоні значень вхідного струму;
- невеликі розміри;

Загальні вимоги до оптичного глибокого середовища оптимізують такі: високі значення сертифіката № заміни на них; велике значення стійкості Π та r_{Im} ; висока напруженість критичного поля $E_{Im\ kr}$, Дози жаростійкості D_q ; хороша адгезія з кристалами кремнію з арсенідом; еластичність (це потрібно, оскільки неможливо забезпечити опору для елементів управління коефіцієнтами термінового розширення) механічної міцності, а також зануреного середовища в оптроні. технологічність (простота використання, створення різних властивостей, дешевизна та інше).

Основним типом імерсійного середовища, що використовується в оптронах, є полімерні оптичні клеї. Для них типі $n_{Im} = 1,4, 1,6, r_{Im} TT > 10^{12} - 10^{14}$ Ом см, $E_{Im\ kr} = 80$ кВ / мм, $D_q Im$ ведений = - 60. 120 С. Клеї мають хорошу адгезію до кремнієво-арсенідної виробів, поєднуючи форму з механічною стійкістю та стійкістю до теплових циклів. Також можна використовувати нетвердіючі мінерально-подібні та гумо-подібні оптичні носії.

1.5.3 Діодні оптрони

У діодному оптроні фотодіоди (на основі кремнію) використовуються як фотодетектори, а інфрачервоний випромінюючий діод - як випромінювач. Максимальна спектральна характеристика діодного випромінювання знаходиться на довжині хвилі близько 1 мкм. Випромінювання з такою довгою хвилею створює генерацію в напівпровіднику (кремнію) електронних пар носіїв заряду, а саме дірок та електронів. Ці електрони та дірки розділяють внутрішні електричні польоти переходу фотодіодів і заряджають р-область позитивно, а n-область негативно. В результаті при введенні фотодіод з'являється з фото-ЕРС. Це так званий фотогенератор (вентиляційний) режим роботи фотодіода. Якщо до фотодіода застосовується зміна світла більше 0,5 В, електрика та дірки, що утворюються під дією випромінювання, збільшують світловий струм фотодіода. Це фотодіодний режим роботи фотодетекторного елемента. Діодні оптрони можуть працювати як в режимі фотогенератора, так і в режимі фотодіодів. Значення зворотного фотоструму зростає майже лінійно із збільшенням інтенсивності світла емітуючого діода. Діодний випромінювач виготовляється за відомою епітаксійною технологією. Конструкції з'єднані між собою оптично прозорим адгезивом, шар якого забезпечує надійну електричну ізоляцією вхідного ланцюга оптрони - випромінювача - від виходу - фотодіодів.



Рис. 1.7 Діодний оптрон

Основні параметри діодних оптронів такі:

- Вхідна напруга $U_{вх}$ - напруга постійного струму на діоді емітера при заданому вхідному струмі;
- Максимальна вхідна напруга $U_{вх.zv.max}$, наприклад на вхід діодного оптрона, за умови, що він створює роботу (для вхідного ланцюга оптрона, що вказує значення максимального $I_{вх.max}$ постійного струму або імпульсного $I_{вх.i*max}$ входу поточний, в результаті чого працює робочий колектив);
- Максимальні вихідні зворотні постійні та імпульсні напруги $U_{вих*zv.max}$ та $U_{вих*i*max}$ визначають максимальну напругу у вихідному ланцюзі оптрона;
- Вихідний зворотний струм (темний) $I_{вих.zv.t}$ - струм, що протікає у вихідному ланцюзі діодного оптрона за відсутності вхідного струму і напруги, встановленої для світла;
- Час збільшення вихідного сигналу t_{nr} - інтервал часу, реалізація якого вихідний сигнал оптрона варіюється від 0,1 до 0,5 максимального значення;

- Час спаду вихідного сигналу t_{sp} - інтервал часу, реалізація якого вихідний сигнал коливається від 0,9 до 0,5 максимального значення;
- Статичний коефіцієнт передачі струму K^*I - відновлення різниці вихідного струму до вхідного струму, виражене у відсотках $K^*I \approx I_{вих} / I_{вх}$.

1.6 Гальванічна розв'язка

Оптрони використовуються для гальванічної розв'язки ланцюгів - передача сигналу без передачі напруги для безконтактного управління та захисту.

Деякі стандартні електричні інтерфейси, такі як MIDI, визначають обов'язкове рішення через оптрони. Існує два основних типи оптронів, призначених для використання в ланцюзі гальванічних розв'язок: оптопари і оптореле. Основна відмінність між ними в тому, що оптопари, як правило, використовуються для передачі інформації, а оптореле використовується для комутації сигнальних або силових ланцюгів.

Транзисторні або інтегровані оптрони, як правило, використовуються для гальванічної ізоляції сигнальних ланцюгів або ланцюгів з комутацією низького струму. В якості комутуючого елемента використовуються біполярні транзистори, схеми управління цифровим входом, спеціалізовані схеми (наприклад, для живлення MOSFET або IGBT управління - оптодрайвери).

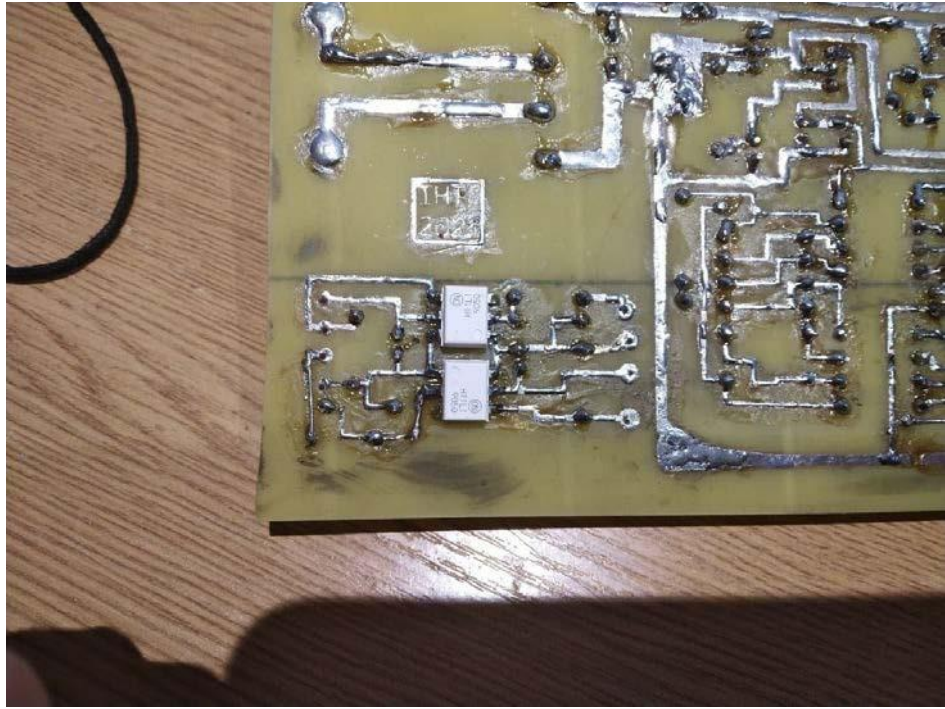


Рис. 1.8 Гальванічна розв'язка на платі

1.7 UART

Універсальний асинхронний приймач - передавач (UART) є найдавнішим і найбільш широко використовуваним прот околom передачі даних на сьогодні. Найвідоміший у цій серії - протокол RS-232 (відомий у всьому світі як COM-порт). Багато людей вважають, що це найстаріший комп'ютерний інтерфейс. Він прожив донині, не втрачаючи своєї актуальності. Треба сказати, що інтерфейс вперше з'явився в США, використовувався для передачі телеграмних повідомлень, і має п'ять робочих бітів. Для передачі використовується механічне обладнання. Потім є семирозрядний комп'ютер і код ASCII. Добре відома 8-розрядна таблиця ASCII замінила на початок 1960-х, а потім формат передачі був зайнятий повним байтом і трьома бітами управління.

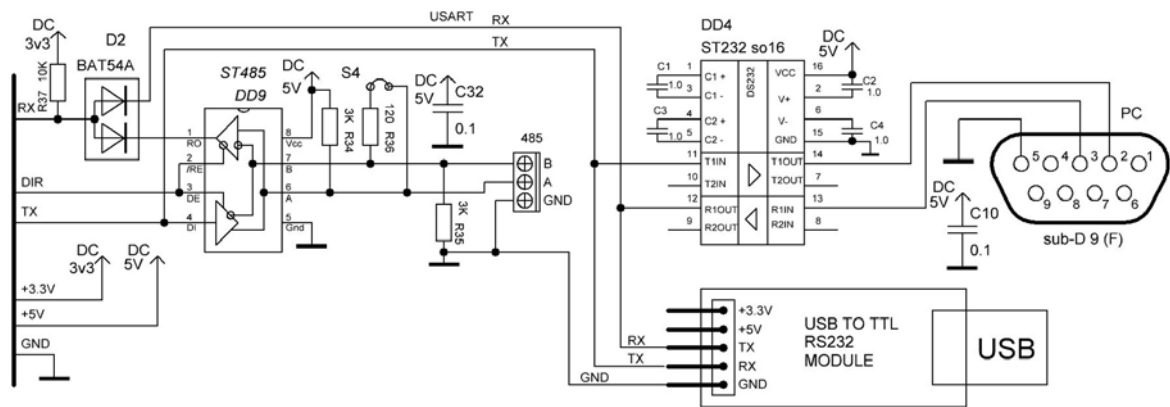


Рис. 1.9 Схема розпіновки COM порту та USB

В 1970-х, коли почався бум мікросхем, Гордон Белл виготовив мікросхему UART WD1402A для комп'ютерів PDP від Western Digital. Національна корпорація напівпровідників розробила мікросхему 8520 на початку 1980-х рр. У 1990-ті роки заявник винайшов інтерфейсний буфер, який дозволяє передавати дані з більшою швидкістю. Цей інтерфейс не змінився і існує донині. Щоб зрозуміти взаємозв'язок між різними інтерфейсами UART, проаналізуємо принципи найбільш популярного та улюбленого протоколу RS-232. Основними робочими лініями є RXD і TXD, або лише RX і TX. Лінія передачі - TXD (передані дані), а порт RXD (отримані дані) приймає. Ці лінії порту COM беруть участь у передачі без необхідності обладнання для управління потоком даних. Додаткові лінії інтерфейсу (DTS, RTS тощо) беруть участь в апаратному процесі. Вихід передавача TX підключений до входу приймача RX і навпаки. Електричний принцип RS-232 відрізняється від стандартної логіки 5V TTL.

У цьому протоколі логічний нуль становить від +3 до +12 вольт, а логічний нуль від -3 до -12. Діапазон від -3 вольт до +3 вольт вважається областю невизначеності. Всі напруги вказані щодо основи комп'ютера або заземлення. Блок живлення комп'ютера одночасно має дві напруги: -12 і +12 вольт. Це було спеціально запроваджено для COM-порту.

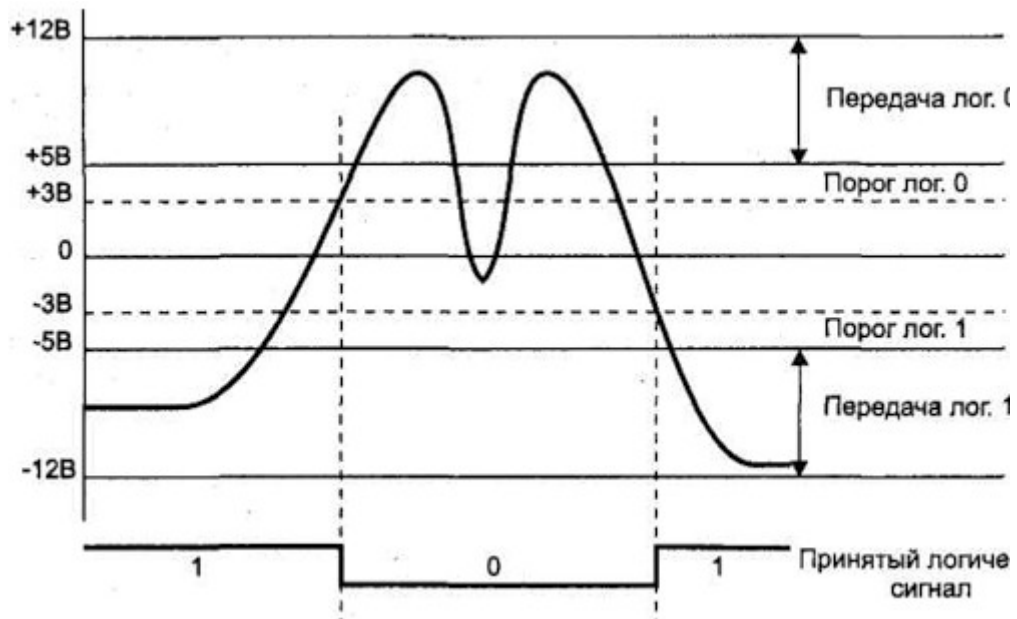


Рис. 1.10 Графік роботи UART протоколу

Така велика амплітуда робочої напруги (до 24 вольт) в основному необхідна для запобігання шуму від лінії зв'язку. Зазвичай довжина кабелю, який ми використовуємо для передачі даних, може становити 15 м, хоча насправді людям вдалося змусити його працювати на 25 м. Електричні параметри RS-232 - це головна особливість, яка відрізняє його від інших протоколів. Серія UART.

Наступні функції - формат пакету та швидкість передачі даних - повністю застосовні до всіх типів UART, і їх сумісність забезпечується за допомогою простої схеми зв'язку.

Стандартна передача займає 10 біт. Але це правило стосується лише стандартних налаштувань COM-порту. В принципі, його можна переналаштувати, щоб він навіть знав про однопровідні інтерфейси. У режимі очікування, коли на лінії відсутня передача, вона знаходиться в стані логічного блоку або -12 вольт. Початок передачі позначається передачею стартового біта, який завжди дорівнює нулю. Потім передається вісім бітів даних. Завершить передачу біта парності та біта зупинки. Біт парності перевіряє надіслані дані. Стоп-біт повідомляє нас, що передача даних

завершена. Слід зазначити, що біт STOP може займати 1, 1,5 і 2 біти. Не думайте, що це десяткові коми, це число лише вказує на його тривалість. Стоп-біт такий же, як і стартовий, він дорівнює нулю.



Рис. 1.11 Робота COM порту на осцилографі

Швидкість лінії COM-порту стандартизована. Як правило, все обладнання працює на трьох стандартних швидкостях: 9600, 19200, 115200. Але є й інші варіанти, навіть із використанням нестандартних швидкостей або швидкостей, які змінюються з часом - це проблема, з якою я зіткнувся при аналізі обладнання.

РОЗДІЛ 2

2.1 Моделювання електронної схеми

Розвиток будь-якого електронного пристрою супроводжується фізико-математичним моделюванням. Фізична частина моделювання пов'язана з великим обсягом матеріальних витрат, оскільки необхідно розробити план та провести досить складні та тривалі дослідження. Зазвичай фізичне моделювання неможливо, але немає фінансової переваги, наприклад, при розробці дуже складних інтегральних схем або великих інтегральних схем.

Тому при створенні схематичного проекту використовується програма математичного моделювання, яка не тільки скорочує час і витрати на розробку, але також забезпечує набір інструментів аналізу для дослідників, яких не існує у фізичному моделюванні або є дуже дорогими. До цього часу розробники використовували кілька програм моделювання схем: Proteus, Labview, Multisim, Alpak, Orcad, Altium Designer, Micro-Cap та ін.

Ці два програмні пакети є найбільш зручними для моделювання - Orcad та NI Multisim (не стосується мікрохвильового обладнання). Безкоштовна версія NI Multisim Analog Devices Edition 10.0.1 призначена для імітації схем з використанням аналогових компонентів, вироблених Analog Devices. Слід зазначити, що ціна ліцензійної версії NI Multisim без пакета розширення становить понад 4000 доларів США, тоді як ціна повної версії становить близько 6000 доларів США. Версія 3.01 вийшла не так давно.

2.2 MultiSim

2.2.1 Загальна інформація

Завдяки безкоштовному програмному забезпеченню NI Multisim, Analog Devices та EWG National Instruments дозволяють інженерам розробляти та моделювати різноманітні електронні пристрої: аналогові,

цифрові та комбіновані аналогові та цифрові. Повна версія програмного пакету NI Multisim включає NI Ultiboard (для розробки друкованих плат, до 32 шарів розміщення та відстеження з'єднань плати) та модуль MCI NI Multisim (для налагодження та моделювання мікропроцесорних систем).

Крім того, було знято багато обмежень, які були введені у безкоштовній версії (наприклад, кількість елементів у схемі не повинна перевищувати 25 у безкоштовній версії).

NI Multisim Analog Devices Edition - це симулятор ароматів, який дозволяє:

- Використовуйте більше 800 бібліотечних елементів для моделювання аналогових схем-операційних підсилювачів, перемикачів, перемикачів тощо;
- План, що містить не більше 25 дослідницьких елементів;
- використовувати вбудовані інструменти та алгоритми для аналізу, включаючи аналіз найгірших випадків (аналіз, що включає найбільш несприятливі умови);
- Замінити компоненти та змінити їх параметри, щоб детально вивчити властивості схеми;
- Зв'язок з центром проектування аналогового обладнання в Інтернеті для отримання інших інструментів аналізу;
- Доступ до довідкових даних для будь-якого компонента ADI.

Multisim (раніше Electronics Workbench) була розроблена канадською компанією Electronics Workbench (раніше Interactive Image Technologies).



Рис. 2.1 Програма Multisim

Основним продуктом Electronics Workbench Multisim є один з найкращих інструментів для розрахунку лінійних та нелінійних схем та розробки друкованих плат. Користувачами програми є відомі компанії, такі як Sony та Boeing, а також провідні академічні установи, такі як Массачусетський технологічний інститут. У 2005 році National Instruments придбали електронний робочий стіл, щоб встановити більш тісний зв'язок між вимірювальним обладнанням, що використовується для створення електронного пристрою, та програмою, яка використовується для розрахунку схеми. Угода була досягнута після того, як National Instruments and Electronics Workbench кілька років працювали разом над інтеграцією Multisim у графічне середовище «віртуального пристрою» NI Labview. Незважаючи на підписання контракту, Electronics Workbench все ще є незалежним підрозділом National Instruments і буде випускати програми самостійно через власну розподільчу мережу в найближчі кілька років.

2.2.1 Основні переваги програми Multisim

1. Простий графічний редактор, який дозволяє легко малювати електронні схеми на екрані звичайними зображеннями.
2. Велика сучасна бібліотека електронних компонентів (дискретна, інтегрована аналогова, цифрова та змішана аналого-цифрова). Бібліотека відкрита і може легко додавати нові елементи, включаючи побутові елементи.
3. Величезна бібліотека моделей електронних схем дозволяє використовувати готові фактичні розробки та легко модернізувати їх до конкретних завдань.
4. Вибір віртуальних вимірювальних приладів широкий, що дозволяє проводити будь-які вимірювання (не тільки електричні вимірювання). Робота з використанням цих віртуальних інструментів максимально наближена до роботи з використанням реального обладнання. Підключивши віртуальний пристрій до будь-якої точки схеми, ви можете отримати вичерпну інформацію про процес у цьому вузлі.

5. Набір простих інструментів моделювання інтерфейсу, на додаток до традиційного моделювання електронних схем постійного та змінного струму, він також може виконувати моделювання спектру, нелінійності, амплітудно-частотної (частотної характеристики) та фазово-частотної (PFC) характеристик, а отже загалом, оцінюється вплив температури на окремі компоненти та схеми, здатність змінювати будь-який параметр компонента та здатність параметрів джерела сигналу та джерела живлення. Це дуже просто, ви можете використовувати різні закони розподілу параметрів для аналізу ймовірності схеми.

6. Можливість підключення до Labview, віртуального пристрою.

7. Запис великої кількості можливостей для дослідження, отримання друкованих копій схеми та параметрів моделювання та інформації з екрану вимірювального обладнання (якісно оформлені графічні результати досліджень)

8. Низькі вимоги до продуктивності комп'ютера (може працювати на 386 моделях процесорів).

9. Знання програмування не потрібні. Просто потрібно знати Windows. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дозволяє навіть непідготовленим користувачам швидко зрозуміти основи (буквально протягом півгодини) і безпосередньо розпочати дослідження (електронне моделювання).

10. Ретельно підготовлені довідкові матеріали надають контекстну допомогу щодо меню, компонентів та варіантів моделювання, а також загальні питання моделювання.

Multisim пропонує введення схеми для подальшого моделювання та дозволяє створювати текстові описи цифрових пристроїв у форматі VHDL та Verilog для синтезу FPGA.

Але було вибрано моделювання в «екосистемі» Proteus. Чому? Просто вже знайома програма, та в ній кольори більш до вподоби.

Після моделювання програми в програмі наступна програма:

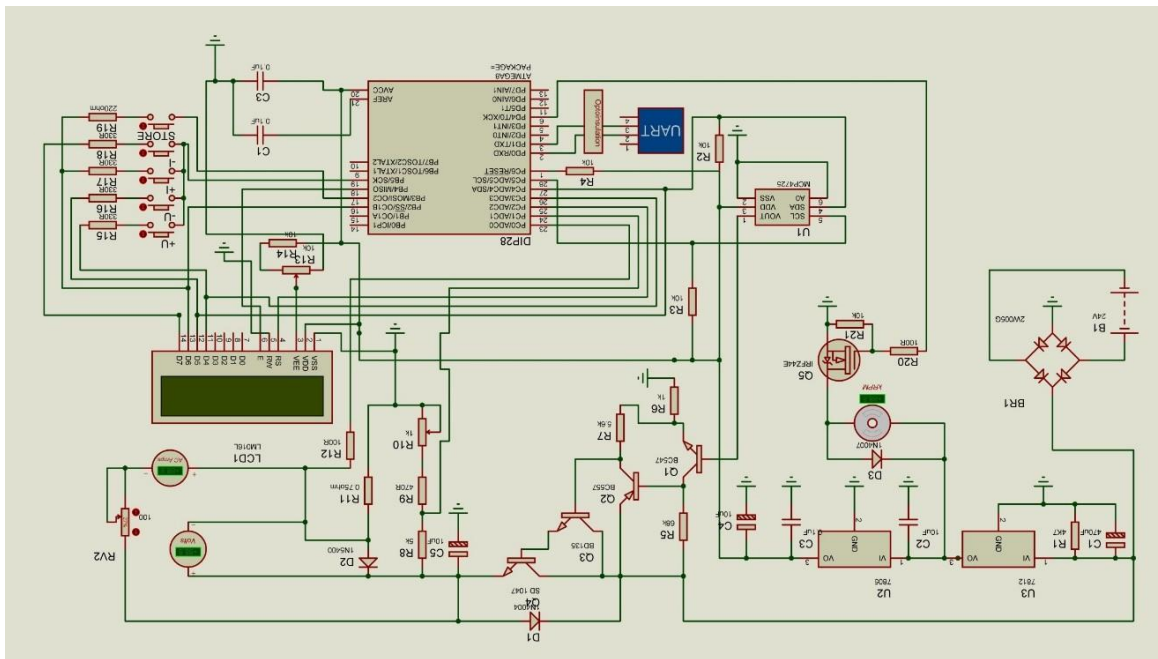


Рис. 2.2 Результуюча система в програмі Proteus

2.3 Sprint layout



Рис.2.3 Програма Sprint-Layout

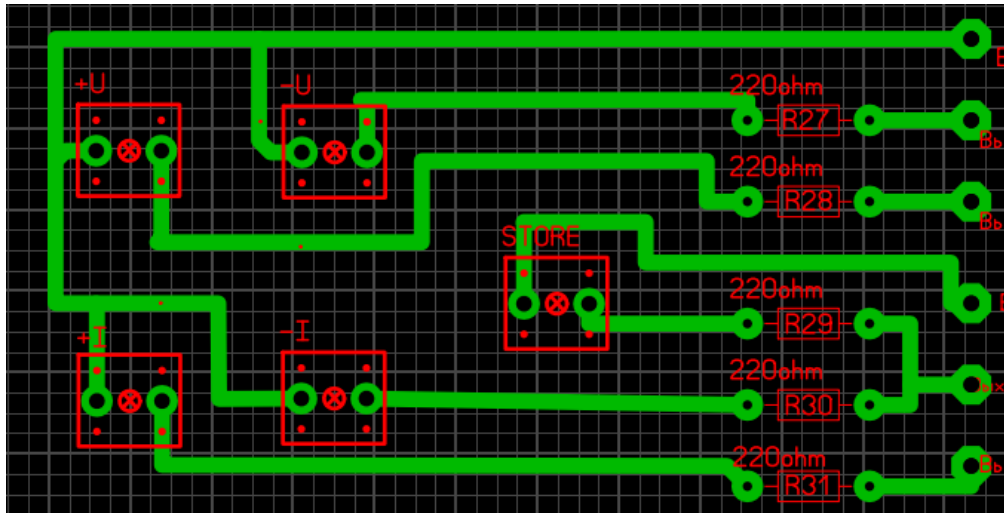


Рис. 2.5 Результирующая схема платы клавиатуры в программе Sprint-Layout 6.0

2.4 AVRDUDE

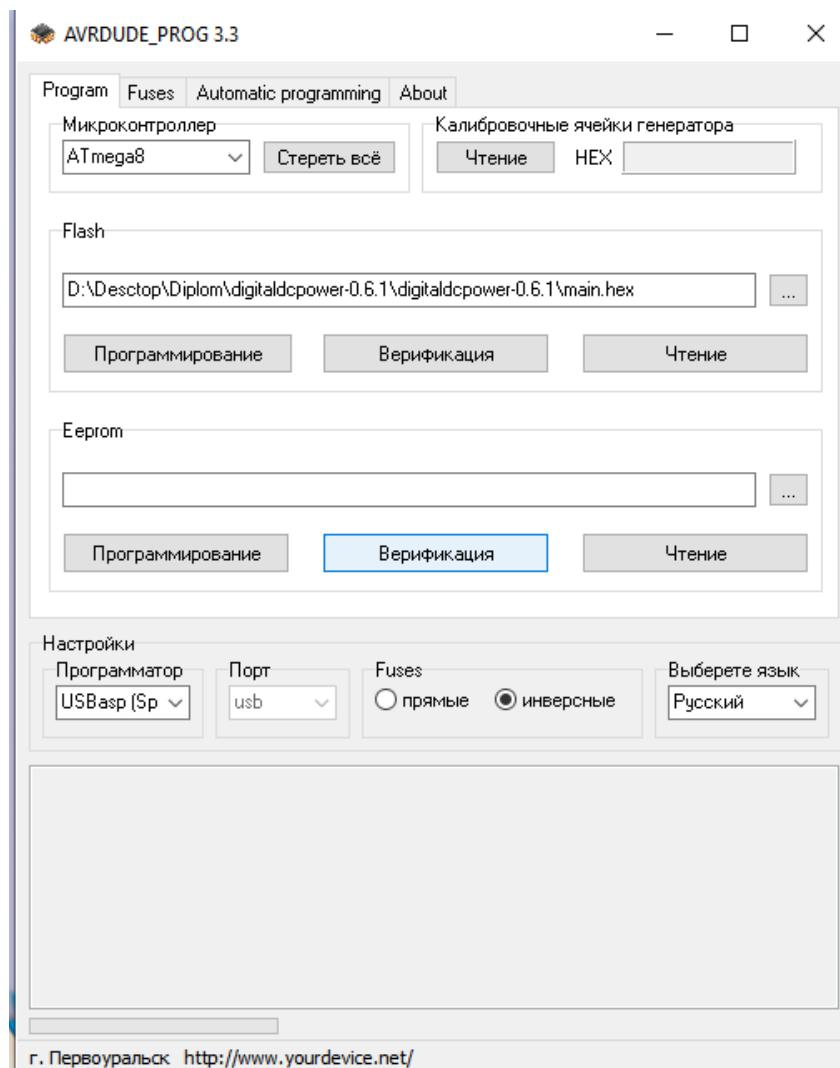


Рис. 2.6 Интерфейс программы AVRDUDE

Популярна програма AVRDUDE_PROG 3.3 спеціально розроблена для програмування мікроконтролерів AVR ATmega та ATtiny:

До переваг цієї програми належать:

1. Можливість додавання програматорів, регулювання швидкості програмування тощо;
2. МК можна додавати самостійно;
3. Редагувати та регулювати положення фіюзів;
4. Перемикач положення фіюзів в зворотному або прямому положенні;
5. Вікно для виведення значення положення фіюзів у форматі HEX;
6. Збережіть налаштування програмування при закритті програми, тобто при повторному відкритті всі налаштування будуть відновлені.

Програму AVRDUDE_PROG створив Сергій Боднар.

Остання версія програми AVRDUDE_PROG-3.3, з якої завжди можливо відвідати веб-сайт розробника та завантажити нову версію.

Програма дуже проста у використанні, має хороший перекладений, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, підтримує безліч різних програматорів і майже всі мікроконтролери ATmega та ATtiny. Важливо також, що можливо самостійно змінити програму, додати програматори, мікроконтролери, змінити певні налаштування (весь вміст детально пояснюється на веб-сайті розробника).

Програму не потрібно встановлювати на комп'ютері, потрібно лише розпакувати завантажений файл, і ви можете негайно розпочати роботу, вона підтримує всі версії Windows - від XP до 10.

2.5 USBASP

USB ASP - найдешевший програматор контролерів AVR, який можна знайти на ринку,

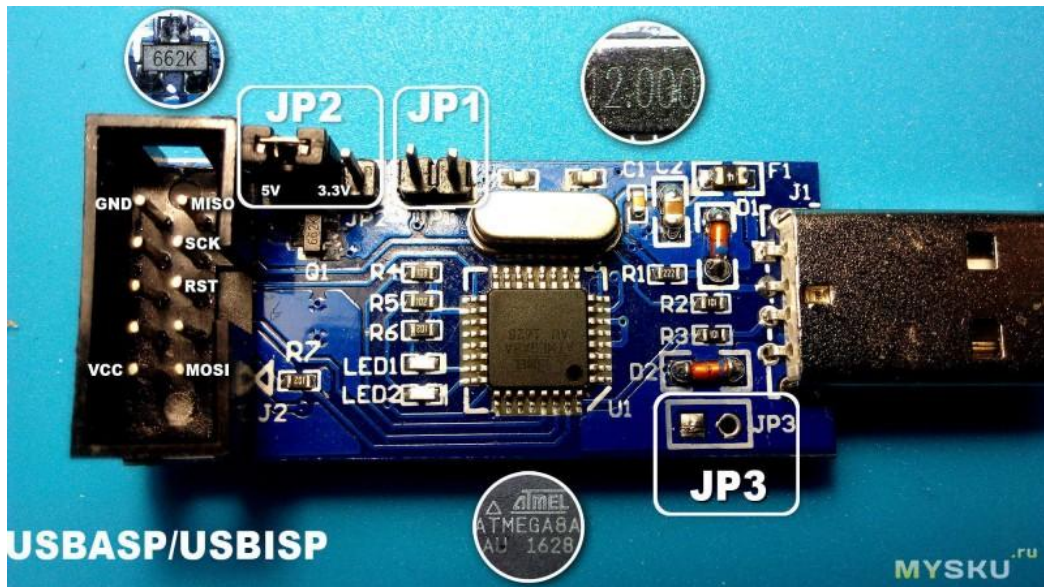


Рис. 2.7 Програматор USBASP

Звичайно, ви можете використовувати Arduino UNO із скетчем ArduinoISP, але це не зручно, особливо коли UNO є лише одним, суєта щодо проводів відбиває весь інтерес щось програмувати. З двома такими програматорами простіше. Є дві причини:

- 1) Якість пайки цих пристроїв доволі специфічна, а деякі навіть мають колоті стабілітрони.
- 2) Також можна шити програматор, переставивши перемички на одному із пристроїв.

Функціями програматора USBAsp є:

- Можливість роботи на різних платформах. (Linux, Mac OS X та Windows)
- Не потрібні інші контролери та компоненти SMD. Для спілкування з USB-портом користувач використовує спеціальний USB-драйвер, реалізований в мікропрограмі мікроконтролера.
- Швидкість програмування до 5 кбіт / с.
- Опція SCK може підтримувати низькочастотні мікроконтролери (<1,5 МГц).



Рис. 2.8 Прошивання мікроконтролера через програматор

Готова схема виглядає ось так.

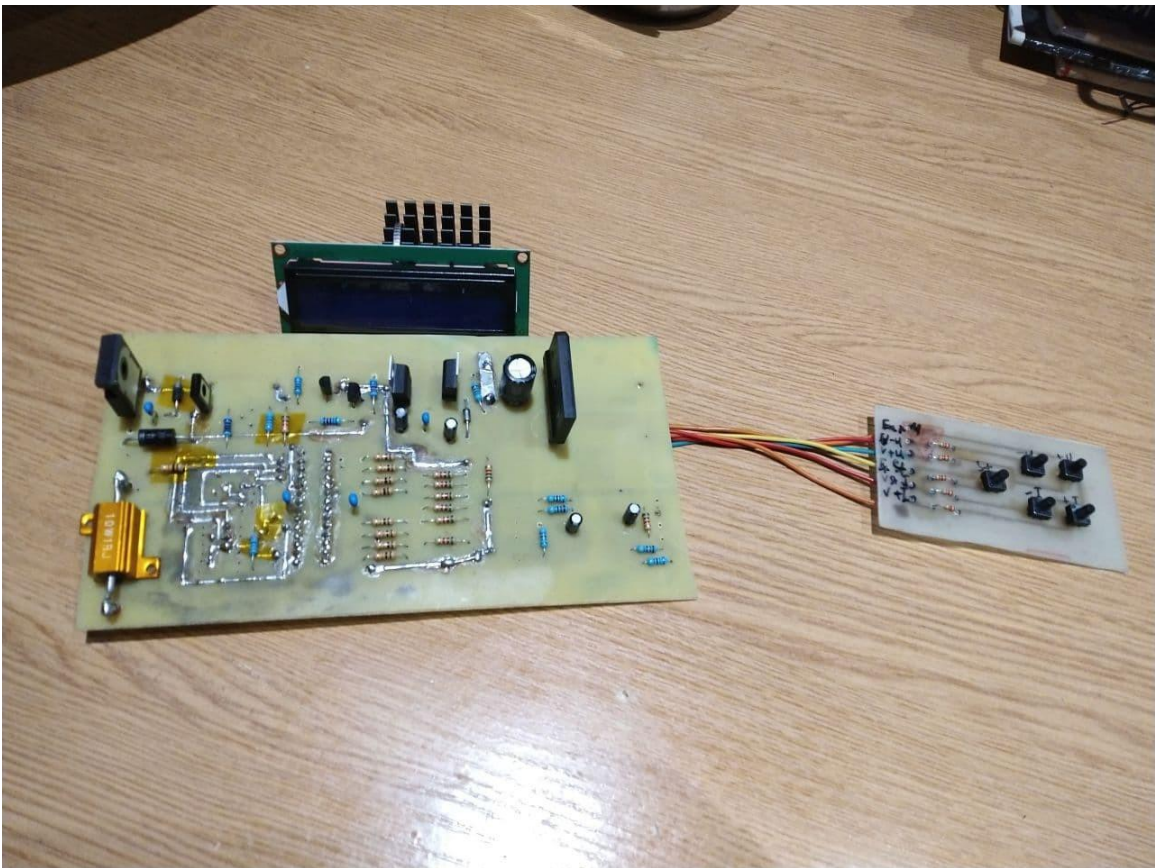


Рис. 2.9 Готовий прилад без корпусу

ВИСНОВКИ

Для віддалених лабораторій більшість експериментальних установок повинні бути забезпечені надійним і стабільним джерелом живлення, яке забезпечує як традиційне місцеве управління, так і дистанційне управління. Пульт дистанційного керування може бути реалізований за допомогою локальної мережі закладу або глобальної мережі Інтернет.

Процес проектування джерела живлення в програмному середовищі Proteus демонструє, що використання спеціалізованих САПР кардинально змінює та покращує інноваційний замкнутий цикл створення нових електронних лабораторних приладів.

Згідно з даними моделювання в програмному симуляторі Proteus, було показано, що більшість завдань, які традиційно реалізуються за допомогою аналогового операційного підсилювача, також можуть бути реалізовані за допомогою цифрових компонентів (мікроконтролера). Встановлено, що архітектура мікроконтролера може бути зручною а також ефективним механізмом управління елементами лінійних джерел живлення.

Рішення схем для лабораторних робіт на багатьох інженерних спеціальних курсах, включаючи "Комп'ютерну логіку", "Цифрову схему", "Мікропроцесорна техніка", "Периферія" та інші, можуть бути успішно розроблені за допомогою систем САПР, таких як Proteus, MultiSim та Sprint-Layout.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. .ATmega328P". Retrieved 2016-07-14.
2. Atmel 8-bit AVR Microcontrollers ATmega328/P Datasheet Complete" (PDF). Retrieved 2016-07-14.
3. MegaAVR Microcontrollers". Atmel. Retrieved 2016-07-14.
4. Ідеї щодо перемикача полярності, функції макрозпису та відтворення. Проф. Necmi Serin, 2009.
5. Treenor, Alan. Practical AVR Microcontrollers: Games, Gadgets, and Home Automation with the Microcontroller Used in the Arduino. — Apress, 2012. — 416 с. — (Technology in Action). — ISBN 978-1430244462.
6. Williams, Elliot. Make: AVR Programming. — Maker Media, Inc, 2014. — 472 с. — ISBN 978-1449355784.
7. Serial Port Complete: COM Ports, USB Virtual COM Ports, and Ports for Embedded Systems; 2nd Edition; Jan Axelson; Lakeview Research; 380 pages; 2007; ISBN 978-1-931-44806-2.
8. Serial Port Complete: Programming and Circuits for RS-232 and RS-485 Links and Networks; 1st Edition; Jan Axelson; Lakeview Research; 306 pages; 1998; ISBN 978-0-965-08192-4.
9. Serial port and Microcontrollers: Principles, Circuits, and Source Codes; 1st Edition; Grzegorz Niemirowski; CreateSpace; 414 pages; 2013;
10. Birnbaum, M. Essential Electronic Design Automation (EDA). — Prentice Hall PTR/Pearson Education, 2003. — 234 p. — ISBN 9780131828292.
11. Wang, L.T. and Chang, Y.W. and Cheng, K.T. Electronic Design Automation: Synthesis, Verification, and Test. — Elsevier Science, 2009. — 972 p. — ISBN 9780080922003.
12. Louis Scheffer, Luciano Lavagno, Grant Martin. EDA for IC System Design, Verification, and Testing. — CRC Press, 2006. — 544 с. — ISBN 0849379237.

13. Global \$11 Billion Electronic Design Automation Market 2018-2022: Rising Adoption of SoC Technology - ResearchAndMarkets.com
14. Гребнев А. К., Гридин В. Н., Дмитриев В. П. Оптоэлектронные элементы и устройства / Под. ред. Ю. В. Гуляева. — М.: Радио и связь, 1998. — 336 с. — ISBN 5-256-01385-8.
15. Розеншер, Э., Винтер, Б. Оптоэлектроника = Optoélectronique / Пер. с фр.. — М.: Техносфера, 2004. — 592 с. — ISBN 5-94836-031-8.
16. М.Б Лебедев «CodeVision AVR. Пособие для начинающих», Издательство: Додэка XXI, ISBN 978-5-94120-248-5, 2010 г.
17. Atmel 8-bit AVR Microcontrollers ATmega328/P Datasheet Summary" (PDF). June 2016. Retrieved 2016-07-
[http://en.wikipedia.org/wiki/Crowbar_\(circuit\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Crowbar_(circuit))
18. Proteus VSM Suite v7.4 SP3. Labcenter Electronics, 2009.
<http://www.labcenter.co.uk/>
19. IBM Rational Rose Enterprise v2003.06 r15 . IBM, 2008 рік.
<http://www.ibm.com/software/rational/rose>
20. Atmel AVR Studio v4.16 . Корпорація Atmel, 2009 рік.
<http://www.atmel.com/products/AVR/>
21. WinAVR v2009.03.13. Проект WinAVR, 2009 рік.
<http://winavr.sourceforge.net/>
22. Microsoft Visual Studio 2008 SP1 . Корпорація Майкрософт, 2009 рік.
<http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkId=88616>
23. Базова цифрова регуляторна схема, Гідо Сохер, 2005.
<http://www.linuxfocus.org/English/September2005/article389.sht>
24. C++ для микроконтроллеров - разведка боем, 2017
<http://proiot.ru/blog/posts/2017/03/20/s-18-dlia-mikrokontrollerov-razvedka-boem/>
25. Пишем код на СИ. Зажигаем светодиод, 2016
<https://narodstream.ru/avr-urok-3-pishem-kod-na-si-zazhigaem-svetodi/>

ДОДАТКИ

Програма основна:

```
#include <avr/io.h>
#include <inttypes.h>
#include <avr/interrupt.h>
#define F_CPU 8000000UL // 8 MHz
#include <util/delay.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <avr/eeprom.h>
#include "lcd.h"
#include "dac.h"
#include "kbd.h"
#include "uart.h"
#include "analog.h"
#include "hardware_settings.h"

#define SWVERSION "ver: ddcp-0.6.1"
#define LEDOFF PORTD|=(1<<PORTD0)
#define LEDON PORTD&=~(1<<PORTD0)
#define LEDISOFF PORTD&(1<<PORTD0)
static int16_t measured_val[2]={0,0};
static int16_t set_val[2];
static int16_t set_val_adcUnits[2];
static uint8_t bpress=0;
#define UARTSTRLEN 8
static char uartstr[UARTSTRLEN+1];
```

```

static uint8_t uartstrpos=0;
static uint8_t uart_has_one_line=0;
void delay_ms_uartcheck(uint8_t ms)
{
    while(ms){
        _delay_ms(0.85);
        if(uart_has_one_line==0&&uart_getchar_noblock(&uartstr[uartstrpos])){
            uart_sendchar(uartstr[uartstrpos]);
            if (uartstr[uartstrpos]=='\n'||uartstr[uartstrpos]=='\r'){
                uartstr[uartstrpos]='\0';
                uart_has_one_line=1;
                uart_sendchar('\n');
            }
            uartstrpos++;
            if (uartstrpos>UARTSTRLEN){
                uart_sendstr_P("\r\nERROR\r\n");
                uartstrpos=0;
                uartstr[uartstrpos]='\0';
                uart_has_one_line=1;
            }
        }
        ms--;
    }
}

```

```

static void int_to_dispstr(uint16_t inum, char *outbuf, int8_t decimalpoint_pos){
    int8_t i, j;
    char chbuf[8];
    itoa(inum, chbuf, 10);
    i = strlen(chbuf);
    if (i > 3) i = 3;
    strcpy(outbuf, " 0");
    if (decimalpoint_pos == 1) strcpy(outbuf, " 0.0");
    if (decimalpoint_pos == 2) strcpy(outbuf, "0.00");
    j = 4;
    while(i){
        outbuf[j-1] = chbuf[i-1];
        i--;
        j--;
        if (j == 4 - decimalpoint_pos){
            j--;
        }
    }
}

static int16_t disp_u_to_adc(int16_t disp){
    return((int16_t)(((float)disp * 204.7) / (ADC_REF * U_DIVIDER)));
}

static int16_t disp_i_to_u_adc_offset(int16_t disp){
    return(disp_u_to_adc(disp/12));
}

static int16_t adc_u_to_disp(int16_t adcunits, int16_t disp_i_val){
    int16_t adcdrop;

```

```

adcdrop=disp_i_to_u_adc_offset(disp_i_val);
if (adcunits < adcdrop){
    return(0);
}
adcunits=adcunits-adcdrop;
return((int16_t)((((float)adcunits /204.7)* ADC_REF * U_DIVIDER)+0.5));
}

static int16_t disp_i_to_adc(int16_t disp){
    return((int16_t) (((disp * 10.23)* I_RESISTOR) / ADC_REF));
}

static int16_t adc_i_to_disp(int16_t adcunits){
    return((int16_t) (((float)adcunits* ADC_REF)/(10.23 *
I_RESISTOR)+0.5));
}

static void store_permanent(void){
    int16_t tmp;
    uint8_t changeflag=1;
    lcd_clrscr();
    if (eeprom_read_byte((uint8_t *)0x0) == 19){
        changeflag=0;
        tmp=eeprom_read_word((uint16_t *)0x04);
        if (tmp != set_val[1]){
            changeflag=1;
        }
        tmp=eeprom_read_word((uint16_t *)0x02);
        if (tmp != set_val[0]){
            changeflag=1;
        }
    }
}

```

```

        }
    }
    if (changeflag){
        lcd_puts_P("setting stored");
        eeprom_write_byte((uint8_t *)0x0,19);
        eeprom_write_word((uint16_t *)0x02,set_val[0]);
        eeprom_write_word((uint16_t *)0x04,set_val[1]);
    }else{
        if (bpress> 2){
            lcd_puts_P(SWVERSION);
            lcd_gotoxy(0,1);
            lcd_puts_P("tuxgraphics.org");
        }else{
            lcd_puts_P("already stored");
        }
    }
    delay_ms_uartcheck(200);
}

static uint8_t check_buttons(void){
    char buf[21];
    if (uart_has_one_line){
        int_to_dispstr(measured_val[1],buf,1);
        uart_sendstr(buf);
        uart_sendchar('V');
        uart_sendchar(' ');
        uart_sendchar '[';
        int_to_dispstr(set_val[1],buf,1);
    }
}

```

```

        uart_sendstr(buf);
        uart_sendchar(']');
        uart_sendchar(',');
        uart_sendchar(' ');
        int_to_dispstr(measured_val[0],buf,2);
        uart_sendstr(buf);
        uart_sendchar('A');
        uart_sendchar(' ');
        uart_sendchar '[';
        int_to_dispstr(set_val[0],buf,2);
        uart_sendstr(buf);
        uart_sendchar(']');
        uart_sendchar(' ');
        if (is_current_limit()){
            uart_sendchar('I');
        }else{
            uart_sendchar('U');
        }
        uart_sendchar('>');
        uart_has_one_line=0;
        uartstrpos=0;
    }
    if (check_u_button(&(set_val[1]))){
        if(set_val[1]>U_MAX){
            set_val[1]=U_MAX;
        }
    }
    return(1);

```

```

    }
    if (check_i_button(&(set_val[0]))) {
        if (set_val[0] > I_MAX) {
            set_val[0] = I_MAX;
        }
        return(1);
    }
    if (check_store_button()) {
        store_permanent();
        return(2);
    };
    return(0);
}

int main(void)
{
    char out_buf[21];
    uint8_t i=0;
    uint8_t ilimit=0;
    init_dac();
    lcd_init();
    init_kbd();
    set_val[0]=15;set_val[1]=50;
    if (eeprom_read_byte((uint8_t *)0x0) == 19) {
        set_val[1]=eeprom_read_word((uint16_t *)0x04);
        set_val[0]=eeprom_read_word((uint16_t *)0x02);
    }
    uart_init();

```

```

sei();

init_analog();

while (1) {
    i++;
    if (i==50){
        lcd_reset();
        i=0;
    }
    lcd_home();
    measured_val[0]=adc_i_to_disp(getanalogresult(0));
    set_val_adcUnits[0]=disp_i_to_adc(set_val[0]);
    set_target_adc_val(0,set_val_adcUnits[0]);
    measured_val[1]=adc_u_to_disp(getanalogresult(1),measured_val[0]);
    set_val_adcUnits[1]=disp_u_to_adc(set_val[1])+disp_i_to_u_adc_offset(measured_val[0]);
    set_target_adc_val(1,set_val_adcUnits[1]);
    ilimit=is_current_limit();
#ifdef DEBUGDISP
    itoa(getanalogresult(1),out_buf,10);
#else
    int_to_dispstr(measured_val[1],out_buf,1);
#endif
    lcd_puts(out_buf);
    lcd_puts("V [");
#ifdef DEBUGDISP
    itoa(set_val_adcUnits[1],out_buf,10);
#else

```

```

        int_to_dispstr(set_val[1],out_buf,1);
#endif

    lcd_puts(out_buf);
    lcd_putc(']');
    if (!ilimit){
        lcd_puts("<- ");
    }else{
        lcd_puts(" ");
    }

    lcd_gotoxy(0,1);
#ifdef DEBUGDISP
    itoa(getanalogresult(0),out_buf,10);
#else
    int_to_dispstr(measured_val[0],out_buf,2);
#endif

    lcd_puts(out_buf);
    lcd_puts("A [");
#ifdef DEBUGDISP
    itoa(set_val_adcUnits[0],out_buf,10);
#else
    int_to_dispstr(set_val[0],out_buf,2);
#endif

    lcd_puts(out_buf);
    lcd_putc(']');
    if (ilimit){
        lcd_puts("<- ");
    }

```

```

    }else{
        lcd_puts(" ");
    }
    if (check_buttons()==0){
        delay_ms_uartcheck(20);
        bpress=0;
        if (check_buttons()==0){
            delay_ms_uartcheck(20);
        }else{
            bpress++;
            delay_ms_uartcheck(180);
        }
    }else{
        if (bpress > 10){
            delay_ms_uartcheck(30);
        }else{
            bpress++;
            delay_ms_uartcheck(180);
        }
    }
}
return(0);
}

```

Програма для тестування дисплею:

```
#include <avr/io.h>
```

```
#include <inttypes.h>
```

```
#define F_CPU 8000000UL // 8 MHz
```

```
#include <util/delay.h>
```

```
#include "lcd.h"
```

```
#include "kbd.h"
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
#include <string.h>
```

```
void delay_ms(uint16_t ms)
```

```
{
```

```
    while(ms){
```

```
        _delay_ms(0.96);
```

```
        ms--;
```

```
    }
```

```
}
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    int16_t cnt;
```

```
    uint8_t i=0;
```

```
    lcd_init();
```

```
    lcd_clrscr();
```

```
    lcd_puts("LCD works");
```

```
init_kbd();

delay_ms(500);

while (1) {

    i++;

    cnt=1;

    check_u_button(&cnt);

    if (cnt>1){

        lcd_clrscr();

        lcd_puts_P("U+ pressed");

        i=0;

    }

    if (cnt<1){

        lcd_clrscr();

        lcd_puts_P("U- pressed");

        i=0;

    }

    cnt=1;

    check_i_button(&cnt);

    if (cnt>1){

        lcd_clrscr();

        lcd_puts_P("I+ pressed");

        i=0;
```

```
}  
  
if (cnt<1){  
    lcd_clrscr();  
    lcd_puts_P("I- pressed");  
    i=0;  
}  
  
if (check_store_button()){  
    lcd_clrscr();  
    lcd_puts_P("store");  
    lcd_gotoxy(0,1);  
    lcd_puts_P("pressed");  
    i=0;  
}  
  
delay_ms(10);  
  
if (i>150){  
    lcd_clrscr();  
    lcd_puts_P("press");  
    lcd_gotoxy(0,1);  
    lcd_puts_P("a button");  
    i=0;  
}
```

```
    }  
    return(0);  
}
```