

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук
Кафедра електроніки і енергетики

Ethernet тестер на мікроконтролері Atmega 16A

Дипломна робота

Рівень вищої освіти - перший (бакалавр)

Виконав:

студент 4 курсу, групи 433

спеціальності 153– “Мікро-та
наносистемна техніка”

Станішевський Володимир Васильович

Керівник : кандидат ф-м наук,

Нічий Сергій Васильович

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри № ____

від „____” _____ 2022 р.

зав. кафедри _____ проф. Майструк Е.В.

Чернівці – 2022

**Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича**

**Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук
Кафедра електроніки і енергетики**

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
Ethernet тестер на мікроконтролері Atmega 16A**

Виконав:

студент 4 курсу, групи 433

спеціальності 153– “Мікро-та
наносистемна техніка”

Станішевський Володимир Васильович

Керівник : кандидат ф-м наук,

Нічий Сергій Васильович

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри № ____

від „__” _____ 2022 р.

зав. кафедри _____ проф. Майструк Е.В.

Анотація

Тема представленої дипломної роботи «Ethernet тестер на мікроконтролері Atmega 16A» .

Метою дипломної роботи було розробка та виготовлення пристрою для перевірки мережевого кабелю типу вита пара та подальшого виводу отриманих даних на дисплей пристрою. Під час розробки тестеру було виготовлено друковану плату, надруковано корпус та написане програмне забезпечення.

Дипломна робота поділена на дві частини. В першій частині розглянуто теоретичну частину та огляд подібних пристроїв. В другій частині описано створення та тестування пристрою. Також додано фотографії що до процесу створення та роботи пристрою.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					название работы	Літ.	Арк.	Акрушів
Розробив								
Перевірів					організація			

Зміст

- Вступ
- Розділ 1. Характеристики LAN ліній і засоби діагностики.
 - 1.1 Призначення та характеристики LAN ліній.
 - 1.2 Огляд засобів діагностики LAN
 - 1.3 Компоненти автоматизацій вимірювальних процесів.
- Розділ 2. Конструктив тестера LAN.
 - 2.1 Блок схема та алгоритм роботи.
 - 2.2 Принципова електрична схема.
 - 2.3 Опис програмного забезпечення.
 - 2.4 Тестування пристрою.
 - 2.5 Розрахунок собівартості виготовлення тестера
- Висновки
- Література
- Додаток. Техніка безпеки.

Вступ

Проблема тестування локальної мережі актуальна завжди, будь то нова мережа чи та яка вже використовується. Тому є потреба мати під рукою інструмент для діагностики. Сам по собі процес перевірки мережі дуже серйозний і включає багато пунктів. Це і перевірка на наявність механічних пошкоджень мережевих ліній, типу комутаторів, перевірку цілісності даних, що передаються, пропускну можливість і надійність. Все це необхідно ретельно перевіряти через те, що сучасні системи, дуже примхливі до якості свого виконання. Навіть маючи дуже якісні компоненти можна зібрати мережу яка буде далека від ідеалу і не буде відрізнятися особливою надійністю.

Сучасний світ став дуже тісно пов'язаний з глобальною мережею інтернет і для забезпечення безперебійної роботи глобальної мережі виділяють величезні засоби та сили. Існує маса інструментів (фізичних та програмних) для підтримки мережі у працездатному стані. Актуальність усіх цих інструментів зберігатиметься доти, доки буде актуальна сама глобальна мережа, а з огляду на темпи зростання очевидно, що актуальність збережеться ще дуже довго.

Інструментів для діагностики Ethernet ліній є безліч, вони суттєво відрізняються як функціоналом так і за ціновим діапазоном.

Зазвичай найдешевші Ethernet тестери мають можливість перевірки тільки на цілісність кабелю що вносить певні обмеження в тестуванні. А використання тестерів професійного рівня не завжди є виправданим через їх вартість та кількість функціоналу який приблизно в 90% випадків не використовується. В більшості випадків необхідно провести перевірку фізичної цілісності лінії та дистанції до її обриву.

Розділ 1. Характеристики ліній Ethernet і засоби діагностики.

1.1 Призначення та характеристики ліній Ethernet.

Інститут інженерів електротехніки та електроніки (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) визначає Ethernet як сімейство технологій пакетної передачі даних групи 802.3.

Ethernet належить до побудови локальних мереж LAN (Local Area Network). Вдома на телевізорі, ігровій приставці, ноутбуці або в офісі, на IP-телефоні або робочому ПК ми бачимо цей порт з назвою LAN. А якщо взяти в руки роутер, то на ньому взагалі буде не тільки LAN, а й WAN. Терміни LAN та WAN це спроби класифікувати комп'ютерні мережі в залежності від масштабу та принципу організації. Масштаб та принцип - це два ключі до розуміння будь-якого з термінів.

LAN - Local Area Network або ЛОМ локальна обчислювальна мережа. Вона буває домашня на 5-6 осіб, а буває офісна на 50 осіб. LAN покриває невелику зону: квартиру, приміщення, кілька поверхів або будинок. У контексті домашнього використання, в LAN порти роутера підключаються пристрої користувача: комп'ютери, ноутбуки, телевізори, ігрові консолі, та інша домашня техніка, якій для стабільної роботи бажано підключатися до мережі через кабель. А з погляду корпоративного використання, в LAN знаходяться робочі станції співробітників, принтери, сканери та сервери.

В офісній мережі існує безліч локальних мереж, які, як правило, розподіляють за призначенням: окремий LAN для бухгалтерії, свій LAN для продажу, операційного департаменту, окрему мережу роблять для принтерів та серверів.

Для простоти в корпоративних мережах системні адміністратори створюють VLAN (Virtual Local Area Network) або так звані віртуальні локальні мережі, які дозволяють на одному фізичному порту роутера створити кілька віртуальних локальних мереж одразу.

У термінах семирівневої моделі OSI стандарт Ethernet знаходиться на першому і на другому рівнях. На першому рівні описані способи передачі

електричних, оптичних та бездротових сигналів, а на другому формування кадрів (frames). Тут ми робимо важливий висновок: Ethernet - це стандарт, що описує методи передачі фізичних сигналів на першому рівні моделі OSI і формат кадрів на другому рівні моделі OSI всередині локальних мереж (LAN).

Важливе уточнення: Ethernet відноситься тільки до провідних мереж з використанням мідних або оптоволоконних кабелів. Багатьом користувачам може здатися, що підключення по дроту це не сучасна технологія. На мою думку, ми ще не скоро відмовимося від дротового з'єднання, і ось чому:

Зараз для побудови Ethernet мереж найбільш популярний кабель UTP 5-ї категорії. Що означає UTP? Unshielded Twisted Pair, або перекладаючи українською мовою - неекранована кручена пара, її ще називають патч-корд. Саме його ми використовуємо, щоб підключити наш комп'ютер до Інтернету. Цей кабель складається з 8 скручених між собою дротів та штекера 8P8C, який помилково називають Rj-45. Їх відмінність вказана на Рис 1.11. Штекер RJ45 має на корпусі «ключ» який фізично не дасть підключити його в порт Ethernet.



Рис 1.11. Відмінність між 8P8C та RJ45 штекерами.

Кабель 5 категорії відмінно справляється зі швидкостями 10 Мбіт/с та 100 Мбіт/с. Для роботи з високошвидкісними стандартами знадобиться кабель категорії 5е або 6.

Технологія Ethernet була розроблена в 1970 і на самому початку, по дротах, передавались біти зі швидкістю лише 10 Мбіт/с. Згодом цього стало мало. Тому в 1995 році на світ з'явився стандарт Fast Ethernet, до якого ми так

звикли і який працює в більшості домашніх локальних мереж. Не важко здогадатися – його швидкість 100 Мбіт/с. Потім, завдяки технологічному "ривку", на світ з'явився Gigabit Ethernet, який підтримує підключення швидкістю 1000 Мбіт/с або 1 Гбіт/с, а за ним – стандарт 10 Gigabit Ethernet. Наразі триває робота над стандартом Терабіт Ethernet.

Потрібно сказати, що такі швидкості потрібні переважно провайдерам, датацентрам та іншим організаціям, яким важлива продуктивність, а не мобільність. Звичайним користувачам для перегляду відео або гри в онлайн ігри досить 100 Мб/с.

А тепер порівняємо стандарт Ethernet із бездротовими мережами. Розгортання локальної мережі на базі дротового підключення дорожче та складніше. Але є й переваги, почнемо з них:

- Wi-Fi передається по радіочастотах, а значить чутливий до перешкод та інтерференції сигналу. Коли у кожній квартири своя Wi-Fi мережа, то вони починають наводити один на одного перешкоди і через це часто страждає швидкість. У дротового підключення Ethernet перешкоди – не проблема.
- З точки зору безпеки при побудові офісної мережі теж виграє Ethernet. Wi-Fi мережа зазвичай доступна поза вашим офісом і будь-який бажаючий може спробувати до неї підключитися. Якщо вона недостатньо захищена, то зловмисники можуть отримати доступ до ресурсів мережі, перебуваючи, наприклад, у припаркованому на стоянці фургончику. У випадку з провідним підключенням, зловмиснику спочатку потрібно буде фізично подолати периметр вашої організації та охоронця, а потім ще знайти порт для підключення, а це набагато складніше.

Тобто якщо Ви:

- Організація та здійснюєте чутливі банківські транзакції, або у вас в офісі працює IP-телефонія – звичайно провідне підключення по Ethernet.

- Домашній користувач і грає в онлайн ігри, завантажує масивні файли, дивіться трансляції або займаєтесь майнінгом - теж краще використовувати підключення по Ethernet.

Тепер кілька слів про недоліки Ethernet:

- У домашній мережі досить просто підключити 1 кабель до порту вашого ПК і все працює. Тут вартість на відміну від домашньої Wi-Fi мережі складається лише з вартості кабелю. А якщо ви організація? Кабелів потрібно більше, до того ж 1 кабель це 1 порт на комутаторі. Відповідно, потрібно закуповувати велику кількість комутаторів доступу. Саме тому, інвестиції у провідні Ethernet мережі вищі, ніж у бездротові.
- Цей пункт, мабуть, важливий для дому. Нехай у вас стандартний домашній маршрутизатор: у ньому припустимо 5 портів. Ви вирішили по дроту підключити до нього: телевизор, ігрову приставку, ТВ - приставку, і два домашніх комп'ютери - ваші порти закінчилися. Якщо потрібно підключити ще девайси – то треба купувати додаткове обладнання. Такої проблеми Wi-Fi немає.
- С Ethernet ви жорстко зав'язані на довжині дроту. Вдома, якщо у вас "гарний" ремонт, кабелі заховані під плінтус. Тому, мобільності тут бути не може. З Wi-Fi можна легко підключати ноутбуки, планшети та мобільні телефони та гуляти по квартирі зі стабільним з'єднанням.

Ethernet – це стандарт, що описує підключення до локальних мереж через провід. При використанні його в будинку є користь тільки в більшій швидкості завантаження/віддачі, але Wi-Fi звичайно зручніше. В офісі кабелі часто застосовуються спільно з Wi-Fi. Проводи для комп'ютерів, IP-телефонів, принтерів та інших мережних пристроїв, а Wi-Fi для особистих девайсів співробітників.

1.2 Огляд засобів діагностики Ethernet ліній.

Проблеми в локальних мережах можуть вивести з ладу всю локальну мережу або її частину. Для того що б максимально швидко усунути несправність потрібно чітко визначити що саме є джерелом проблеми,

програмна частина чи апаратна. Якщо було встановлено що проблема апаратна то слід перейти до діагностики ліній Ethernet. В більшості випадків саме це займає більшість часу вирішення таких проблем.

Отже після того як було визначено що це апаратна проблема ліній, можна приступати до пошуку «знищеної ланки ланцюга» в мережі. В домашній мережі є модем або медіаконвертор, роутер, кабель, зазвичай категорії UTP 5, яким підключені, наприклад, комп'ютер, телевізор та ігрова приставка. Найпростіше що можна зробити, це просто замінити вірогідно несправний кабель на новий кабель. Це можливо відносно просто зробити в невеликій домашній мережі. Але на підприємствах, з великою площею, цей метод діагностики майже неможливий. Саме в таких випадках використовують спеціальні пристрої для діагностики такі як тестери та генератори тонів. Приклади цих приладів зображені на рис 1.21.



Рис. 1.21. Тестер та генератор тонів

Ці пристрої дозволяють на апаратному рівні продіагностувати мережу на фізичну цілісність. Керування та вивід інформації на таких приладах може трохи відрізнятися але їх функціонал залишається без змін.

- Тестер має можливість перевірки на якість обтискання кабелю в штекері 8P8C або в розетці за допомогою своєї пасивної частини яка повинна знаходитись на другому кінці кабелю, відповідно підключена до штекера

або в розетку, дізнатись чи підключений кабель на іншому кінці до якогось пристрою.

- Трасошукач має основний функціонал – пошук необхідного кабелю в «косі». В залежності від моделі додатково може бути тестер функціонал якого описано вище.

Для прикладу засобів та способів діагностики візьмемо прилади для сертифікації структурованої кабельної мережі (далі СКС) серії WireXpert 4500, 500 і 500+, прилади для кваліфікації швидкості ethernet NetXpert XG, серія простих кабельних тестерів CableMaster, мережеві тестери і найпростіші прилади для ідентифікації кабелю серії C4 LanXpert.

Переходимо до СКС, з чого вона складається. Якщо у нас є кілька офісних будівель і нам потрібно їх з'єднати то це 1-ша підсистема СКС називається магістральна кабельна система першого рівня (кампус). Це кабельна система між будинками будуються на оптоволокні. Залежно від необхідної довжини це може бути одномодове або багатомодове оптоволокно.

Всередині будівлі, поверхові розподільні пункти з'єднані переважно також оптичним волокном, одномодовим чи багатомодовим. Ця підсистема називається магістральною 2-го рівня, яка об'єднує поверхові розподільчі пункти.

Розведення по поверху це вже горизонтальна підсистема 3-го рівня. Вона будуються на основі крученої пари. Нас цікавить саме тестування кваліфікація та сертифікація підсистеми 3-го рівня, тобто поверхової розподільної системи.

Система складається з компонентів таких як кабель типу кручена пара, патч-корди, патч-панелі та розетки користувача. Існує кілька різновидів каналів. Одна з них це постійна лінія, від патч-панелі до розетки користувача.

Постійна лінія - це фіксоване з'єднання, яке не може бути змінене без якогось серйозного втручання. Постійна лінія може бути лише 2-х точкове, мати два з'єднувачі, наприклад розетку на початку та в кінці лінії, або мати посередині точку консолідації. Таким чином, маючи 3 з'єднання.

Якщо ми говоримо про постійну лінію, з підключеними з двох сторін патч-кордами, якими ми можемо проводити кросування, або підключати кінцеве обладнання користувача, то така лінія вже називатиметься каналом.

Тобто постійна лінія - це фіксоване з'єднання, а канал - це постійна лінія з урахуванням комутаційних шнурів з двох сторін.

Є три основні варіанти тестування горизонтальної системи СКС.

- **Перший це верифікація.** Це, досить просте тестування, грубо кажучи перевірка електричної цілісності обжатою кабелю. Верифікація не дає жодного поняття про швидкість передачі даних, чи може пройти трафік без помилок, це просто визначення цілісності дротів.
- **Другий це кваліфікація.** Кваліфікація швидкості Ethernet дозволяє підтвердити максимально можливу швидкість, яка може пройти по тій чи іншій лінії, загалом незалежно від компонентів, які ми використовували при будівництві цієї СКС. Просто перевіряється швидкість передачі реального трафіку між основним та активним віддаленим блоком вимірювального приладу.
- **Третій, найвищий клас тестування – це сертифікація.** Сертифікація проводиться на основі міжнародних американських або європейських стандартів і є найважливішим класичним приймально-здавальним виміром СКС. Сертифікація це єдиний тип вимірювання, який може підтвердити категорію або клас системи. При сертифікації проводиться дуже велика кількість низькочастотних та високочастотних вимірювань, а також розраховується багато параметрів які повинні бути надані у звіті.

До окремого класу тестування відносяться активний пошук та усунення несправностей. Це можуть бути проблеми з живленням по ethernet (PoE), вирішення типових проблем у мережі або тестування продуктивності мережі за методикою PRC-2544 із захопленням та розшифровкою трафіку. Багато тестових приладів можуть формувати професійні або не дуже звіти про виконану роботу.

Отже розберемо трохи докладніше про різновиди тестування та почнемо з найпростішого - верифікації. Верифікація насамперед служить визначенням електричної цілісності кабелю. Після обжимки кабелю з двох сторін роз'ємом 8P8C, з одного боку встановлюється тестер, а з іншого боку, в основному пасивна віддалена частина тестеру, для відображення сигналу. Таким чином на кожен з пінів 8P8C роз'єму подається напруга і ця напруга детектується віддаленою частиною і посилюється назад в тестер. Таким чином тестер розуміє що провідник цілий. Незалежно від категорії крученої пари, від якості закладення, якщо є електричний контакт, нехай навіть найслабший, такі прості тестери дадуть зрозуміти що з лінією все гаразд.

Складніші тестери для верифікації вже здатні визначати довжину ліній методом ємності. Наприклад хорошим представником приладів даного класу є CableMaster 500 (Рис. 1.22) з визначенням довжини лінії методом ємності.



Рис. 1.22. Тестер верифікації ліній Ethernet моделі CableMaster 500

Це вже значно більш спеціалізовані прилади, які можуть визначати довжину. Проте вимірювання ємності має свої недоліки. Ємність є тільки у розімкнутій парі проводів, а це означає, якщо кабель у нормальному стані і без коротких замикань то ми зможемо виміряти його довжину і відповідно

відстань до обриву кожної пари. Але якщо на кабелі буде коротке замикання, замкнутий шлейф не буде мати ємності, і такі тестери відповідно безкорисні для визначення відстані до короткого замикання.

Більш складні прилади мають методику визначення довжини лінії методом рефлектометрії. Наприклад, це CableMaster 600 зображений на рис. 1.23.

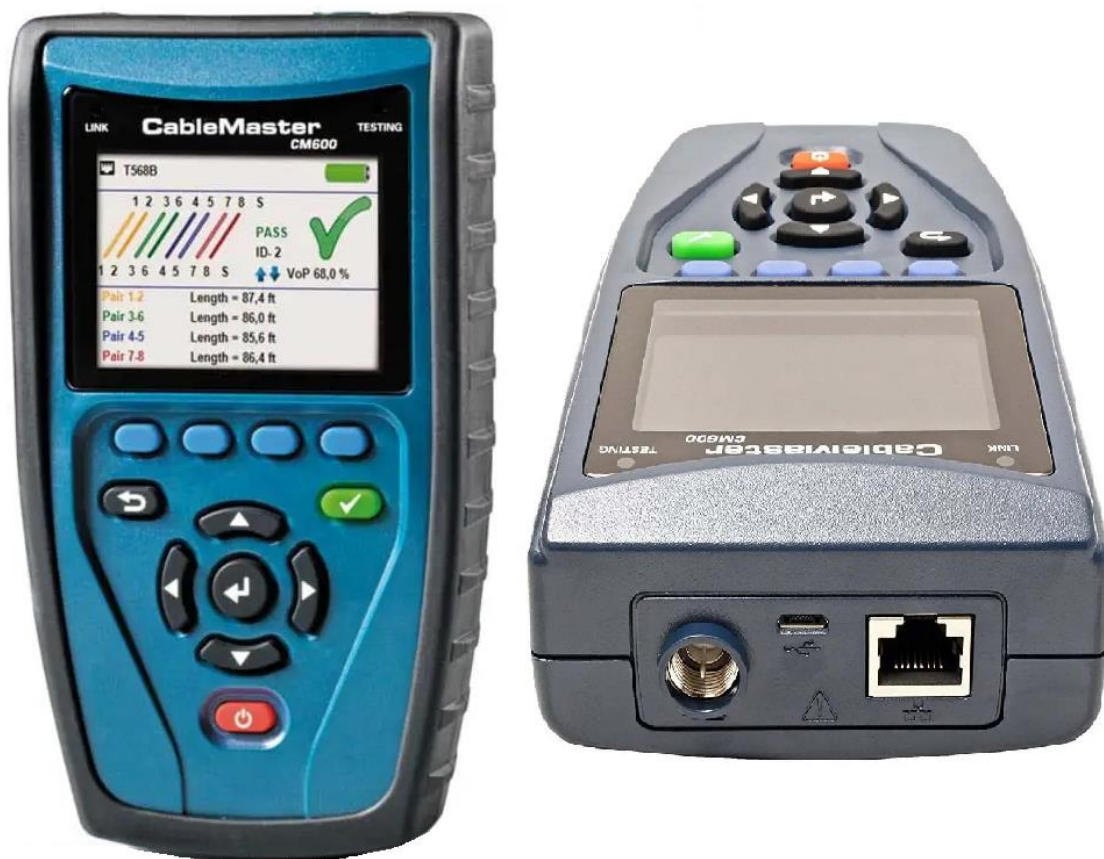


Рис. 1.23. Кабельний тестер CableMaster 600.

Ці прилади дозволяють вже не тільки виміряти відстань до обриву кабелю, але й відстань до короткого замикання в будь-якій точці кабельної лінії. Приклад як простий тестер в даному випадку, це CableMaster 200 відображає схему розведення і показує існуючі проблеми в з'єднанні зображено на рис.1.24.

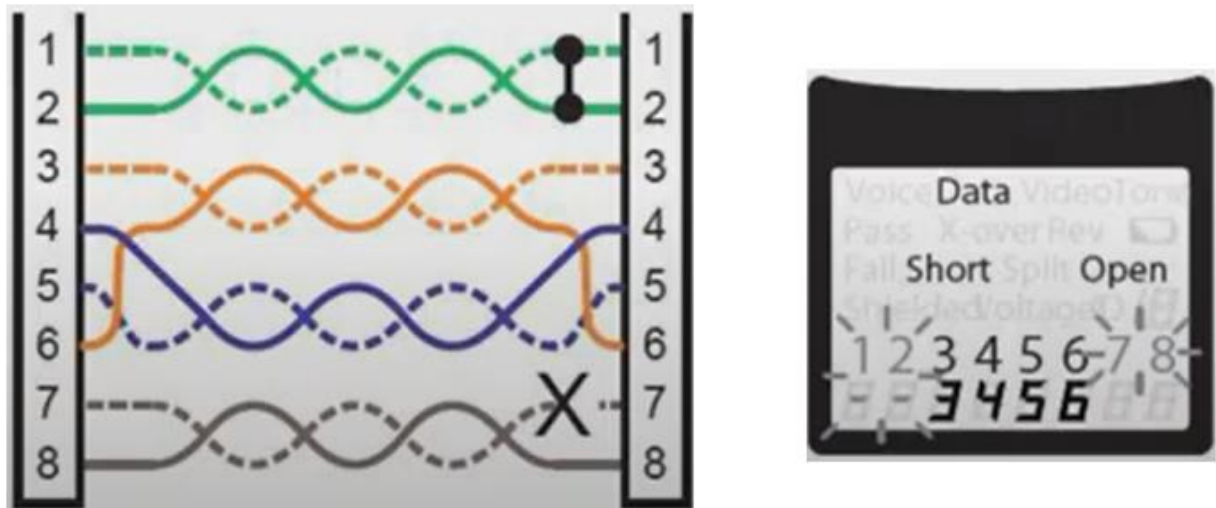


Рис. 1.24. Приклад зображення інформації на тестері CableMaster 200.

В даному випадку провідник 1 і 2 замкнутий і на екрані тестера вказано, що провідник 1 і 2 присутній зверху але відсутній у нижньому ряду цифр де стоять прочерки. Також виведено слово «Short» що означає замкнутий, тим самим тестер дає зрозуміти що він помітив коротке замикання. Провідник 7 обірваний, тестер символізує про це словом «Open», але на нижньому рядку вказано що провідників 7 і 8 немає. Цей ряд відповідає за дальній кінець лінії, який підключений до віддаленого блоку тестера. 8-й провідник не відображається, тому що прості пристрої не дозволяють побачити який саме провідник обірваний. Якщо є обрив одного провідника, прилади показують обрив всієї пари. У будь-якому випадку таке з'єднання необхідно переробляти, і не обов'язково знати який провід обірваний, головне що електрична цілісність порушена.

Більш складні прилади, такі як CableMaster 600 або CableMaster 800, також дозволяють визначити схему розведення роз'єму 8P8C і надати так звану схему "розпінування". Вони роблять це вже в зручному графічному форматі (Рис. 1.25). На дисплеї вказано по кольорах, як розташовані провідники. Це дає ясне уявлення чи пройшов тест. Ви можете налаштувати в ньому коефіцієнт VoP, це коефіцієнт поширення імпульсу, від якого безпосередньо буде залежати правильність визначення довжини кабелю. Крім того, такі пристрої

показують довжину всіх пар на одному екрані, це дає можливість побачити різницю не перемикаючись на інші екрани тестера.

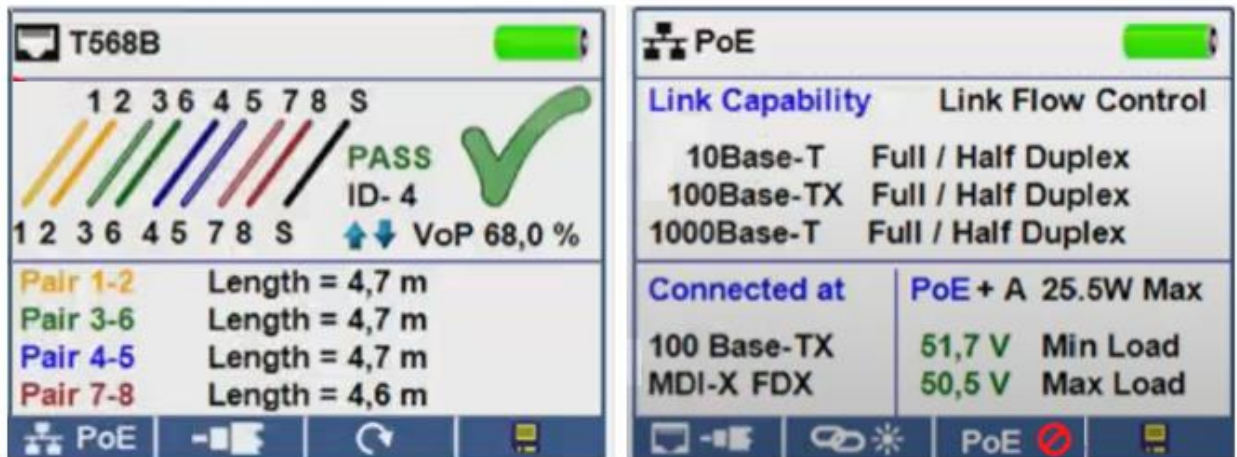


Рис. 1.25. Інтерфейс Ethernet тестера CableMaster 600.

Дуже великою перевагою такого обладнання є те, що ці пристрої дозволяють провести не дуже прості мережеві тести, такі як активне підключення до мережі Ethernet, прилад покаже тип сервісу, який передається по кабелю, тобто до якої швидкості порту підключений тестер. Також ці пристрої можуть відображати PoE з навантаженням та без. Тестування з навантаженням є дуже важливим, тому що недостатньо виміряти просто напругу або потужність наприкінці ліній, тому що якщо це буде зроблено мультиметром, а джерело живлення PoE буде активне, на мультиметр просто не буде подано напругу. Але навіть якщо напруга буде і буде просто просто виміряно її без навантаження пристрою, і коли туди реально буде підключено відеокамеру або телефон, то напруга може просісти. В такому випадку живлення може не вистачити для роботи цього пристрою. Дане обладнання, CableMaster 600, може вимірювати PoE з імітацією навантаження живлення що може дати точну відповідь, чи буде працювати обладнання на вимірюваній лінії.

Наступним класом є кваліфікація. Кваліфікація відповідає на запитання чи пройнуть по даній кабельній лінії дані на певній швидкості, чи то 10, 100 Мбіт або Гбіт. Один із представників таких тестерів для кваліфікації СКС є NetXpert XG2 (Рис. 1.26).



Рис. 1.26. Ethernet тестер для кваліфікації NetXpert XG2.

Це зовсім не простий прилад. Він складається з основного і віддаленого блоку, який є активним і в своїй роботі тестер передає реальні дані між основним і віддаленим блоком. У процесі тестування він визначає три найважливіші параметри. Окрім виміру довжини є можливість виміру:

- Відношення сигнал-шум;
- Кількість бітових помилок;
- Затримку поширення сигналу по різних парах.

І крім того тестер виводить числові значення цих параметрів у професійний звіт, який формується на базі самого тестера у формат PDF. Тобто ви можете зберегти звіт прямо з тестера, скориставшись флешкою.

Також є можливість тестувати PoE, шукати пошкодження, протестувати DHCP-сервер, провести «Ping» необхідної IP адреси, провести тестування «tracert» тобто маршруту проходження даних, є індикатор порту який змушує блимати порт на патч-панелі якщо ви хочете його знайти. Крім того

він декодує протоколи CDP і LLDP даючи нам уявлення про порт, до якого підключений кабель на патч панелі і дозволяє виявляти мережі VLAN.

Наступним пунктом є сертифікація СКС. Навіщо потрібна власна сертифікація? Це найвищий клас вимірювань, який може бути проведений в СКС, в ньому насамперед зацікавлений замовник, проте і інсталятор у тому числі. Сертифікація дозволяє визначити клас системи або категорію системи, якщо це американські стандарти, дозволяє провести дуже великий спектр випробувань ліній, завдяки якому ми можемо бути впевнені, що дані на певній частоті безперешкодно передаватимуться по ній. Тільки сертифікована кабельна система гарантує, що гроші, які вкладені в СКС, дійсно окупляться в майбутньому, що вони вкладені правильно і не витрачені даремно. Адже навіть на найдорожчих компонентах можна зробити дуже погану систему якщо не дотримуватися правил монтажу. Сертифікація проводиться з урахуванням світових стандартів, європейських чи американських. Стандарти існують для кабелю, для кабельних компонентів, окремі стандарти для змонтованої СКС, для інсталяції, для тестування, а також для кваліфікації кабельної лінії. Залежно від максимальної чистоти, яку ми можемо передати по кабелю, розрізняються категорії та класи систем. Тобто найвідоміші стандарти на основі яких проводяться сертифікації розроблені в США організації ISO, та європейські стандарти серії EN, хоча стандарти європейські та міжнародні майже повністю дублюють один одного повторюючи всі межі вимірювань. Від частоти передачі залежить швидкість передачі. Чим вище частота тим вище швидкість, але відповідно тим жорсткішими вимоги будуть пред'явлені для кожного параметра в кабельній системі. У чому ж різниця між категоріями та класами? У класичному європейському та міжнародному розумінні речей категорії відносяться до компонента тобто кабель може бути категорії 6, коннектор категорії 6, розетка або патч-панель. Клас характерний для змонтованої кабельної системи. Коли ми всі компоненти з'єднаємо воедино, тоді у нас виходить певний клас системи. Проте американські стандарти кажуть, що категорія застосовна і для компонентів і для змонтованої

системи, але це тільки в стандартах ANSI, якщо ми говоримо про ISO і EN, то категорія - це компонент, клас - це змонтована кабельна система.

Залежно від того на який клас ви хочете сертифікувати вашу систему, вимірювальний прилад повинен мати певний рівень точності. Наприклад, якщо ця категорія 5e, 6 або 6a вам достатньо сертифікованого пристрою з класом точності не вище 3 і це 500 МГц. Для більш високих класів, це клас 1 і 2, який зараз мало використовується, для таких тестувань необхідний вже вищий клас точності аж до 2G.

Таблиця 1. Категорії в залежності від сертифікацій та частот.

Частота/Ширина пропускання	ANSI/TIA 568.2-D (Компонент)	ANSI/TIA 568.2-D (Канал)	ISO/IEC 11801-1 (Компонент)	ISO/IEC 11801-1 (Канал)	ANSI/TIA 568.2-D та ISO/IEC 11801-1 (Точність виміру)
1-100 МГц	Категорія 5e	Категорія 5e	Категорія 5e	Клас D	Рівень IIe
1-250 МГц	Категорія 6e	Категорія 6e	Категорія 6	Клас E	Рівень III
1-500 МГц	Категорія 6a	Категорія 6a	Категорія 6a	Клас E-A	Рівень IIIe
1-600 МГц			Категорія 7	Клас F	Рівень IV
1-1000 МГц			Категорія 7a	Клас F-A	Рівень V
1-2000 МГц	Категорія 8	Категорія 8	Категорія 8.1 Категорія 8.2	Клас I Клас II	Рівень 2G (TIA)

З розвитком додатків, якими ми користуємося і зростанням швидкості необхідної для їх роботи, нам перестало вистачати старого кобеля категорії 5 і 5e. Ці системи вже не задовольняють потреби сучасного світу. Щоб пропустити більший частотний діапазон по лінії, переріз провідника має бути більшим, конструкція кабелю повинна бути кращою, застосовується екранування або фольгування окремих пар та кабелю загалом, тобто покращується вся конструкція кабелю. І ці поліпшення дають можливість передавати по кабельній лінії дедалі більший частотний діапазон від якого, власне, залежить швидкість. Тому від класу кабельної системи безпосередньо залежить потенційно можлива швидкість передачі даних, а сертифікація гарантує що, якщо кабельна система пройшла категорію яка дозволяє передати певну швидкість, ця швидкість дійсно буде підтримуватиметься цією системою завжди, поки її хтось природно, можливо навмисно, не зіпсує.

1.3 Компоненти автоматизації вимірювальних процесів.

Мікроконтролер Atmega 16A має вбудований АЦП на 8 каналів що ідеально підходить саме для цього проекту оскільки у роз'ємі 8P8C саме 8 контактів. Сам мікроконтролер має велику кількість функціональних виводів, що зображено на рис. 1.31.

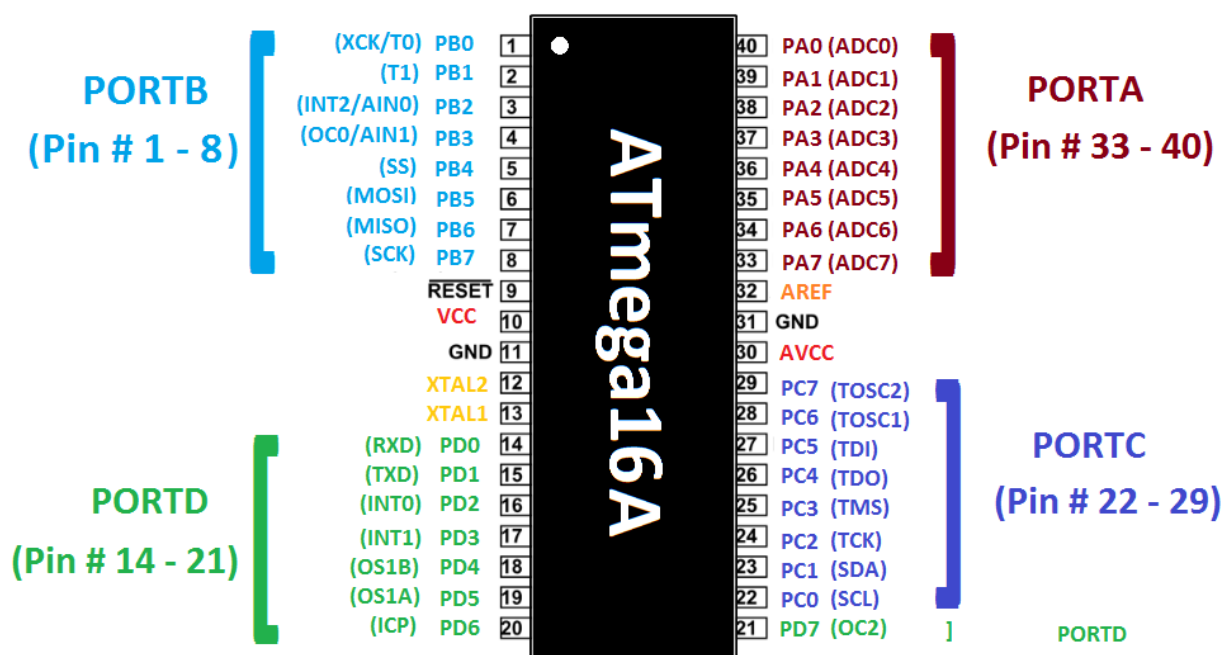


Рис. 1.31. Виводи Atmega 16A згруповані по портами.

Порт «А» мікроконтролера це виходи АЦП, порт «В» це виводи ISP та декількох службових функцій, порт «С» в моєму випадку використовується для відправки тестових сигналів на кабель який тестується і порт «D» використовується для виводу даних на дисплей серії HD44780.

Аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) використовується для перетворення аналогового сигналу, наприклад напруги, опору, ємності, в цифрову форму, щоб його можна було зчитувати та обробляти мікроконтролером. Більшість сучасних мікроконтролерів мають вбудовані АЦП перетворювачі. Також є можливість підключити зовнішній АЦП до будь-якого типу мікроконтролера. Перетворювачі АЦП зазвичай мають 10 або 12 біт.

Процес перетворення АЦП повинен бути запущений програмою користувача, і для завершення перетворення може знадобитися кілька сотень мікросекунд. Перетворювачі АЦП зазвичай генерують переривання після завершення перетворення, щоб програма користувача могла прочитати перетворені дані якомога швидше. АЦП-перетворювачі дуже корисні в програмах керування та моніторингу, оскільки більшість реальних датчиків (наприклад, датчик температури, датчик тиску, датчик сили тощо) виробляють аналогові вихідні напруги.

Дисплей HD44780 використовується для виводу інформації. Кожен символ на дисплеї складається з матриці 8 на 5 пікселів. Ці матриці згруповані по 16 штук в рядку і по 4 в колонці. Групою цих матриць керує контролер HD44780 який знаходиться безпосередньо на платі самого дисплею. В пам'яті контролера дисплею вже записані всі необхідні для виводу символи що значно зменшує навантаження на мікроконтролер. Для налаштування контрастності дисплею використовується підстроювальний резистор. В залежності від варіанту виконання також може бути підсвітка дисплею. Зазвичай для її стабільної роботи використовується струмообмежуючий резистор на 100Ом.

Розділ 2. Конструктив Ethernet тестера.

2.1 Блок схема та алгоритм роботи.

Тестер складається з двох частин:

- Сам тестер де і знаходиться МК Atmega-16A
- Блок опорів для підключення на другий кінець кабелю

Вся інформація виводиться з боку тестера на РК-дисплей моделі HD44780. Блок опорів - повністю пасивний. Структурна схема зображена на рис. 2.11.

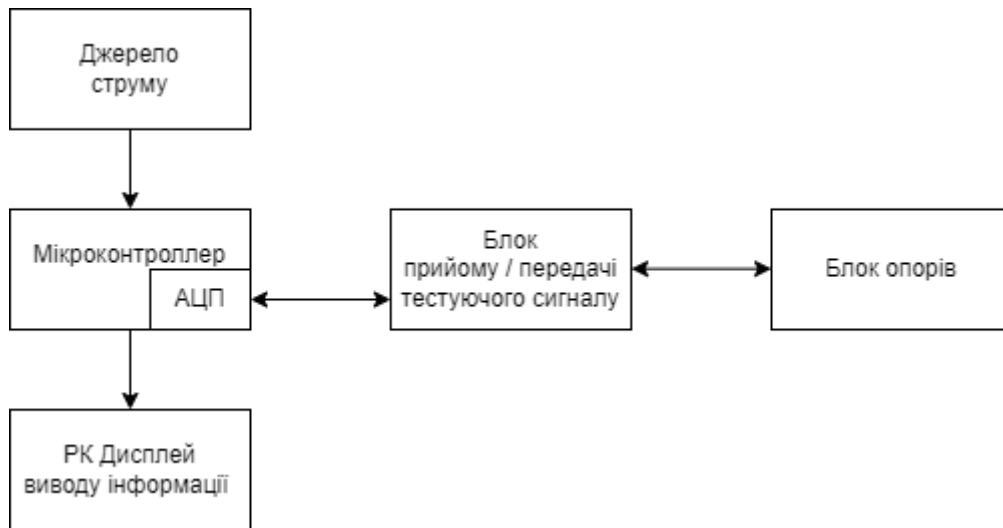


Рис. 2.11 Блок схема Ethernet тестера.

Тестер працює згідно поетапного алгоритму. загалом є 4 етапи які повторюються циклічно. Розглянемо по чергово кожен з них.

Етап 1. Початкові перевірки. Мікроконтролер перевіряє яке значення надходить на вивід PB2 мікроконтролера. Значення 0 означає що акумуляторна батарея розряджена про що буде повідомлено користувача виводом повідомлення. В разі якщо значення 1 то заряд батареї знаходиться в робочому діапазоні і можна проводити виміри.

Проходить перевірка чи не, чи не підключено до лінії яесь активне обладнання, наприклад блок живлення PoE. Всі керуючі лінії мікроконтролера, порт «С» переводимо режим Hi-Z і вимірюємо напругу на всіх лініях. Hi-Z це високоімпедансний режим необхідній, наприклад, для об'єднання виводів мікроконтролера та виходів другого. На лініях повинна бути близько нульова напруга. В іншому випадку ми розуміємо, що з іншого боку дроту підключено якийсь активний прилад а не відповідний блок опорів, відповідно далі продовжувати вимір немає сенсу. Натомість що б запобігти виходу з ладу тестера необхідно повідомити користувача що на лінії є напруга і необхідно негайно відключити кабель від цієї лінії.

Етап 2. Перевірка ліній на коротке замикання. На кожную з 8 ліній по чергово подаємо 5 В с порту «С» зберігаючи інші лінії в режимі Hi-Z. На інших лініях проводимо вимір напруги. Якщо на всіх лініях напруга близька

до нуля то дана лінія пройшла перевірку, якщо ж якісь з дротів замкнуті то при вимірі на них з'являється подані 5 В.

Етап 3. Аналіз схеми кросування. Після аналізу всіх ліній та відокремлення несправних після їх діагностики тестер перевіряє їх схему кросування. Саме тут використовується пасивна частина яка по суті являється блоком опорів. Тестер вимірює опори залишившихся ліній, нехай їх буде N , тобто тестування проходить в умовах $0 \leq N \leq 8$. Для пояснення виміру введемо певні позначення, а саме:

- R_{xy} це опір між лініями x та y ;
- R_x це номінал опору до якого підключена певна лінія тестованого дроту.

Отже, $R_{xy} = R_x + R_y$

Після проведення вимірів опору між лініями отримуємо систему лінійних рівнянь згідно яких і проводиться аналіз кросування. Тобто порівняв виміри ліній R_1, \dots, R_2 з заздалегідь відомими стає зрозуміла відповідність.

Для виміру опору на лінію X подається високий рівень а на лінію Y – низький. Інші лінії під час тестування залишаються в режимі Hi-Z. Вимір відбувається згідно схеми на рис. 2.12.

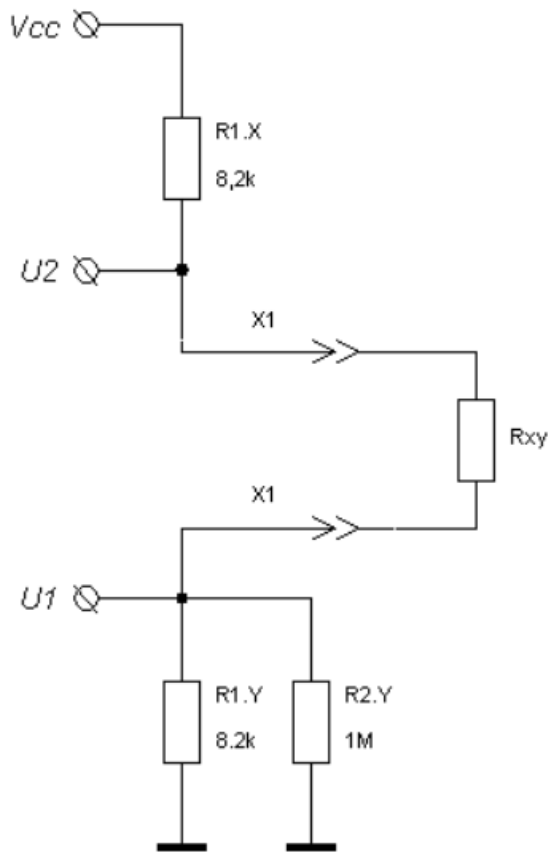


Рис. 2.12. Принципова схема виміру опору лінії за допомогою відповідного пасивного блоку опорів.

При падінні напруги на відомому опорі, створеним паралельним включенням $R1.Y$ та $R2.Y$ згідно схеми створює U_1 , а на невідомому R_{xy} падає $(U_2 - U_1)$.

Відповідно отримуємо $R_{xy} = (R_1 \parallel R_2) * (U_2 - U_1) / U_1$.

У разі якщо $N < 3$ вимір опору буде нереальний. Можливо провести тільки один вимір опору між лініями, в той час, як маємо дві невідомих лінії і опір підключений до кожної з них. Таким чином якщо маємо систему рівнянь в якій число рівнянь менше числа невідомих то така система рівнянь буде мати безкінечну кількість рішень. В такому випадку на дисплей буде виведена індикація “??????” тобто лінії справні але дізнатись їх схему кросування неможливо.

При $N=3$ існує лише один можливий варіант. Тобто провівши виміри всіх доступних опорів R_{12} , R_{13} та R_{23} буде отримана система рівнянь:

$$R1 + R2 = R12$$

$$R1 + R3 = R13$$

$$R2 + R3 = R23$$

з якої легко можна виразити що:

$$R1 = 1/2 * (R12 + R13 - R23)$$

$$R2 = R12 - R1$$

$$R3 = R13 - R1$$

При значеннях $N \ 4 \leq N \leq 8$ побудова системи рівнянь може бути реалізована багатьма способами, проводячи замір опорів R_{xy} .

Етап 4. Виявлення точки обриву. В пункті “Огляд засобів діагностики Ethernet ліній” було описано що професійні тестери для виявлення обриву лінії використовують “TDR” (Time Domain Reflectometer, перекладаючи українською Рефлектометр Кабельних Ліній).

Принцип дії такого методу базується на подачі короткого електричного імпульсу на лінію, дефекти на лінії спотворюють цей імпульс, після чого тестер проводить порівняння відправленого та отриманого імпульсу. Цей аналіз дає зрозуміти який саме дефект присутній на лінії. Це можуть бути як обриви так і короткі замикання, переплутані пари і подібні дефекти ліній. Для аналізу таких даних необхідно більше потужності ніж є у МК Atmega 16A, і за часту досить розуміння приблизного місця проблеми на лінії. Тому реалізація виявлення точки обриву в моєму проєкті відрізняється.

Щоб зрозуміти приблизне місце проблеми ідеально підходить метод визначення ємності самої лінії. Сам процес виміру ємності відбувається так:

Всі лінії порта “С” МК Atmega 16A, крім ліній де є обрив, переводимо в режим Hi-Z і подаємо на дріт 5 В тим самим заряджаючи її. Після цього проводимо вимір напруги на ній, отримане значення буде початковим - U_0 . Знову переводим всі лінії в режим Hi-Z та починаємо розрядку кабеля через резистор номіналом 1 МОм і через 1 мс проводимо замір напруги на цій лінії тим самим отримуючи U . Розрахунок ємності проходить за формулами:

$$U = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$C = -\frac{t}{R \ln \frac{U}{U_0}}$$

У використанні ця функція дозволяє швидко визначити та локалізувати проблему, приклад швидко визначити де саме було недообжато конектор або розетку на патч панелі чи у користувача.

2.2 Принципова електрична схема.

Схема побудована на мікроконтролері Atmega 16A. Цей мікроконтролер було обрано завдяки його ціні та можливостям. Також досить важливим плюсом саме цього МК це його розповсюдженість. Це також було важливим при виборі саме цього МК.

Загальна принципова схема тестеру вказана на рис. 2.21. Розглянемо її більш детально.

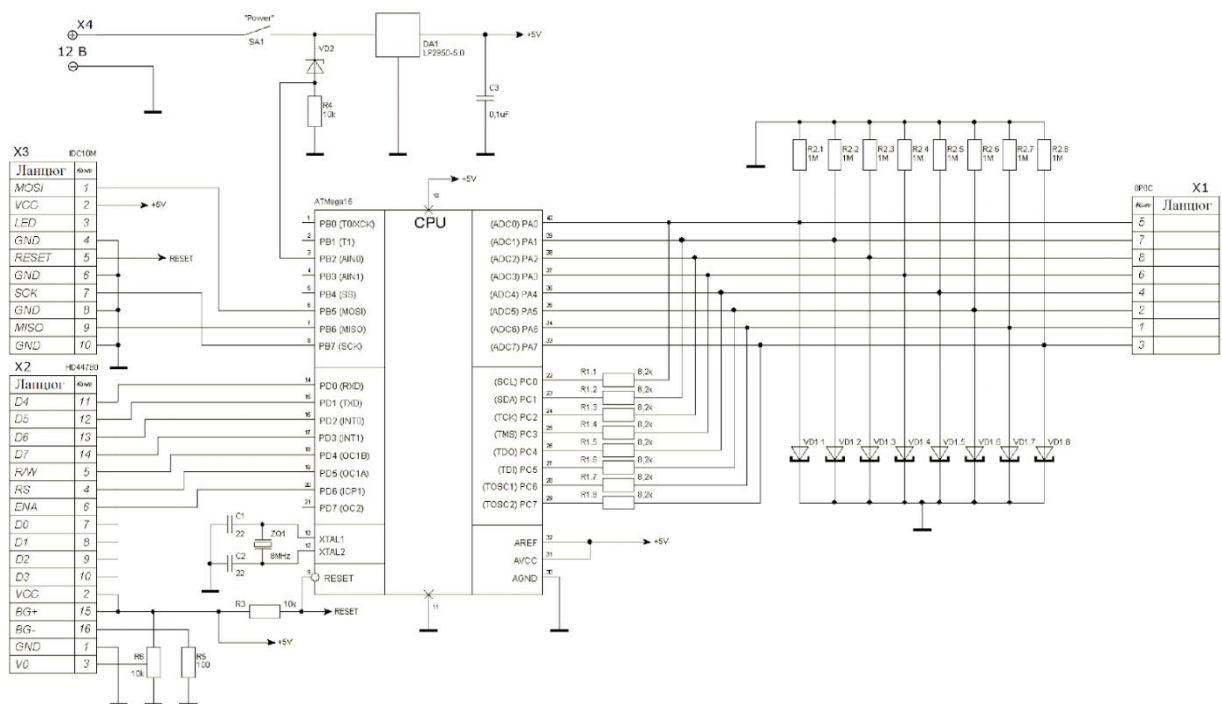


Рис. 2.21 Принципова електрична схема Ethernet тестера.

Схема живиться напругою 5 В, але для зручності використання пристрою на вході був встановлений стабілізатор LP2950 з діапазоном вхідної напруги від 6 до 30 В. Його було використано для розширення діапазону джерел живлення тестера, тобто замість штатної батареї на 12 В може бути використаний будь який інше джерело струму в разі необхідності. Типовим варіантом заміни може стати досить розповсюджена батарея типу «Крона».

Джерелом живлення є акумуляторна батарея формату 18400 з номінальною напругою 3.7 В та потужністю 4.44Вт до якої підключений модуль контролю заряду-розряду з портом підключення USB Type-C. Цей модуль передбачений за для запобігання перерозряду або перезаряду акумуляторної батареї, цим самим повинен продовжити термін її використання та запобігти критичним наслідком вищевказаних процесів, які можуть призвести як до банального виходу з ладу батареї, в гірших випадках до її здуття або навіть вибуху.

В модулі захисту використовується чіп TP4056. Це контроллер зарядки для Li-ion та Li-Po акумуляторів. TP4056 автоматично завершує цикл зарядки акумулятора при досягненні на ній напруги 4.2 В. На схемі передбачено світлову індикацію циклу заряду у вигляді двох світлодіодів. Коли акумулятор заряджається, на схемі буде горіти червоний світлодіод, відповідно коли акумулятор заряджений, горить синій світлодіод, а червоний світлодіод погасає. Окрім самого контроллера на схемі присутній чіп DW01A та FS8205A які виступають в ролі захисту акумулятора від короткого замикання та перенавантаження.

Для отримання необхідної напруги на виході з батареї, для живлення тестера, використовується готовий DC-DC підвищуючий модуль перетворювач MT3608. Цей перетворювач було обрано через його досить високий ККД (~93%) та досить малих габаритів, це дозволило зробити акумуляторну батарею компактною. Принципова електрична схема батареї вказана на рис. 2.22.

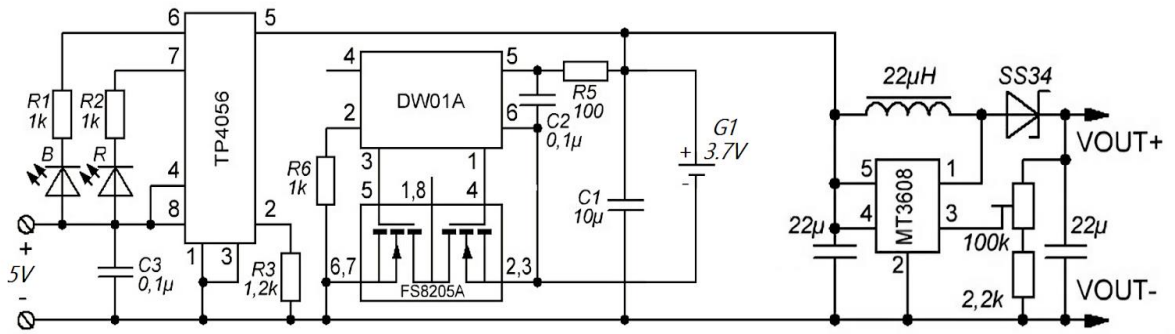


Рис. 2.22 Схема Акумуляторного блока живлення Ethernet тестеру.

Для ідентифікації розряду батареї служить частина схеми VD2 -R4. Якщо напруга на стабілітроні падає нижче ніж 5.1 В, то на батареї вже менше ніж 6 В, і відповідно ця напруга вже знаходиться поза діапазоном роботи стабілізатора LP2950. Тому на виводі PB2 з'являється логічний 0, що дає зрозуміти що батарею потрібно замінити або зрядити.

Повернемось до схеми пристрою. Як було вказано в попередніх розділах, по Ethernet може передаватись не тільки трафік але й живлення для пристроїв які мають підключення до СКС. Саме для захисту від наслідків випадкового підключення до лінії PoE передбачено використання супресорів. На принциповій електричній схемі (Рис. 8) позначені як VD1.1 - VD1.8. Були використані саме 1.5KE6.8CA, їх повинно цілком вистачити для захисту самого мікроконтролера та компонентів від стандартної для PoE напруги 60В.

Інформація виводиться на дисплей серії HD44780 (Рис. 2.23). Він підключається по 12 виводами згідно принципової електричної схеми вказаної на Рис. 8. При підключенні передбачено використання струму запобіжного резистора 100 Ом для запобігання завчасного виходу з ладу підсвітки дисплею.

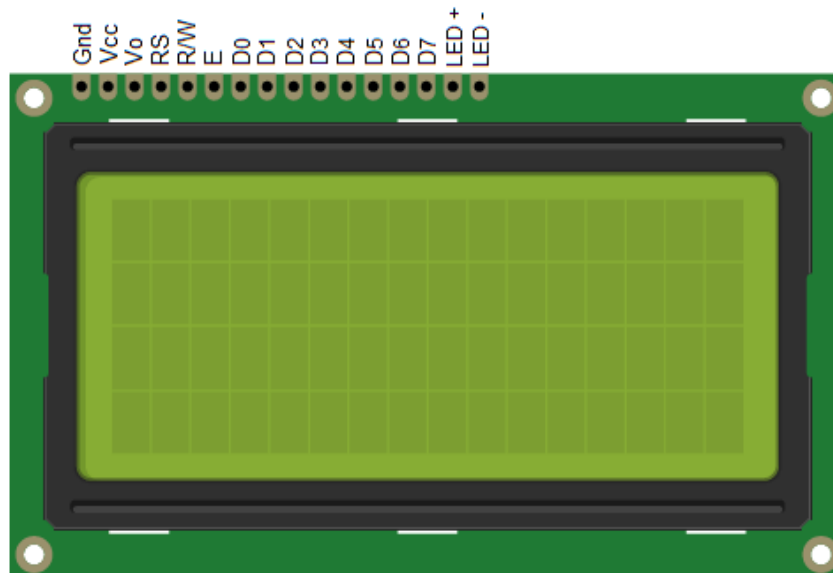


Рис. 2.23. Дисплей на базі контролера HD44780 з розширенням 16 на 4 символи та підписом всіх 16 виводів.

Для перевірки кабелю на другий кінець тестової лінії підключається пасивна частина, тобто блок опорів. Схема блоку зображена на рис. 2.24.

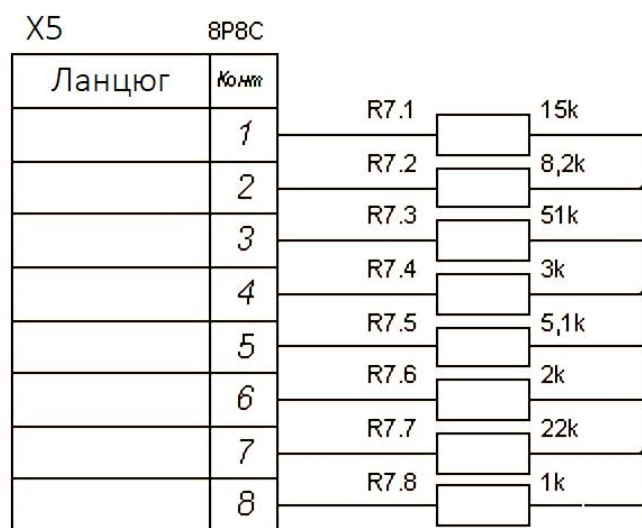


Рис. 2.24. Принципова схема блоку опорів.

2.3 Опис програмного забезпечення.

Програмне забезпечення було написано на мові C в програмі AVR Studio4. Програма була встановлена на віртуальній машині Hyper-V з

встановленою системою Windows 7 x64 оскільки робота програми неможлива на системах Windows 10 та новіших.

Блок-схема алгоритму програмного забезпечення вказано на рис. 2.31.

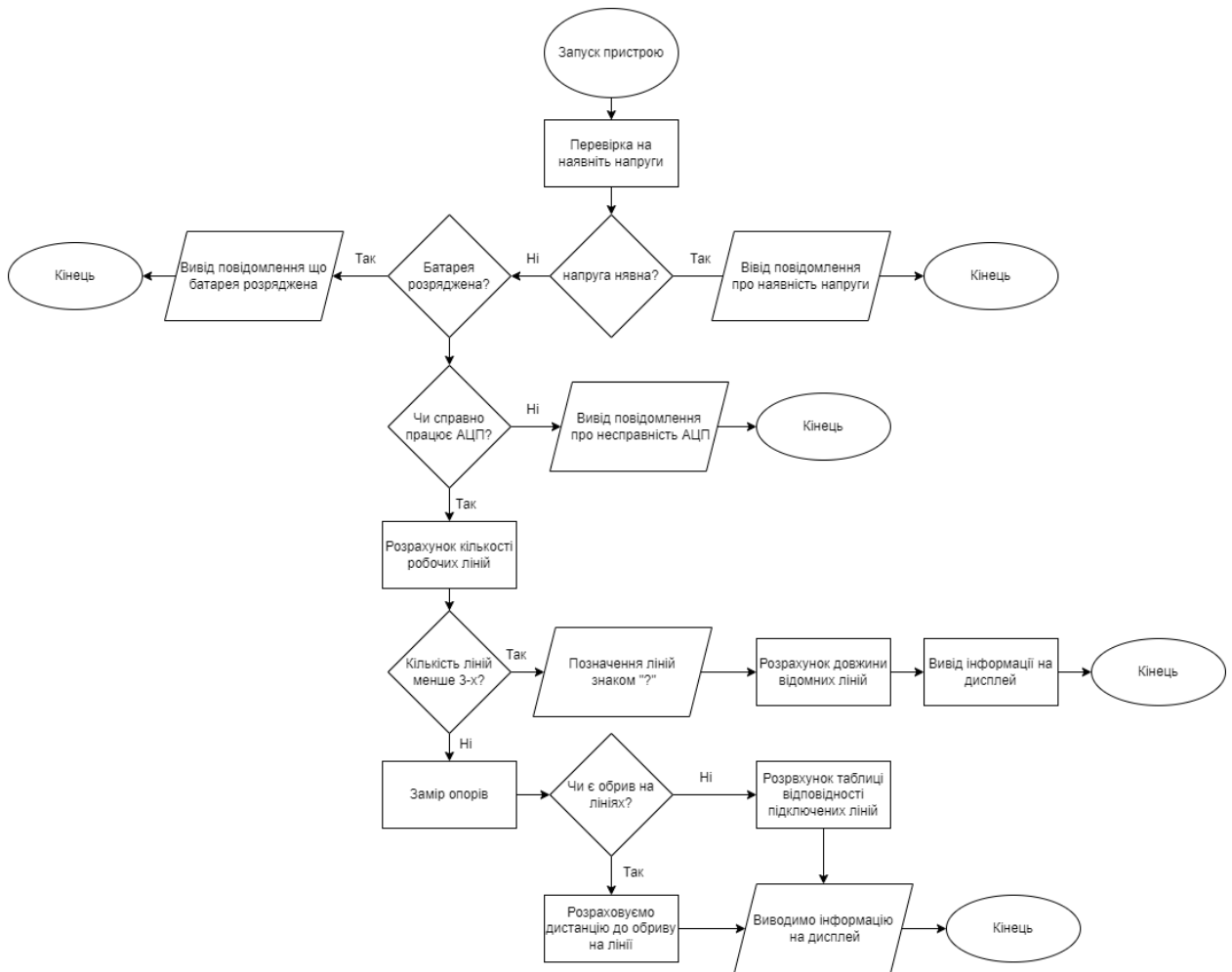


Рис. 2.31 Блок схема програмного забезпечення

Далі представлено хід роботи програми вказаної в додатку 1.

Підключення бібліотек відбувається в рядках 1-12.

PinOut - пін (391)

R - опір на пасивній частині (392)

Initialize – Переводить порти в режим 0 (404)

Step - крок виконання програми

1) Перевірка наявності напруги, вивід повідомлення при її наявності. (411)

1.1) Перевірка напруги на контактах (81-87).

1.2) Якщо хоча би на одній лінії є напруга(86), то виводиться повідомлення про наявність напруги на лінії(89-92).

1.3) Якщо сигнал на PINB2 0, то батарея розряджена. (95-99)

1.4) Отримаємо максимальне та мінімальне значення напруги(100-105), перевіряємо працездатність АЦП (106).

2) Перевіряємо лінії на працездатність (244) та коротке замикання (247-251). (236-253).

Якщо кількість відомих ліній менше трьох(416), то користувачу виводиться повідомлення з невідомими каналами.(416-422), перед цим вираховуємо довжину кабелю (436, 344-359).

Якщо кількість більше трьох(424-427), то вираховуємо опори на кожному контакті (431, 259-340).

Потім робимо перевірку, чи є обрив на лінії(432), якщо обрив знайдено, то вираховуємо довжину (436), якщо ні, то виводимо на дисплей інформацію про опори(441);

2.4 Збірка та тестування пристрою.

Плата тестеру була виготовлена з одностороннього текстоліту. На текстоліт було нанесено доріжки друкованої плати (Рис. 2.41)

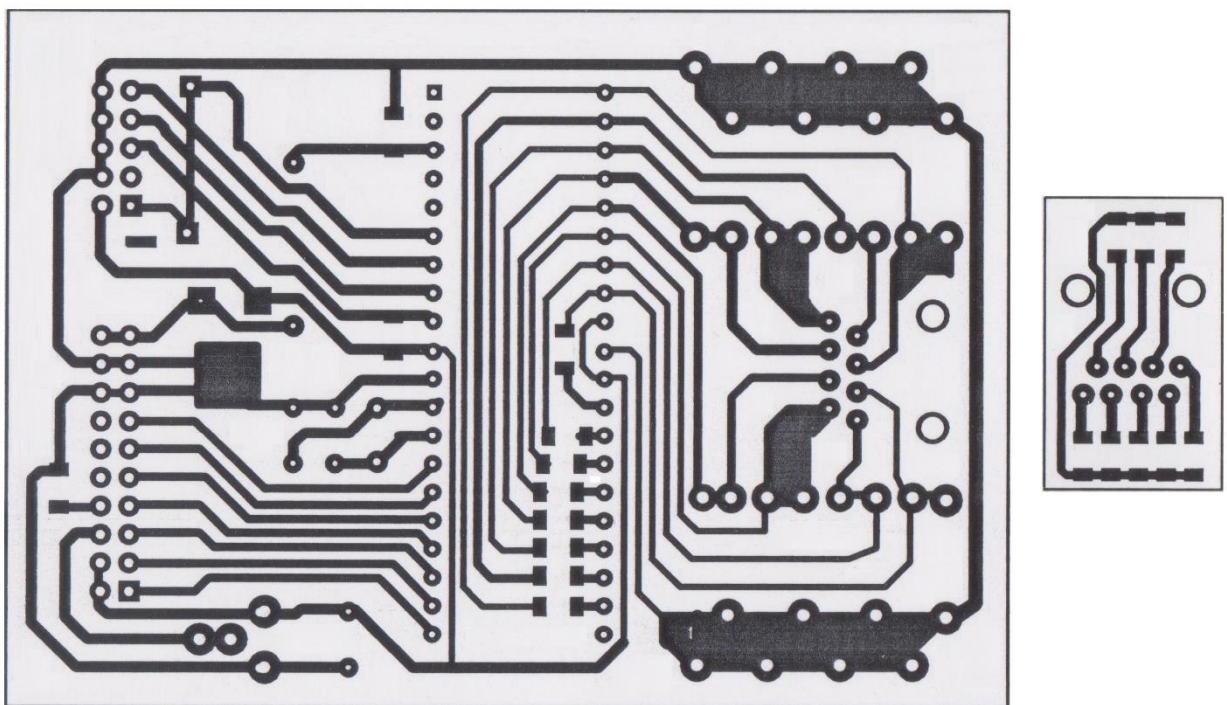


Рис. 2.41. Схема друкованої плати для переносу на текстоліт.

Рисунок плати було дзеркально надруковано на глянцевому папері за допомогою лазерного принтера. Перенесення малюнку плати на тонкий шар міді яка знаходиться на поверхні текстоліту відбувається під час міцного притискання паперу до поверхні під нагрівом, орієнтовно 120 градусів. При такій температурі тонер який знаходиться на поверхні паперу переноситься на текстоліт, після завершення переносу малюнка необхідно залишити плату остигати до кімнатної температури. На рис 2.42 зображено плату після процесу переносу.

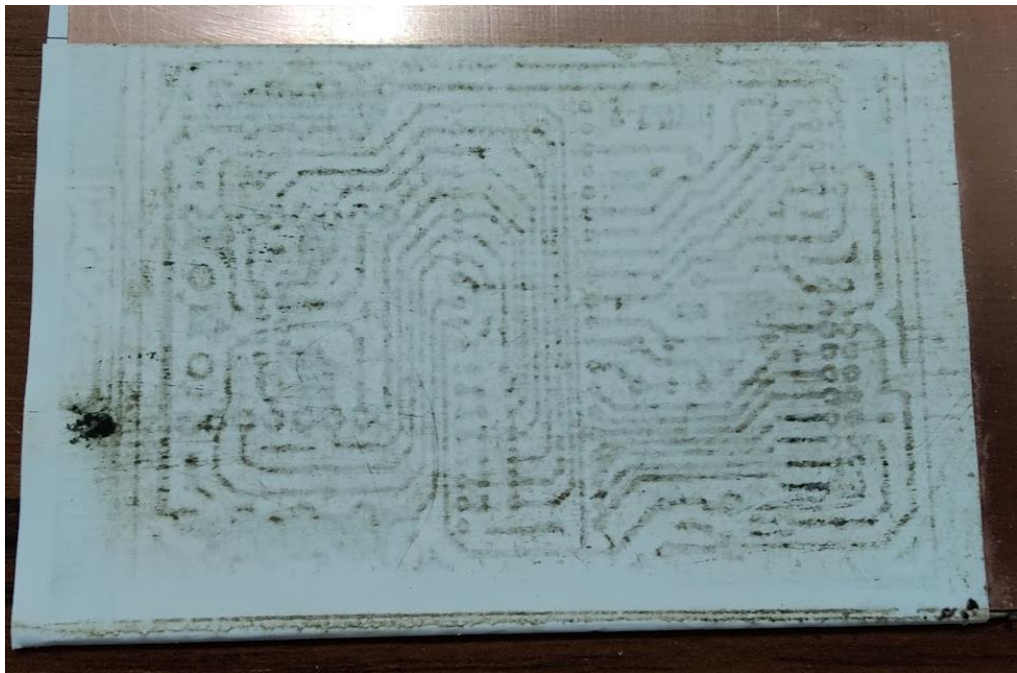


Рис. 2.42. Плата після завершення переносу малюнку.

Папір потрібно обережно змити з плати теплою водою і перевірити чи не залишилось на поверхні залишків паперу.

Що б отримати друковану плату необхідно текстоліт з Малюнком помістити в 50% розчин хлорного заліза ($FeCl_3$) приблизно на 30 хвилин. За цей час всі незахищені ділянки мідного шару текстоліту будуть розчинені і залишаться тільки необхідні доріжки та місця пайки радіокомпонентів. На рис. 2.43 вказано результат обробки текстоліту.

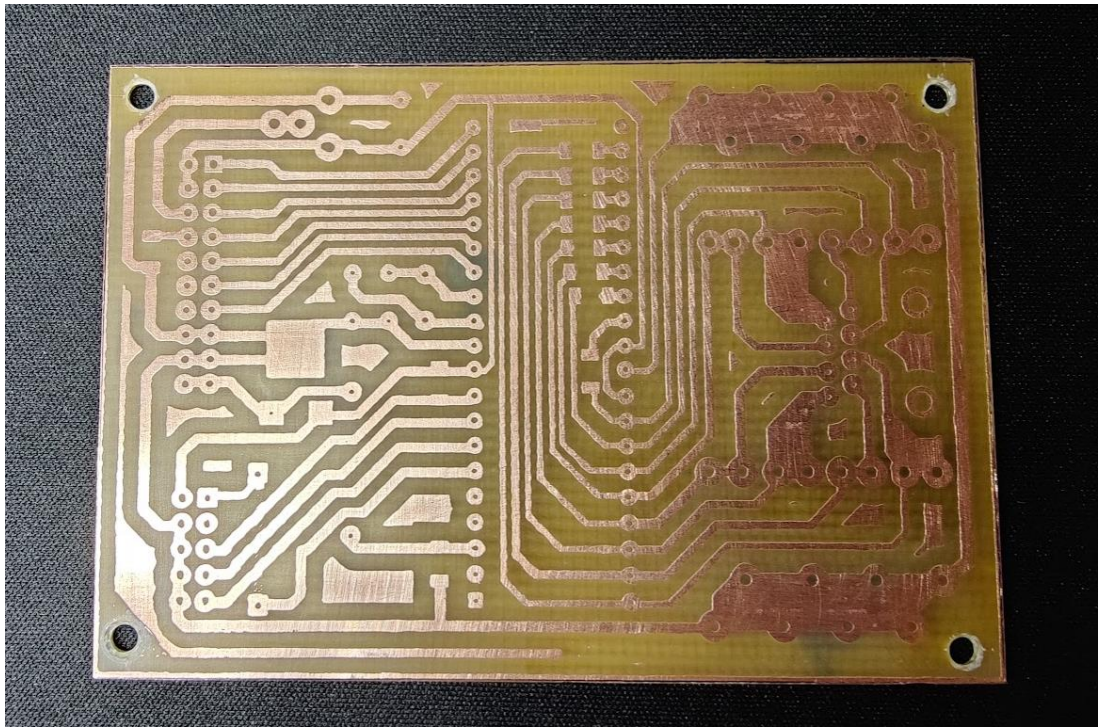


Рис. 2.43. Друкована плата після травлення в FeCl_3 .

Для забезпечення стабільної роботи пристрою бажано залудити доріжки. Найкраще для цього підходить сплав Розе через його низьку температуру плавлення. Перевага такого способу в низькій температурній взаємодії на мідний шар тим самим зменшивши до мінімуму перегрів поверхні і зберігти всі доріжки цілими. Монтаж самих радіокомпонентів виконується без використання сплаву Розе. На рисунках 2.44 та 2.45 зображено готову плату з встановленими радіокомпонентами.

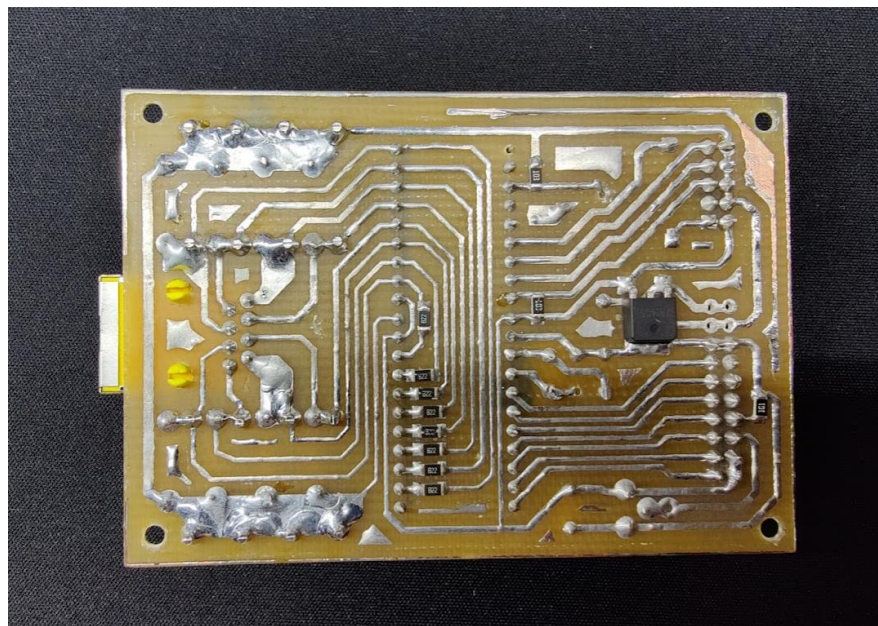


Рис. 2.44. Друкована плата з нижньої сторони.

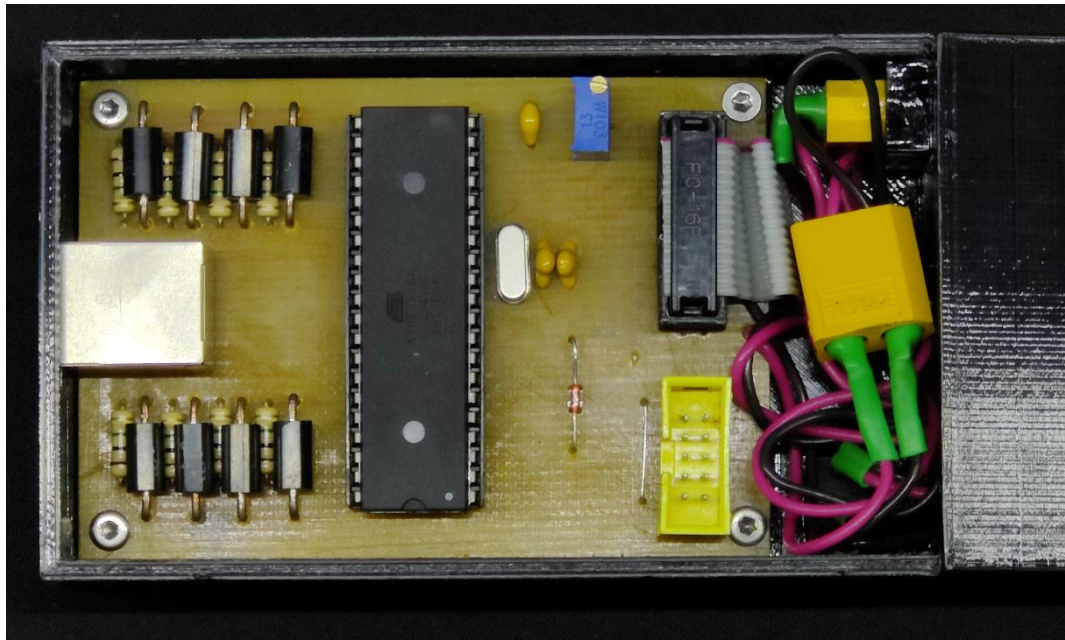


Рис. 2.45. Друкована плата з верхньої сторони в корпусі.

Після збірки пристрою в сокет згідно ключа було встановлено мікроконтролер ATmega 16A. Прошивка мікроконтролера відбувалась за допомогою USB ISP програматора та програми «ProgISP 1.72». За допомогою калькулятора фюзів було розраховано фюзи, було отримано значення DF для HighFuse та D9 для LowFuse. Після прошивки на дисплей було виведено сам інтерфейс (Рис. 2.46).



Рис. 2.46. Інтерфейс тестера.

Корпус пристрою був роздрукований на 3D принтері за технологією FDM. Розробка 3D моделі для друку відбувалась в програмі «TinkerCAD» та складається з 5 частин (Рис. 2.47).

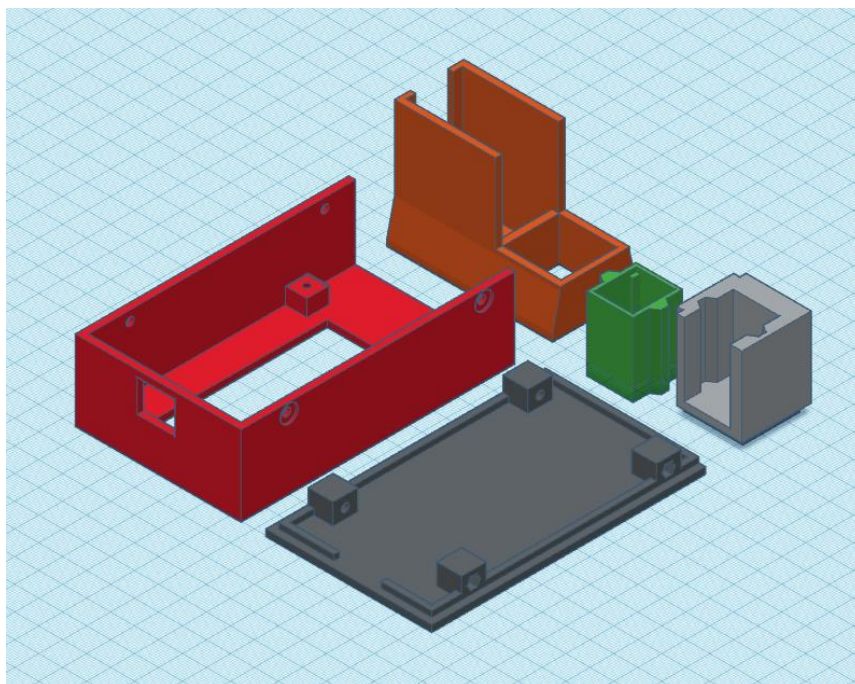


Рис. 2.47. 3D модель деталей корпусу Ethernet тестера.

Друк тривав 18 годин та 48 хвилин. Матеріалом друку був обраний PETg, через свою міцність та відсутність шкідливих випаровувань під час друку. Корпус було зібрано за допомогою розчинника дихлорметан. Тестер в зборі зображено на рис. 2.48.

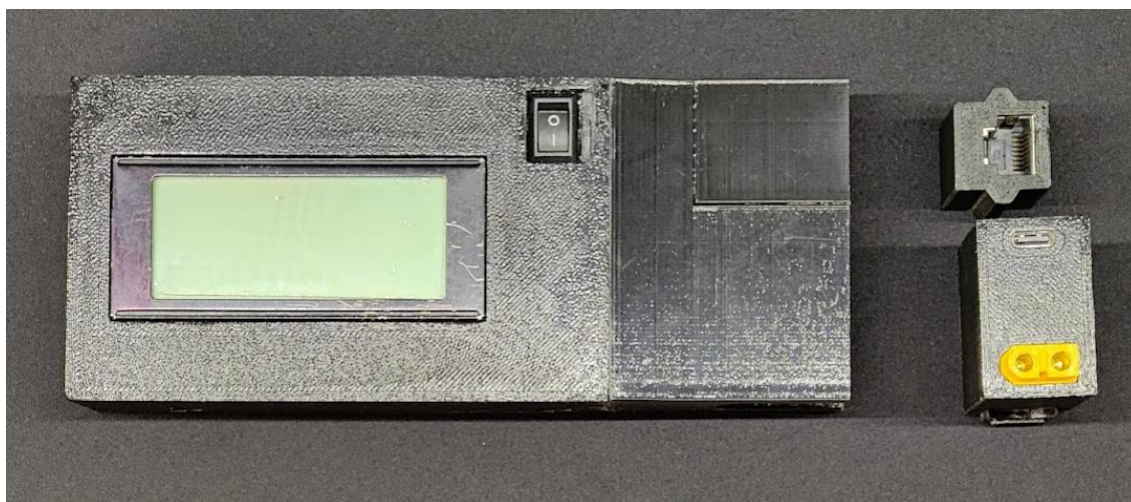


Рис. 2.48. Зібраний тестер.

Тестування пристрою виявило що він досить зручний та інтуїтивний у використанні.

2.5 Розрахунок собівартості виготовлення тестера

Нижче наведена таблиця розрахунку ціни на комплектуючі необхідних для виготовлення тестера.

Назва компоненту	Кількість	Ціна за одиницю	Вартість необхідної к-сті
АТmega16А	1	175	175
Колодка DIP 40	1	7	7
Кварц 8Mhz	1	11	11
Стабілізатор L78M05	1	6,5	6,5
Супресор 1.5KE6.8CA	8	22,09	176,72
Дисплей HD44780 16x4	1	159	159
Стабілітрон 1n4733A	1	0,65	0,65
Гніздо TJ16S-8P8C	2	15	30
Роз'єм ВН-20 2.54мм	1	3,5	3,5
Роз'єм ВН-10 2.54мм	1	1,5	1,5
Конденсатор 22pf (NPO)	2	1,5	3
Конденсатор 0,1mkf (X7R)	1	1,5	1,5
Підстр. резистор 10кОм	1	6,5	6,5
Резистор 0.5W, 1 МОм	8	0,54	4,32
Резистор 1206 8.2 кОм	9	0,16	1,44
Резистор 1206 100 Ом	1	0,16	0,16
Резистор 1206 1 кОм	1	0,16	0,16
Резистор 1206 2 кОм	1	0,16	0,16
Резистор 1206 3 кОм	1	0,16	0,16
Резистор 1206 5.1 кОм	1	0,16	0,16
Резистор 1206 10 кОм	3	0,16	0,48
Резистор 1206 15 кОм	1	0,16	0,16
Резистор 1206 22 кОм	1	0,16	0,16
Резистор 1206 51 кОм	1	0,16	0,16
Роз'єм ХТ60	2	15	30
Тесктоліт 65x95	1	10	10
Філамент для 3D друку (грам)	115	0,4	46
Загальна вартість компонентів			675,39

Друк корпусу тривав 19 годин, за цей час 3D принтером було спожито 3.8 кВт що згідно тарифу на електроенергію 1,68 кВт/год дорівнює 6.50 грн.

Час на збірку пристрою займає 5 годин. При середній зарплаті в 73.75 грн/год ціна збірки пристрою складає 368,75 грн.

Таким чином собівартість пристрою складає 1050,64 грн.

Висновки

В результаті виконання даної роботи було розроблено і створено пристрій для тестування крученої пари. Робота пристрою проходить згідно розробленому алгоритму функціонування пристрою і алгоритму програмного забезпечення. Для цього було створене вбудоване програмне забезпечення для МК ATmega16A. Прошивка написана на мові C в середовищі “AVR Studio 4”, об'єм hex файлу складає 27,8 КБ.

Розроблено схему друкованої плати, спроектований та надрукований корпус на 3D принтері за технологією FDM. Зібраний пристрій було протестовано, результати перевірок показали його цілковиту роботоздатність.

Собівартість тестера складає 1050,64 грн. Тестер має подібний функціонал до серійної моделі SC8108 середня вартість якого складає 1294,10 грн.

Література

- Иноземцев В.А., Иноземцева - С.В. Введение в электронику;
- Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники
- Самофалов К.Г., Викторов О.В. - Микропроцессоры;
- Баранов В.Н. - Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы;
- Белов А.В. - Конструирование устройств на микроконтроллерах AVR;
- John Morton - AVR: An Introductory Course;
- Claus Kuhnel - AVR RISC microcontroller handbook.

Додаток 1

Лістинг програми

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

002#include <util/delay.h>

003#include <stdio.h>

004#include <stdlib.h>

005#include <stdbool.h>

006#include <math.h>

007#include <avr/pgmspace.h>

008

009#include "hd44780.h"

010#include "lan_tester.h"

011

012#define F_CPU 8000000UL

013

014//-----

015float GetADCData (uchar nChannel)

016{

017    ADCSRA = 0;

018    _delay_us (5);

019    ADMUX = 0b01000000 | (nChannel & 0b00000111);
```



```
020  _delay_us (5);

021  ADCSRA = 0b10000101;

022  _delay_us (500);

023  ADCSRA = 0b11000101;

024  while ((ADCSRA & (1 << 6)));

025  _delay_us (5);

026  int nResult = ((int) ADCL) + (((int) ADCH) << 8);

027  return (float) nResult;

028}

029

030//-----

031void SetTestLines (uchar nPositive, uchar nNegative, bool bWait)

032{

033  DDRC = 0;

034  PORTC = 0;

035  if (nPositive != LINE_UNUSED)

036  {

037      DDRC |= (1 << nPositive);

038      PORTC |= (1 << nPositive);

039  }

040
```

```

041  if (nNegative != LINE_UNUSED)
042  {
043      DDRC |= (1 << nNegative);
044  }
045  if (bWait) _delay_ms (20);
046  return;
047}
048
049//-----
050void ShowFault (uchar nCode)
051{
052  lcdClear ();
053  static char strMessage11 [] PROGMEM = " Voltage ";
054  static char strMessage12 [] PROGMEM = " on the line! ";
055  static char strMessage21 [] PROGMEM = "Repalce battery";
056  static char strMessage31 [] PROGMEM = " ADC faulty ";
057
058  switch (nCode)
059  {
060      case 0:
061          lcdGotoXY (1, 0);

```

```
062         lcdPutsFromFlash (strMessage11);
063         lcdGotoXY (2, 0);
064         lcdPutsFromFlash (strMessage12);
065         break;
066     case 1:
067         lcdGotoXY (1, 0);
068         lcdPutsFromFlash (strMessage21);
069         break;
070     case 2:
071         lcdGotoXY (1, 0);
072         lcdPutsFromFlash (strMessage31);
073         break;
074 }
075 return;
076}
077
078//-----
079bool CheckLineVoltage (float *Umin, float *Umax)
080{
081     bool bFlag = false;
082
```

```
083  SetTestLines (LINE_UNUSED, LINE_UNUSED, true);

084  for (int i = 0; i < 8; i++)

085  {

086      if (GetADCData (i) > fZero) bFlag = true;

087  }

088

089  if (bFlag)

090  {

091      ShowFault (0);

092      return false;

093  }

094

095  if (!PINB2)

096  {

097      ShowFault (1);

098      return false;

099  }

100

101  SetTestLines (LINE_UNUSED, 0, true);

102  *Umin = GetADCData (0);

103
```

```
104  SetTestLines (0, LINE_UNUSED, true);

105  *Umax = GetADCData (0);

106  if ((*Umax - *Umin) < 700)

107  {

108      ShowFault (2);

109      return false;

110  }

111

112  return true;

113}

114

115//-----

116bool CheckConnection (char *Data, char *Mask)

117{

118  for (uchar i = 0; i < 8; i++)

119  {

120      if ((Data [i] != Mask [i]) && (Mask [i] != 'X')) return false;

121  }

122  return true;

123}

124
```

```
125//-----
126void RefreshDisplay (uchar *Data, int L, bool bShowLength)
127{
128    char str [9];
129
130    static char strMessage0 [] PROGMEM = "Here: 12345678";
131    static char strMessage1 [] PROGMEM = "1Gb LAN direct ";
132    static char strMessage2 [] PROGMEM = "1Gb LAN cross ";
133    static char strMessage3 [] PROGMEM = "100Mb LAN direct";
134    static char strMessage4 [] PROGMEM = "100Mb LAN cross ";
135    static char strMessage5 [] PROGMEM = "E1/T1 ";
136    static char strMessage6 [] PROGMEM = "No connection ";
137    static char strMessage7 [] PROGMEM = " ";
138
139    lcdGotoXY (0, 0);
140    lcdPutsFromFlash (strMessage0);
141    lcdGotoXY (1, 0);
142    lcdPutsFromRAM ("There: ");
143    for (int i = 0; i < 8; i++)
144    {
145        switch (Data [i])
```

```
146     {
147         case 1:
148         case 2:
149         case 3:
150         case 4:
151         case 5:
152         case 6:
153         case 7:
154         case 8:             str [i] = Data [i] + 48; break;
155         case LINE_UNKNOWN: str [i] = '?'; break;
156         case LINE_SHORTED: str [i] = 'S'; break;
157         case LINE_BROKEN:  str [i] = 'X'; break;
158
159         default: str [i] = ' ';
160     }
161 }
162 str [8] = 0;
163 lcdPutsFromRAM (str);
164 lcdPutsFromRAM (" ");
165
166 lcdGotoXY (2, 0);
```

```
167  if (bShowLength)
168  {
169      if (L < 5)
170      {
171          lcdPutsFromRAM ("To break <5m ");
172      }
173      else
174      {
175          lcdPutsFromRAM ("To break ");
176          itoa (L, str, 10);
177          lcdPutsFromRAM (str);
178          lcdPutsFromRAM (" m ");
179      }
180
181  }
182  else
183  {
184      lcdPutsFromFlash (strMessage7);
185  }
186
187
```



```
188  lcdGotoXY (3, 0);

189  if (CheckConnection (str, "12345678"))          lcdPutsFromFlash (strMessage1);

190  else if (CheckConnection (str, "36145278"))      lcdPutsFromFlash (strMessage2);

191  else if (CheckConnection (str, "123XX6XX"))      lcdPutsFromFlash (strMessage3);

192  else if (CheckConnection (str, "361XX2XX"))      lcdPutsFromFlash (strMessage4);

193  else if (CheckConnection (str, "45X12XXX"))      lcdPutsFromFlash (strMessage5);

194  else lcdPutsFromFlash (strMessage6);

195

196  return;

197}

198

199//-----

200void Initialize ()

201{

202  DDRA = 0;

203  DDRB = 0;

204  DDRC = 0;

205  DDRD = 0;

206  PORTA = 0;

207  PORTB = 0;

208  PORTC = 0;
```

```

209 PORTD = 0;

210 MCUCSR = 0b10000000;

211 TCCR1A = 0;

212 TCCR1B = 0;

213

214 _delay_ms (100);

215 lcdInit();

216

217 return;

218}

219

220//-----

221float GetResistance (uchar Line1, uchar Line2, float Umin)

222{

223   SetTestLines (Line1, Line2, true);

224   float U1 = GetADCData (Line1);

225   float U2 = GetADCData (Line2);

226   float Ra = R1 * R2 / (R1 + R2);

227   if ((U2 - Umin) <= 0) return 1e6;

228   return (U1 - U2) * Ra / (U2 - Umin);

229}

```

230

231//-----

232uchar StageOneCheck (uchar *Line, const uchar *PinOut, uchar *GoodLine, uchar
*BrokenIndex)

233{

234 uchar LineCount = 0;

235 *BrokenIndex = LINE_UNUSED;

236 for (uchar i = 0; i < 8; i++)

237 {

238 Line [i] = 0;

239 SetTestLines (PinOut [i], LINE_UNUSED, true);

240 bool bFlag = false;

241 for (uchar j = 0; j < 8; j++)

242 {

243 float fADCDData = GetADCDData (PinOut [j]);

244 if ((fADCDData > fMaxValue) && (i != j)) Line [i] = LINE_SHORTED;

245 if ((fADCDData > fZero) && (i != j)) bFlag = true;

246 }

247 if (!bFlag)

248 {

249 Line [i] = LINE_BROKEN;

250 *BrokenIndex = i;

```

251     }

252     if (Line [i] == 0) GoodLine [LineCount++] = i;

253 }

254

255 return LineCount;

256}

257

258//-----

259void StageTwoCheck (uchar *Line, const uchar *PinOut, uchar *GoodLine, uchar
LineCount, const float R [3][8], float Umin)

260{

261     volatile static float fRcalc [8];

262     uchar i = 0, j = 0;

263     uchar nMinIndex [3] = {0, 0, 0};

264     float fMinResistance = 1e6;

265     float Rtmp;

266

267     // find two lines with minimal resistance

268     for (i = 1; i < LineCount; i++)

269     {

270         for (j = 0; j < i; j++)

271         {

```

```

272         Rtmp = GetResistance (PinOut [GoodLine [i]], PinOut [GoodLine [j]],
Umin);

273         if (Rtmp < fMinResistance)

274             {

275                 fMinResistance = Rtmp;

276                 nMinIndex [0] = i;

277                 nMinIndex [1] = j;

278             }

279

280     }

281 }

282

283 // find third line

284 fMinResistance = 1e6;

285 for (i = 0; i < LineCount; i++)

286 {

287     if ((i != nMinIndex [0]) && (i != nMinIndex [1]))

288     {

289         Rtmp = GetResistance (PinOut [GoodLine [nMinIndex [0]]], PinOut
[GoodLine [i]], Umin);

290         if (Rtmp < fMinResistance)

291             {

```

```
292             fMinResistance = Rtmp;

293             nMinIndex [2] = i;

294         }

295     }

296 }

297

298 // solve equations

299 float fR12 = GetResistance (PinOut [GoodLine [nMinIndex [0]]], PinOut [GoodLine
[ nMinIndex [1]]], Umin);

300 float fR13 = GetResistance (PinOut [GoodLine [nMinIndex [0]]], PinOut [GoodLine
[ nMinIndex [2]]], Umin);

301 float fR23 = GetResistance (PinOut [GoodLine [nMinIndex [1]]], PinOut [GoodLine
[ nMinIndex [2]]], Umin);

302 float fR1 = 0.5 * (fR12 + fR13 - fR23);

303 float fR2 = fR12 - fR1;

304 uchar idxMin;

305

306 if (fR1 < fR2)

307 {

308     idxMin = nMinIndex [0];

309     fRcalc [idxMin] = fR1;

310 }
```

```

311  else
312  {
313      idxMin = nMinIndex [1];
314      fRcalc [idxMin] = fR2;
315  }
316
317  for (i = 0; i < LineCount; i++)
318  {
319      if (i != idxMin)
320      {
321          Rtmp = GetResistance (PinOut [GoodLine [i]], PinOut [GoodLine
[ idxMin]], Umin);
322          fRcalc [i] = Rtmp - fRcalc [idxMin];
323      }
324  }
325
326  // try to found according resistance in table
327  for (i = 0; i <= LineCount; i++)
328  {
329      for (j = 0; j < 8; j++)
330      {
331          if ((R [1][j] < fRcalc [i]) && (fRcalc [i] < R [2][j]))

```

```

332         {
333             Line [GoodLine [i]] = j + 1;
334             break;
335         }
336     }
337     if (Line [GoodLine [i]] == 0) Line [GoodLine [i]] = LINE_UNKNOWN;
338 }
339
340 return;
341}
342
343//-----
344int StageThreeCheck (uchar BrokenIndex, const uchar *PinOut)
345{
346     SetTestLines (PinOut [BrokenIndex], LINE_UNUSED, true);
347     float U1 = GetADCDData (PinOut [BrokenIndex]);
348     TCNT1H = 0;
349     TCNT1L = 0;
350     TCCR1B = 1;
351     SetTestLines (LINE_UNUSED, LINE_UNUSED, false);
352     _delay_ms (1);

```



```

353 float U2 = GetADCData (PinOut [BrokenIndex]);

354 TCCR1B = 0;

355 int nTime = ((int) TCNT1L) + (((int) TCNT1H) << 8);

356 float fTime = ((float) nTime) * 1000 / F_CPU;

357 float L = (-fTime/log (U2 / U1) - 1.71) / 0.032;

358 return (int) L;

359}

360

361//-----

362void EasterEgg ()

363{

364 static int i = 0;

365 static char strMessage1 [] PROGMEM = "-----";

366 static char strMessage2 [] PROGMEM = "Ethernet tester ";

367 static char strMessage3 [] PROGMEM = "-----";

368 static char strMessage4 [] PROGMEM = "          ";

369

370 if (++i == 120)

371 {

372

373     lcdClear ();

```

```
374     lcdGotoXY (0, 0);

375     lcdPutsFromFlash (strMessage1);

376     lcdGotoXY (1, 0);

377     lcdPutsFromFlash (strMessage2);

378     lcdGotoXY (2, 0);

379     lcdPutsFromFlash (strMessage3);

380     lcdGotoXY (3, 0);

381     lcdPutsFromFlash (strMessage4);

382     _delay_ms (3000);

383     lcdClear ();

384 }

385 return;

386}

387

388//-----

389int main()

390{

391     const uchar PinOut [8] = {6, 5, 7, 4, 0, 3, 1, 2};

392     const float R [3][8] = {{15, 8.2, 51, 3.0, 5.1, 2.0, 22, 1.0},

393                             {13, 7.5, 40, 2.5, 4.0, 1.5, 18, 0.7},

394                             {18, 9.5, 60, 3.8, 6.5, 2.5, 27, 1.5}};
```

```
395 float Umax, Umin;
396 int L = 0;
397 uchar Line [8];
398 uchar GoodLine [8];
399 uchar BrokenIndex;
400 uchar Step = 0;
401 uchar LineCount = 0;
402 uchar i;
403
404 Initialize ();
405
406 while (1)
407 {
408     switch (Step)
409     {
410         case 0: // startup checks
411             if (CheckLineVoltage (&Umin, &Umax)) Step = 1;
412             break;
413
414         case 1: // try to found unbroken line, check for
shortage
```

```

415         LineCount = StageOneCheck (Line, PinOut, GoodLine,
&BrokenIndex);

416         if (LineCount < 3)

417             {

418                 for (i = 0; i < 8; i++)

419                     {

420                         if (Line [i] == 0) Line [i] = LINE_UNKNOWN;

421                     }

422                 Step = 3;

423             }

424         else

425             {

426                 Step = 2;

427             }

428         break;

429

430     case 2:         // resistance measure, lines order check

431         StageTwoCheck (Line, PinOut, GoodLine, LineCount, R, Umin);

432         if (BrokenIndex == LINE_UNUSED) Step = 4; else Step = 3;

433         break;

434

435     case 3:         // capacitance measure, if there are broken lines

```

```
436             L = StageThreeCheck (BrokenIndex, PinOut);
437             Step = 4;
438             break;
439
440         case 4:         // display refresh
441             RefreshDisplay (Line, L, (BrokenIndex != LINE_UNUSED));
442             EasterEgg ();
443
444         default:
445             Step = 0;
446     }
447 }
448
449}
450
451
```

Додаток 2

Техніка безпеки при пайці, роботі з 3D принтером та хімічними розчинниками.

➤ Техніка безпеки при пайці

При проведенні робіт, пов'язаних з проведенням пайки, необхідно чітко дотримуватися правил техніки безпеки. У протилежному випадку ви можете зашкодити своєму здоров'ю.

До проведення робіт, пов'язаних з пайкою, допускаються лише особи, які досягли повноліття. Працівники повинні пройти спеціальне навчання. Вони повинні досконало знати правила охорони праці, безпечні способи проведення робіт, вміти правильно поводитися з інструментами та пристроями. Якщо при пайці у працівника виникли будь-які проблеми, він повинен звернутися до начальника, а не намагатися вирішити проблему самостійно.

Вкрай серйозно потрібно ставитися до дотримання техніки безпеки, оскільки при пайці на працівника можуть впливати різні шкідливі фактори. До таких слід віднести підвищену загазованість повітря парами хімічних речовин, пожежну небезпеку, бризки флюсу та припою, підвищену температуру повітря робочої зони. В даному випадку дуже важливо мати засоби індивідуального захисту.

У роботі важливо використовувати якісні матеріали та інструменти. Так, припій пруток має відповідати всім стандартам. Припої використовують при паянні виробів із латуні, бронзи, міді. Керівники повинні провести грамотний інструктаж щодо роботи з цим інструментом.

Роботи, пов'язані з паянням та лудінням, повинні проводитись у спеціально обладнаних та попередньо підготовлених приміщеннях. Обов'язково має бути присутня система вентиляції. Вентиляційні установки повинні бути оснащені звуковою та світловою сигналізацією.

У роботі важливо використовувати якісні та справні інструменти. Згідно з правилами технічної документації, паяльник має пройти спеціальну перевірку та випробування. Клас даного обладнання обов'язково повинен відповідати умовам виробництва та категорії приміщення. Також потрібно подбати про захист кабелю паяльника від зіткнення з гарячими предметами та захист від випадкового механічного пошкодження.

Не менше значення має підготовка робочого місця. Воно повинно бути обладнане вентиляцією. Не допускається проведення пайки без використання спеціальних захисних окулярів. Робоче місце має бути обладнане світильниками. Освітлювальні прилади потрібно розташувати таким чином, щоб світло не сліпило працівників.

➤ Техніка безпеки при роботі з 3D принтером

Категорично забороняється торкатися будь-чого, крім кнопок керування, під час роботи 3D принтера. Порушуючи це правило, у кращому випадку, можна отримати забій від рухомих частин, а в гіршому - серйозний опік. Якщо ваш 3D принтер відкритого типу, то варто працювати з ним у щільно прилеглому одязі, щоб мінімізувати ризик намотування тканини на деталі, що рухаються. Перевірити нагрівання принтера можна лише орієнтуючись на показання термодатчика пристрою, які відображаються на дисплеї або в програмі друку.

Котушка з пластиком встановлюється так, щоб її перекіс та затримки у подачі нитки були виключені. Результати заплутування філаменту непередбачувані - принтер може впасти зі столу, або, навпаки, повиснути в повітрі, що, у свою чергу, може призвести до його поломки або пожежі через відносно високу температуру сопла та стола 3D принтеру.

При нагріванні пластику ABS утворюється невелика кількість пару акрилонітрилу. 3D принтер в середньому викидає до 200 млн над дрібних частинок цієї речовини за хвилину. При використанні пластику PLA викидається до 20 млн частинок на хвилину, він більш безпечний, але все ж

таки завдає шкоди здоров'ю. Осідаючи в легенях, частки пластику можуть призвести до найважчих наслідків – раку легень, астмі. Зараз немає даних щодо клінічних випробувань, але місце проведення робіт на 3D принтері має добре вентилюватися. Під час роботи пристрою краще вийти із кімнати. Якщо це з якоїсь причини неможливе, бажано скористатися респіратором із вугільним фільтром.

Для спостереження за роботою 3D принтера бажано встановити камеру, це дозволить залишатися в курсі поточного стану друку та оперативно відреагувати на нештатну ситуацію.

Перед початком друку переконайтеся, що 3D-принтер та кінцеві датчики справні. Тоді при можливому збої принтер сам зупинить друк.

Перед відділенням надрукованої деталі від термостола дочекайтеся його охолодження, в разі нехтування цим правилом є великий ризик отримати опіки при доторканні до поверхні термостола.

➤ Техніка безпеки при роботі з хімічними розчинниками

Якщо ви працюєте з речовинами або поблизу них, варто уникати таких ситуацій:

- Поява імпульсів. Це можуть бути удари, падіння бочки чи вібрація.
- Поява тертя, статичної електрики;
- Поява відкритого вогню, наприклад, сигарета, запальничка, зварювання або багаття;
- Поява в повітрі парів палива та розчинників.

Приміщення, яке використовується для зберігання розчинників або роботи з ними, потрібно регулярно провітрювати і дотримуватися санітарно-технічних норм. Працювати з розчинниками потрібно з використанням засобів захисту та захисного одягу. Наявність респіраторів, масок, окулярів та рукавичок є обов'язковою при роботі з хімічними речовинами. Потрібно одягати захисний костюм, який дозволить закрити ділянки шкіри. У зоні, де йде робота з хімічними речовинами, завжди повинен знаходитись

вогнегасник, і доступ до води. Персонал, який працює з розчинниками, повинен вміти надавати першу медичну допомогу та пройти інструктаж щодо роботи з речовинами. Приміщення, де зберігаються хімікати, і робота з ними, мають бути ізольовані від інших приміщень.