

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного
забезпечення

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти _____ другий магістерський _____
(другий магістерський рівень)

на тему Дослідження та розробка мікроелектронної інформаційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору

Виконав: студент (ка) II курсу, групи 8.1531

Нішанов Т. К.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Напряму підготовки _____
(шифр)

Спеціальності 153

Мікро- та наносистемна техніка

(назва)

Керівник доцент, доцент, к.т.н.

Верьовкін Л. Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент професор кафедри Коваленко В. Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя - 2022 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Рівень вищої освіти другий магістерський
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)

Напрямок підготовки 153
(шифр)

Спеціальність Мікро- та наносистемна техніка
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕІСПЗ
Критська Т.В.

“ 07 ” грудня 20 22 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Нішанову Тимурі Коміловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження та розробка мікроелектронної інформаційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору

керівник проекту (роботи) Верьовкін Леонід Леонідович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “02” червня 2022 року №598-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 01 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Мікроконтролер ATmega8L-16, обробляти отриману інформацію і здійснювати її відображення в інтерпретації зручною для медичного персоналу, напруга живлення 5В, струмом 0,25А

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз функцій зорового аналізатора і методик їх дослідження. Розробка пристрою для електрофізіологічних досліджень патології зорового аналізатора. Техніко-економічне обґрунтування. Охорона праці та техногенна безпека.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Опис команд модуля виміру. Значення вихідного потенціалу дільника при максимальній освітленості датчика. Алгоритм роботи ядра програми. Алгоритм підпрограми виміру

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>I</i>	<i>Верьовкін Л.Л., доцент</i>	
<i>II</i>	<i>Верьовкін Л.Л., доцент</i>	
<i>III</i>	<i>Верьовкін Л.Л., доцент</i>	
<i>IV</i>	<i>Верьовкін Л.Л., доцент</i>	

7. Дата видачі завдання 02.06.2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
<i>1</i>	<i>Аналіз електроретінографічних методів дослідження сітківки ока</i>	<i>08.10.2022</i>	
<i>2</i>	<i>Аналіз функцій зорового аналізатора і методик їх дослідження</i>	<i>15.10.2022</i>	
<i>3</i>	<i>Дослідження варіантів сучасних логічних аналізаторів</i>	<i>18.10.2022</i>	
<i>4</i>	<i>Розробка пристрою для електрофізіологічних досліджень патології зорового аналізатора</i>	<i>04.11.2022</i>	
<i>5</i>	<i>Аналіз апаратно-програмної взаємодії вузлів пристрою</i>	<i>27.11.2022</i>	
<i>6</i>	<i>Техніко-економічне обґрунтування розробки</i>	<i>11.11.2022</i>	
<i>7</i>	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>18.11.2022</i>	
<i>8</i>	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>02.12.2022</i>	
<i>9</i>	<i>Рецензування, нормоконтроль, підписання роботи</i>	<i>10.12.2022</i>	
<i>11</i>	<i>Оприлюднений захист магістерської роботи</i>	<i>14.12.2022</i>	

Студент

(підпис)

Нішанов Т.К.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Верьовкін Л.Л.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

(підпис)

Верьовкін Л.Л.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота містить 109 сторінок, 55 рисунків, 19 таблиць, 3 додатки, 32 джерела літератури.

Об'єкт дослідження: діагностика патології зорового аналізатора.

Актуальність теми: надання медичному персоналу технічного засобу додаткової діагностики патології сітчатки ока.

Мета роботи: дослідження та розробка пристрою для діагностики патології сітківки ока.

Задачі роботи - мінімізація вартості пристрою що реалізується, його багатофункціональність, надійність, точність, простота в експлуатації; максимальна електробезпека; мінімізація розмірів.

Методика досліджень – моделювання пристрою за допомогою програмних забезпечень Electronics Workbench 5.12, SPlan 5.0, Layout 4.0.

Короткий виклад результатів досліджень – пристрій забезпечує управління діагностикою; забезпечує взаємодію з персональним комп'ютером, має можливість проведення діагностики з використанням вимірювального модуля в режимі «транзит»; проводить самотестування та калібровку датчиків і АЦП.

Результати впровадженнь – надання медичному персоналу доступного технічного засобу додаткової діагностики.

Прогнозні пропозиції – розроблений пристрій визначає наявність чи відсутність патології сітчатки ока, що застосовується у визначенні локалізації патології.

СІТКІВКА ОКА, РЕЦЕПТОР, ОПТОТИП, ЕЛЕКТРОРЕТИНОГРАФІЯ, ДАТЧИК, ІНДИКАТОР, МІКРОКОНТРОЛЕР, ІНТЕРФЕЙС, МОДУЛЬ.

Дипломну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення з 01.09.2022 р. по 10.12.2022 р.

Зміст

	Стор.
Вступ	6
1 Аналіз функцій зорового аналізатора і методик їх дослідження.....	8
1.1 Центральний зір	11
1.1.1 Аналіз гостроти зору	11
1.2 Електроретінографічний метод дослідження сітківки ока	15
1.3 Визначення тиску в центральній артерії сітківки	16
1.4 Флуоресцентна ангіографія	17
1.5 Постановка завдання ретінографічного дослідження сітківки ока	18
2 Розробка пристрою для електрофізіологічних досліджень патології зорового аналізатора	26
2.1 Інтерфейси вимірювального модуля	26
2.2 Обґрунтування вибору мікроконтролера	30
2.2.1 Аналіз апаратно-програмної взаємодії вузлів пристрою	34
2.3 Апаратна частина пристрою	35
2.3.1 Модуль виміру	35
2.3.2 Електроживлення модуля виміру	36
2.3.3 Управління імпульсним засвічуванням сітківки ока.....	42
2.3.4 Перетворення аналогового сигналу в цифровий вигляд	44
2.3.5 Відображення інформації в інтерпретації, зручній для медичного персоналу	47
2.3.6 Проведення аналізу освітленості приміщення	49
2.3.7 Використання вимірювального модуля в режимі «транзит»	52
2.4 Програматор пристрою для електрофізіологічних досліджень патології сітківки ока	56
2.5 Обробка і посилення аналогового сигналу	59
2.6 Розробка програми функціонування пристрою	65
2.6.1 Модуль ядра програми	66

	5
2.6.2 Модуль службових підпрограм	69
2.6.3 Модуль інтерфейсу користувача	73
2.6.4 Модулі драйверів	73
3 Техніко-економічне обґрунтування розробки мікроелектронної інформаційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору	84
3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення мікроелектронної інформаційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору	84
3.2 Розрахунок витрат на виробництво мікроелектронної інформаційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору	88
4 Охорона праці та техногенна безпека	90
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	90
4.2 Виробнича санітарія	92
4.3 Електробезпека	94
4.4 Протипожежна та техногенна безпека	95
4.5 Розрахунок середнього рівня шуму на робочому місці оператора	97
Висновки та рекомендації	99
Перелік посилань	100
Додатки	103

Вступ

Розробка нових методів діагностики і відновлення бінокулярного зору відноситься до одного з найважливіших завдань сучасної медицини.

Сучасні засоби мікроелектроніки і розвиток інформаційних технологій дозволяють забезпечити розробку більш доскональних методів діагностування в офтальмології. Підвищення точності результатів діагностики вимагає розширення набору вимірюваних параметрів, вдосконалення вирішень схемотехніки вживаного устаткування, розробки аналітичних інформаційно-програмних застосувань.

Разом із загальновідомими функціональними і психофізичними методами дослідження, електрофізіологічне дослідження патологій сітківки ока є необхідним методом в кількісній і якісній оцінці функціонального стану нейронів 1-го і 2-го порядку, в питаннях локалізації патологічного процесу.

Зорові викликані потенціали є сумарною відповіддю великих популяцій нейронів кори на прихід синхронного потоку імпульсів, що виникають під дією аферентного роздратування. Зорові викликані потенціали реєструється у вигляді певної послідовності компонентів, що відрізняються полярністю і піковою латентністю.

Актуальність проведення діагностичних заходів ретинальної гостроти зору грає велику роль, оскільки ухвалення рішення при визначенні і постановці діагнозу базується на безлічі досліджень, що проводяться, з пацієнтом. Важливість цього питання полягає в наданні медичному персоналу додаткового технічного засобу електрофізіологічного дослідження, виконаного з врахуванням світового і вітчизняного досвіду в області офтальмології, для підтвердження або спростування поставленого діагнозу і прийнятті на його основі рішення про тактику проведення лікувальних заходів, доцільність проведення тих або інших оперативних втручань і спостереження за пацієнтом після проведення відповідної терапії.

Діагностичні пристрої електрофізіологічних досліджень, використовувані на даному етапі технічного розвитку офтальмології, мають необґрунтовано високу вартість, крупні габарити, недостатню точність виміру, складність в експлуатації, реалізації і технічному обслуговування. Наслідком цього є висока погрішність проведених досліджень і недолік необхідного діагностичного устаткування в офтальмологічних клініках.

У зв'язку з вищевикладеним актуальна необхідність вирішення цієї проблеми шляхом проведення дослідження на основі порівняння, з врахуванням динаміки технічного розвитку офтальмології, узагальнення світового і вітчизняного досвіду із залученням сучасних методик, і розробки пристрою для діагностики патології сітківки ока.

1 Аналіз функцій зорового аналізатора і методик їх дослідження

Зоровий аналізатор людини є складною нервово-рецепторною системою, призначеною для сприйняття і аналізу світлових роздратувань. Згідно І. П. Павлову, в ній, як і в будь-якому аналізаторі, є три основні відділи: рецепторний, провідниковий і кірковий. У периферичних рецепторах (сітківці ока) відбуваються сприйняття світла і первинний аналіз зорових відчуттів. Провідниковий відділ включає зорові дороги і очорухові нерви. У кірковий відділ аналізатора, розташований в області шпорної борозни потиличної долі мозку, поступають імпульси, як від фоторецепторів сітківки, так і від пропріорецепторів зовнішніх м'язів очного яблука, а також м'язів, закладених в райдужці і війному тілі. Крім того, є тісні асоціативні зв'язки з другими системами аналізаторів.

Джерелом діяльності зорового аналізатора є перетворення світлової енергії на нервовий процес, що виникає в органі чуття. Людське око сприймає світло з довжиною хвилі 380 – 760 нм. Проте в спеціально створених умовах цей діапазон помітно розширюється у бік інфрачервоної частини спектру до 950 нм і у бік ультрафіолетової частини до 290 нм. Такий діапазон світлової чутливості ока обумовлений формуванням його фоторецепторів пристосованих до сонячного спектру. Земна атмосфера на рівні моря повністю поглинає ультрафіолетові промені з довжиною хвилі менше 290 нм, частина ультрафіолетового випромінювання (до 360 нм) затримується рогівкою і особливо кришталиком.

Обмеження сприйняття довгохвильового інфрачервоного вилучення пов'язане з тим, що внутрішні оболонки ока самі вилучають енергію, зосереджену в інфрачервоній частині спектру. Чутливість ока до цих променів привела б до зниження чіткості зображення предметів на сітківці за рахунок освітлення порожнини ока світлом, що витикає з його оболонки.

Зоровий акт є складним нейрофізіологічним процесом, багато деталей якого ще не з'ясовано. Він складається з чотирьох основних етапів.

1. За допомогою оптичних середовищ ока (рогівка, кришталік) на фоторецепторах сітківки утворюється дійсне, але інвертоване (перевернуте) зображення предметів зовнішнього світу.

2. Під впливом світлової енергії у фоторецепторах (колбочки, палички) відбувається складний фотохімічний процес, що наводить до розпаду зорових пігментів з подальшою їх регенерацією за участю вітаміну А і інших речовин. Цей фотохімічний процес сприяє трансформації світлової енергії в нервові імпульси. Правда, до цих пір не ясно, яким чином зоровий пурпур бере участь в збудженні фоторецепторів. Світлі, темні і колірні деталі зображення предметів по різному збуджують фоторецептори сітківки і дозволяють сприймати світло, колір, форму і просторові стосунки предметів зовнішнього світу.

3. Імпульси, що виникли у фоторецепторах, проводяться по нервових волокнах до зорових центрів кори великого мозку.

4. У кіркових центрах відбувається перетворення енергії нервового імпульсу на зорове відчуття і сприйняття. Проте до цих пір невідомо, яким чином відбувається це перетворення.

Таким чином, око є дистантним рецептором, що дає інформацію про зовнішній світ без безпосереднього контакту з його предметами. Тісний зв'язок з іншими системами аналізаторів дозволяє за допомогою зору на відстані отримати уявлення про властивості предмету, які можуть бути сприйняті лише іншими рецепторами, - смаковими, нюховими, тактильними. Так, вигляд лимона і цукру створює уявлення про кислий і солодкий, вигляд квітки - про його запах, снігу і вогню - про температуру і тому подібне. Поєднаний і взаємний зв'язок різних рецепторних систем в єдину сукупність створюється в процесі індивідуального розвитку.

Дистантний характер зорових відчуттів робив істотний вплив на процес природного відбору, полегшуючи добування їжі, своєчасно сигналізуючи про небезпеку і сприяючи вільній орієнтації в навколишньому оточенні. В проце-

сі еволюції йшло вдосконалення зорових функцій, і вони стали найважливішим джерелом інформації про зовнішній світ.

Основою всіх зорових функцій є світлова чутливість ока. Функціональна здатність сітківки нерівноцінна на всьому її протязі. Найбільш висока вона в області плями і, особливо в центральній ямці. Тут сітківка представлена лише нейроепітелієм і складається виключно з високодиференційованих колбочок. При розгляді будь-якого предмета око встановлюється таким чином, що зображення предмету завжди проектується на область центральної ямки. На останній частині сітківки переважають менш диференційовані фоторецептори - палички, і чим далі від центру проектується зображення предмету, тим менш виразно воно сприймається.

У зв'язку з тим, що сітківка тварин, ведучих нічний спосіб життя, складається переважно з паличок, а денних тварин з колбочок, М. Шульце в 1868 р. висловив припущення про подвійну природу зору, згідно якому денний зір здійснюється колбочками, а нічне - паличками. Паличковий апарат володіє високою світлочутливістю, але не здатен передавати відчуття кольорності; колбочки забезпечують кольоровий зір, але значно менш чутливі до слабкого світла і функціонують лише при хорошому освітленні.

Залежно від міри освітленості можна виділити три різновиди функціональної здатності ока.

1. Денний (фотопічний) зір здійснюється колбочковим апаратом ока при великій інтенсивності освітлення. Він характеризується високою гостротою зору і хорошим сприйняттям кольору.

2. Смерковий (мезопічний) зір здійснюється паличковим апаратом ока при слабкій мірі освітленості (0,1 - 0,3лк). Він характеризується низькою гостротою зору і ахроматичним сприйняттям предметів. Відсутність світлосприяття при слабкому освітленні добре показано в прислів'ї «вночі всі кішки сірі».

3. Нічний (скотопічний) зір також здійснюється паличками при пороговій і надпороговій освітленості. Воно зводиться лише до відчуття світла.

Таким чином, подвійна природа зору вимагає диференційованого підходу до оцінки зорових функцій. Слід розрізняти центральний і периферичний зір.

Центральний зір здійснюється колбочковим апаратом сітківки. Він характеризується високою гостротою зору і сприйняттям кольору. Іншою важливою рисою центрального зору є візуальне сприйняття форми предмету. У здійсненні форменого зору вирішальна роль належить кірковому відділу зорового аналізатора. Так, людське око легко формує ряди точок у вигляді трикутників, похилих ліній за рахунок лише кіркових асоціацій (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Графічна модель, що демонструє участь кіркового відділу зорового аналізатора в сприйнятті форм предмету

Значення кори великого мозку в здійсненні форменого зору підтверджують випадки втрати здатності розпізнавати форму предметів, спостережуваних інколи при пошкодженні потиличних доль мозку.

Периферичний паличковий зір служить для орієнтації в просторі і забезпечує нічний і смерковий зір.

1.1 Центральний зір

1.1.1 Аналіз гостроти зору

Для розпізнавання предметів зовнішнього світу необхідно не лише виділити їх по яскравості або кольору на довколишньому фоні, але і розрізнити

в них окремі деталі. Чим дрібнішу деталь може сприйняти око, тим вище гострота його зору (*visus*).

Під гостротою зору прийнято розуміти здатність ока сприймати окремо крапки, розташовані одна від одної на мінімальній відстані. При розгляді темних крапок на світлому фоні їх зображення на сітківці викликають збудження фоторецепторів, що кількісно відрізняється від збудження, що викликається довколишнім фоном. У зв'язку з цим стає різним світлий проміжок між крапками, і вони сприймаються як роздільні. Величина проміжку між зображеннями крапок на сітківці залежить як від відстані між ними на екрані, так і від віддаленості їх від ока. У цьому легко переконатися, віддаляючи книгу від ока. Спочатку зникнуть найбільш дрібні проміжки між деталями букв і останні стають нерозбірливими, нарешті, відбувається злиття рядків в загальний фон. Предмет і його деталі різної величини і віддаленості від ока утворюють на сітківці рівні зображення, якщо їх видно під одним кутом зору (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Кут, під яким видно об'єкт характеризує взаємозв'язок між величиною об'єкту і віддаленістю його від ока

Кут, утворений крайніми точками даного об'єкту і вузловою точкою ока, називається точкою зору. Гострота зору зворотно пропорційна точці зору, чим менше точка зору, тим вище гострота зору. Мінімальна точка зору, що дозволяє окремо сприймати дві крапки, характеризує гостроту зору досліджуваного ока.

Визначення мінімального кута зору для нормального ока людини має трьохсотрічну історію. У 1674 р. Гук за допомогою телескопа встановив, що

мінімальна відстань між зірками, доступна для їх роздільного сприйняття незброєним оком, дорівнює 1 кутовій хвилині. Майже через 200 років, в 1862р., Г. Снеллен використовував цю величину при побудові таблиць для визначення гостроти зору, прийнявши кут зору 1' за фізіологічну норму. У 1909 р. на інтернаціональному конгресі офтальмологів в Неаполі кут зору 1' був остаточно затверджений як міжнародний еталон нормальної гостроти зору. Проте вимірювати гостроту зору зручніше не в кутових, а в відносних величинах. За нормальну гостроту зору, рівну одиниці ($\text{visus} = 1,0$), прийнята зворотна величина кута зору 1'. Якщо цей кут буде більший (наприклад 5'), то гострота зору зменшується ($1/5 = 0,2$), а якщо він менший (наприклад 0,5'), то гострота зору збільшується удвічі ($\text{visus} = 2,0$) і так далі. Гострота зору 1,0 не межа, а швидше характеризує нижній кордон норми. Зустрічаються люди з гостротою зору 1,5; 2,0; 3,0 і більш за одиниці.

Межа розрізняльної здатності ока багато в чому обумовлена анатомічними розмірами фоторецепторів плями. Так, кут зору 1' відповідає на сітківці лінійній величині 0,004 мм, що, наприклад, дорівнює діаметру однієї колбочки. При меншій відстані, коли зображення падає на одну або дві сусідні колбочки крапки сприймаються злито. Роздільне сприйняття точок можливо лише в тому випадку, якщо між двома збудженими колбочками знаходиться одна інтактна.

У зв'язку з нерівномірним розподілом колбочок в сітківці різні її ділянки нерівноцінні по гостроті зору. Найбільш висока гострота зору в області центральної ямки плями, а у міру видалення від неї вона швидко падає. Вже на відстані 10° від центральної ямки гострота зору дорівнює всього 0,2 і ще більш знижується до периферії, тому правильніше говорити не про гостроту зору взагалі, а про гостроту центрального зору.

Гострота центрального зору міняється в різні періоди життєвого циклу. Так, в новонароджених вона дуже низька. Формений зір з'являється у дітей після встановлення стійкої центральної фіксації. У 4-місячному віці гострота

зору декілька менше 0,01 і до 1 року поступово досягає 0,1 - 0,3. Гострота зору стає нормальною до 5 - 15 років.

Для дослідження гостроти зору застосовують таблиці, маючі декілька рядів спеціально підібраних знаків, які називають оптотипами. Як оптотипи використовують букви, цифри, гачки, смуги, малюнки і тому подібне. Ще Г.Снеллен в 1862 р. запропонував викреслювати оптотипи так, щоб весь знак був видний під кутом зору 5', а його деталі - під кутом 1'. Під деталлю знаку розуміється як товщина ліній, що складають оптотип, так і проміжок між цими лініями. На рисунку 1.3 видно, що всі лінії, що складають оптотип Е, і проміжки між ними в 5 разів менше розмірів самої букви. З метою виключити елемент вгадування букви, зробити всі знаки в таблиці ідентичними по впізнанню і однаково зручними для обстеження грамотних і безграмотних людей різних національностей Ландольт запропонував використовувати як оптотип незамкнуті кільця різної величини. З заданої відстані весь оптотип також видно під кутом зору в 5', а товщина кільця, рівна величині розриву, - під кутом в 1'. Обстежуваний повинен визначити, з якого боку кільця розташований розрив.

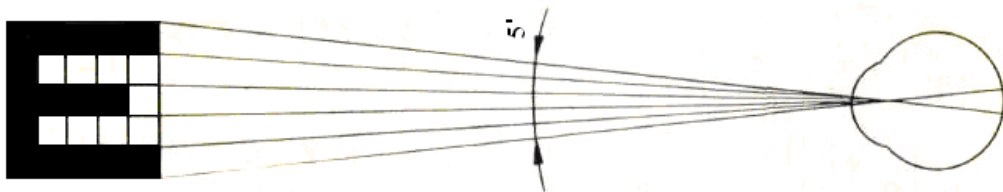


Рисунок 1.3 - Принцип побудови оптотипу Снеллена

В Україні найбільш поширені таблиці Сівцева, в які разом з таблицею, складеною з кілець Ландольта, входить таблиця з буквеними оптотипами (рис. 1.3). У цих таблицях букви підібрані на підставі розрахунку їх величини і кутових розмірів деталей. Кожна таблиця побудована з 10 - 12 рядів оптотипів. У кожному ряду розміри оптотипів однакові, але поступово зменшуються від верхнього ряду до нижнього. Вказана відстань, з якої деталі оптотипів даного ряду видно під кутом зору 1'. Гостроту зору розраховують по формулі Снеллена:

$$visus = \frac{d}{D},$$

де d - найбільша відстань, з якої пацієнт розрізняє знаки; D - відстань, з якої деталі опто типу видно під кутом зору $1'$ (норма).

Наприклад, обстежуваний з відстані 5 м читає 1-й ряд. Нормальне око розрізняє знаки цього ряду з 50 м. Отже:

$$visus = \frac{5\text{м}}{50\text{м}} = 0,1$$

Зміна величини опто типів виконана в арифметичній регресії в десятковій системі так, що при дослідженні з 5 м читання кожній подальший рядок зверху вниз свідчить про збільшення гостроти зору на одну десяту: верхній рядок - 0,1, другий - 0,2 і так далі до 10-го рядка, який відповідає одиниці. Цей принцип порушений лише в двох останніх рядках, оскільки читання 11-го рядка відповідає гостроті зору 1,5, а 12-й - 2,0. Гострота зору, відповідна читанню рядка з відстані 5 м, проставлена в таблицях в кінці кожного ряду (праворуч від опто типів).

1.2 Електроретинографічний метод дослідження сітківки ока

Електроретинографія - графічний запис потенціалів, використовується як додатковий метод діагностики при різних захворюваннях сітківки. Після імпульсного засвітлення сітківки реєстрація потенціалів може бути вироблена за допомогою спеціальної апаратури через електрод, упаяний в контактну лінзу, яку накладають на око, потім виробляють спалах імпульсної лампи значної інтенсивності і малої тривалості.

Запис потенціалів відображає функціональний стан колбочкового і паличкового апарату сітківки, а також шару пігментного епітелію (рис. 1.4), де I – пігментний епітелій; II – шар паличок і колбочок; III – зовнішня гліальна погранична мембрана; IV – зовнішній зернистий шар; V – зовнішній сітчастий шар; VI – внутрішній зернистий шар; VII – внутрішній сітчастий шар;

VIII – гангліонарний шар; IX – шар нервових волокон; X – внутрішня гліальна погранична мембрана; XI – склоподібне тіло.

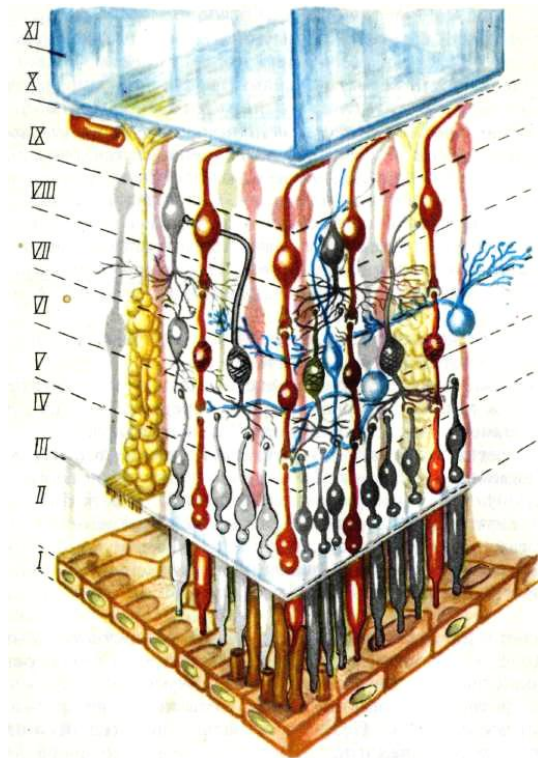


Рисунок 1.4 – Структура сітківки (схема)

1.3 Визначення тиску в центральній артерії сітківки

Офтальмодинамометрія — спеціальний метод дослідження, який дозволяє визначити тиск в центральній артерії сітківки, що має важливе діагностичне значення при різних видах місцевої і загальної судинної патології.

Метод заснований на принципі виміру величини компресії очного яблука, необхідній для появи пульсації в центральній артерії сітківки. Пульсація центральної артерії сітківки виникає у момент вирівнювання внутрішньоочного і артеріального тиску. Рівень офтальмотонуса при даній компресії відповідає тиску діастолі. При подальшому підвищенні внутрішньоочного тиску артеріальний пульс зникає (рівень тиску систолі). Для офтальмодинамометрії використовують прилад офтальмодинамометр (рис.1.5).

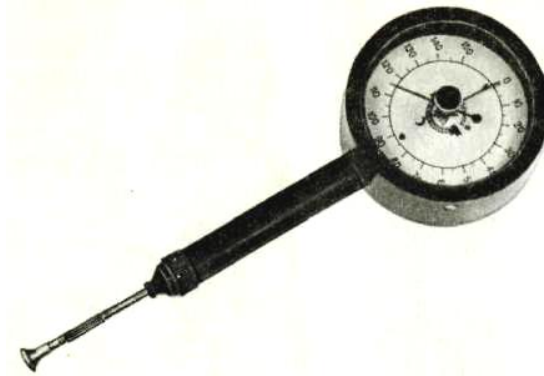


Рисунок 1.5 – Офтальмодинамометр

Підвищення внутрішньоочного тиску досягають шляхом натискання датчиком приладу на очне яблуко в області прикріплення латерального прямого м'яза.

1.4 Флуоресцентна ангиографія

Флуоресцентна ангиографія є методом об'єктивної фотореєстрації контрастованих флюоресцеиниом судів очного дна. У основі методу лежить здатність флюоресцеїну давати яскраве свічення в променях полі- або монохроматичного світла.

З метою контрастування судин сітківки в ліктьову вену вводять стерильний апірогенний розчин натрієвої солі флюоресцеїна. Барвник, поширюючись з потоком крові по всьому організму, через 9 - 10с поступає в око. Для спостереження і реєстрації явища флюоресценції використовують спеціальні апарат - ретінофот (рис. 1.6), що дозволяє протягом короткого відрізка часу зробити серію високоякісних фотознімків очного дна.

У здорових осіб не представляється можливим спостерігати циркуляцію флюоресцеїну в судинах судинної оболонки зважаючи на наявність пігментного епітелію і кліток що містять меланін, тоді як при послідовному заповненні судин сітківки можна виділити артеріальну, капілярну і венозну фази загальною тривалістю 2 - 4 хвилини.

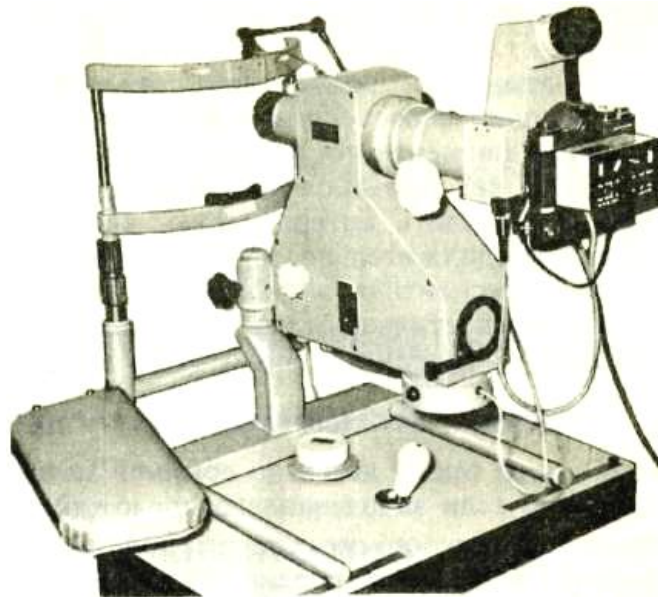


Рисунок 1.6 – Ретінофот

Флуоресцентна ангиографія є коштовним диференціально-діагностичним методом дослідження при захворюваннях середньої і внутрішньої оболонок ока і зорового нерва.

1.5 Постановка завдання ретінографічного дослідження сітківки ока

Вимірювальний електрод повинен розміщуватися на внутрішній поверхні сітківки, або на рогівці. Наприклад, вимірювальний електрод, виготовлений з Ag/AgCl , приєднується до ока за допомогою спеціальної контактної лінзи. Аби такі контактні лінзи мали хороший електричний контакт з рогівкою (яка дуже тонка), вони повинні мати спеціальне наповнення.

Опорний (індиферентний) електрод розміщується на щоці, лобі або мочці вуха. Розміщення цього електроду поблизу ока менш зручно, оскільки сигнал, що знімається, утворює артефактний сигнал.

Сигнал, що знімається, відображує розподілену електричну реакцію на сітківці на біоелектричне збудження.

Для здобуття відгуку сітківки слід використовувати імпульсний засвіт значної інтенсивності і малої тривалості.

Встановлено, що палички сітківки людини можуть за певних умов сигналізувати про поглинання одиночного фотона, який активізує один з 100 мільйонів молекул родопсину в паличці. Відгук палички на єдиний фотон був вимірний у вигляді струму фоторецептора (одиниці пікоампер). Неможливо виміряти електричну реакцію у вигляді напруги, оскільки гіперполяризаційний відгук, розділений між 10 (і більш) паличками (між ними циркулюють клітинні струми).

Поглинання одного фотона колбочкою обусловлює струм порядку 10^{-14} А (тобто в сто разів меншого рівня, чим в разі палички). Тому відгук колбочки на одиночний фотон виміряти неможливо, тому що він дуже малий, нижче, ніж рівень шуму. Швидкість квантової реакції в колби приблизно в чотири рази більш ніж квантовій реакції палички.

По сучасним дослідженням, якщо фоторецептори поглинають світло, в їх клітках виникають потенціали дії. Поверхнева мембрана фоторецепторів, як і в інших клітках, розділяє потоки з різними концентраціями іонів. Із зовнішнього боку і в середині рецепторної клітки в першому наближенні є іони натрію і калію. Із зовнішнього боку концентрація іонів натрію висока, а калію низька. В середині фоторецепторних кліток навпаки. Різниця в концентрації стримується помпою, яка за рахунок енергії, що утворюється при метаболічних процесах, витісняє з клітки іони натрію і додає іони калію. Оскільки концентрація іонів калію в середині клітки вища, вони намагаються за допомогою дифузії вибратися з клітки. В результаті дифузійного струму має місце перенесення зарядів з середини мембрани на зовнішні сторони. Внутрішня поверхня стає більш негативною по відношенню до зовнішньої.

В стані спокою в середині негативний потенціал складає приблизно 40 мВ у відношенні до екстрацелюлярного середовища. Після освітлення максимальна різниця потенціалів досягає 80 мВ. Збільшення різниці потенціалів (воно залежить від інтенсивності стимулювання і значення базового освітлення), яке називають гіперполяризацією, виникає унаслідок зменшення прозорості мембрани для іонів натрію.

Базова інформація про зовнішнє освітлення для зору репрезентується наявністю або відсутністю потенціалів дії, їх взаємною і тимчасовою залежністю і тимчасовим запізнюванням першої потенційної хвилі (від початку стимулювання).

Електрична реакція фоторецепторів на світловий імпульс складається з реакцій двох видів. Первинний рецепторний потенціал утворюється з малою латенцією (часто коротше, ніж 1мс) і є наслідком перетворення молекули пігменту зору.

Для діагностичної практики більше значення має вторинний рецепторний потенціал, який виникає в результаті гіперполяризації клітинної мембрани палички. Амплітуда гіперполяризації збільшується при збільшенні інтенсивності збудження (стимулювання).

Після зняття сигналу з аналогового датчика він подається на підсилювач. Наприклад, виконаний за неінвертуючим типом на основі операційного підсилювача (рис. 1.7).

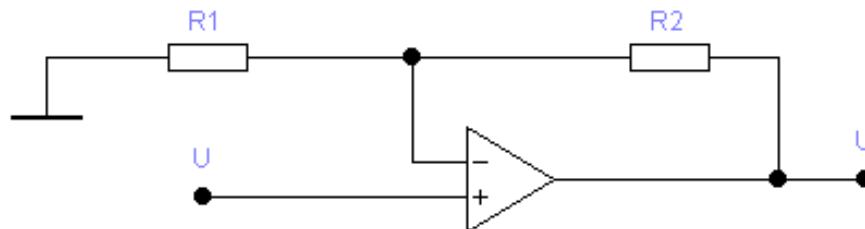


Рисунок 1.7 – Неінвертуюча схема посилення, виконана на основі операційного підсилювача

$$U_{вих} = \frac{R1 + R2}{R1} \cdot U_{вх}$$

$$R_{дж.} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

Після чого посилений сигнал подається на схему попередньої обробки для перетворення електричного струму в напругу (рис. 1.8).

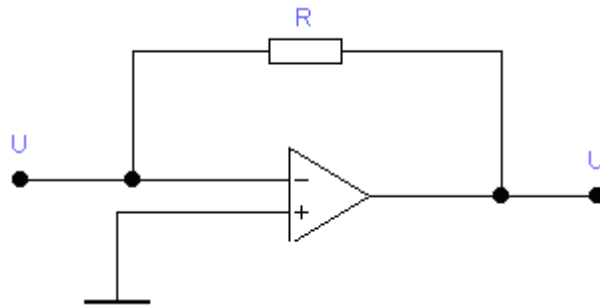


Рисунок 1.8 - Схема попередньої обробки: перетворювач «електричний струм – напруга», побудована на основі операційного підсилювача

$$U_{\text{вих}} = R \cdot I_{\text{вих}}$$

Вихідний сигнал датчика посилений, після первинної обробки перетворюється на аналогову напругу оптимального рівня, а потім за допомогою АЦП перетвориться в цифровий сигнал.

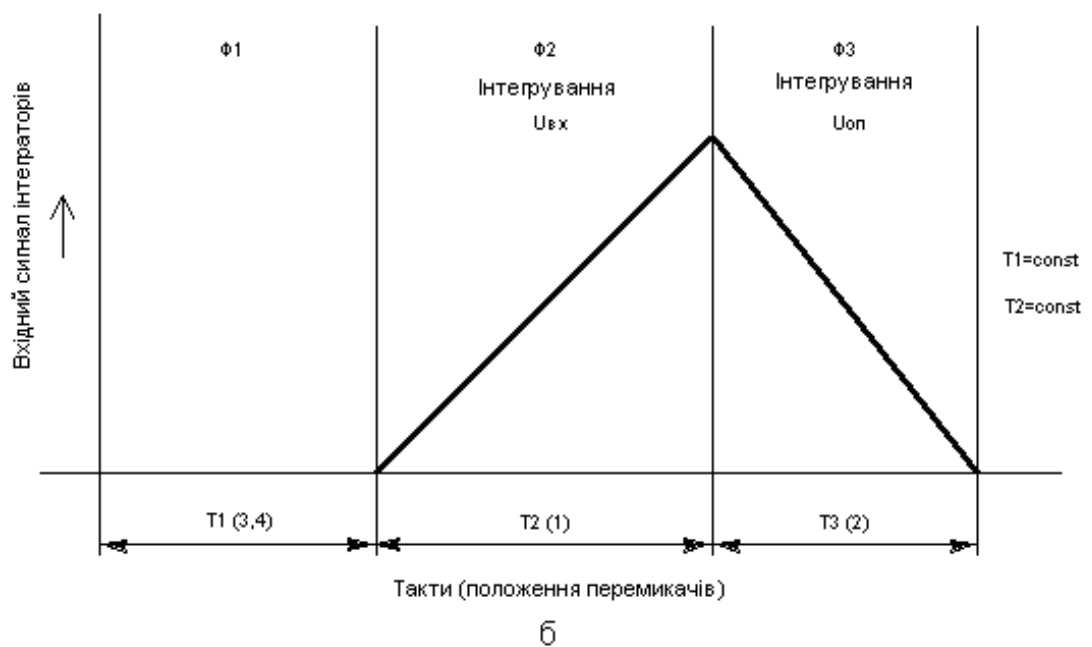
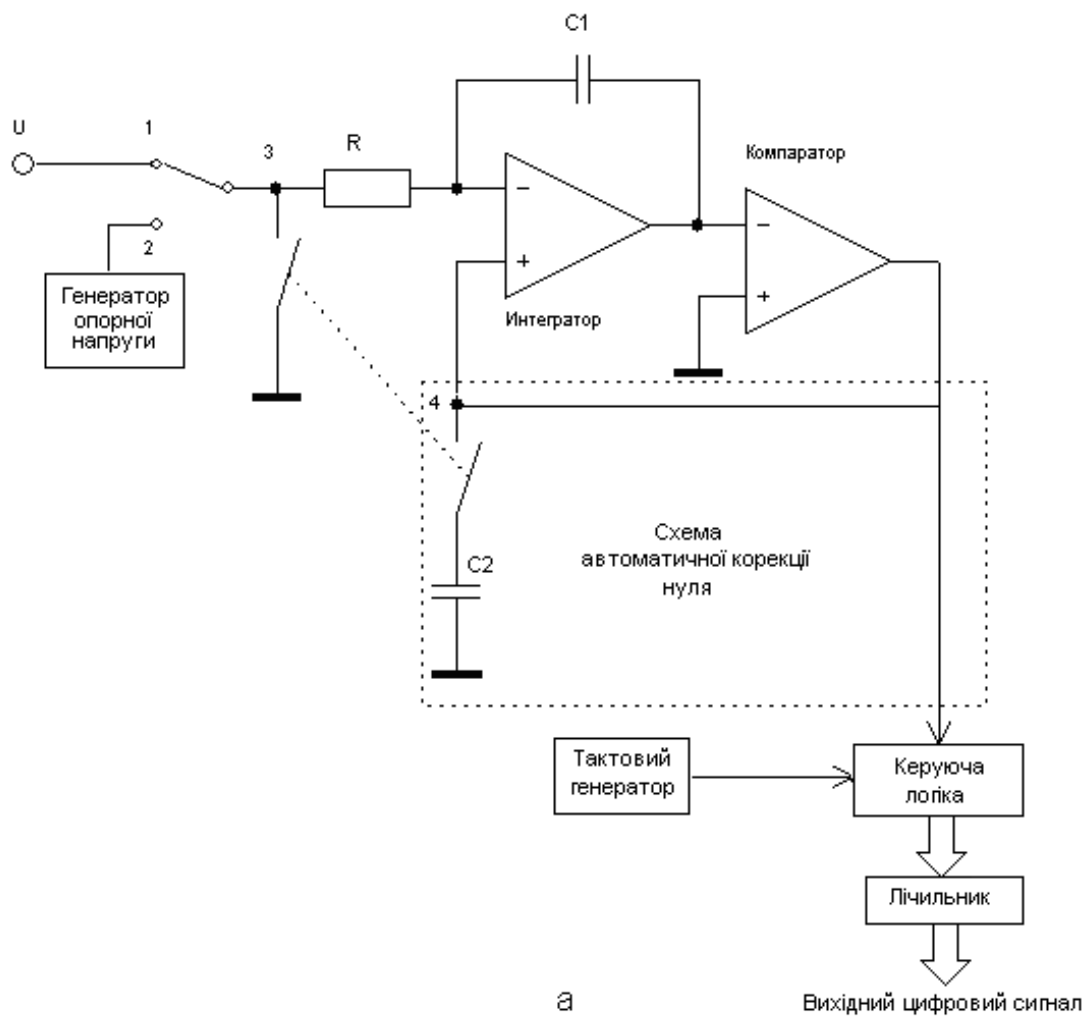
Вибравши як аналого-цифрове перетворення метод з інтеграцією і варіант з двома нахилами інтеграції (з подвійною інтеграцією) ми отримаємо хорошу лінійність характеристики, малі шуми і низьку вартість (рис. 1.9).

Для часткового вирішення проблеми швидкодії і збільшення роздільної здатності раціонально перед АЦП включають схему вибірки/зпам'ятовування (рис. 1.10). Реальний вихідний сигнал може містити шумові високочастотні складові, тому перед схемою вибірки/запам'ятовування формується фільтр нижніх частот, що пригнічує шуми.

Дані, отримані в результаті перетворення в АЦП, необхідно ввести в мікро-ЕОМ. Існує загальний метод введення подібних даних: шляхом розшифровки коду адресної шини ЕОМ вибирається АЦП, потім дається стартова команда для початку перетворення, а після його закінчення отримані дані переводяться в пам'ять ЕОМ.

Конкретне здійснення цього методу залежить як від типа АЦП, так і від архітектури самої ЕОМ.

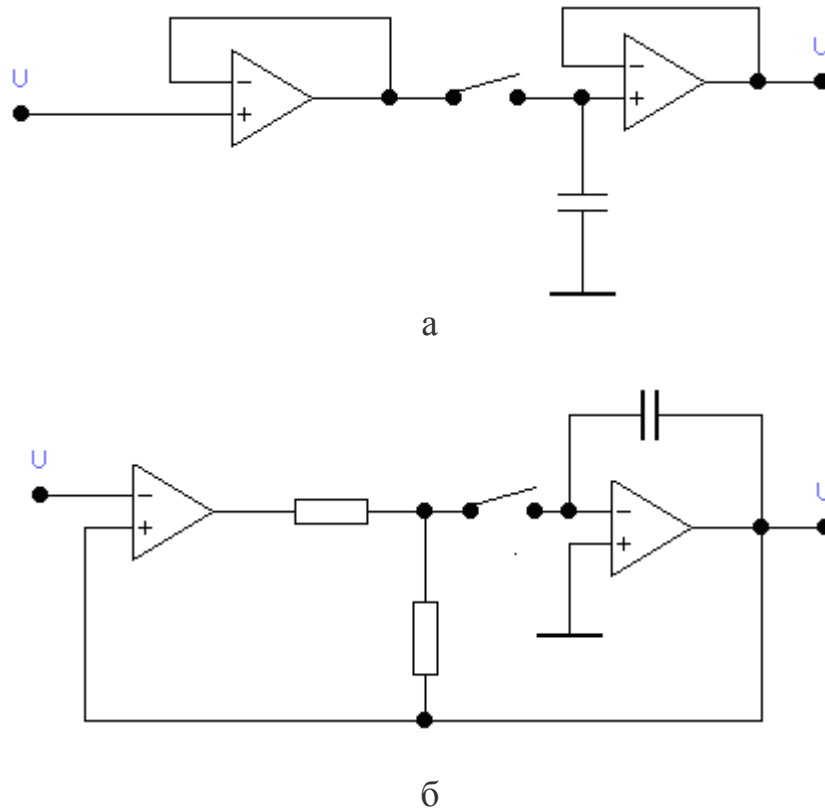
Для вибору адреси АЦП в загальній пам'яті ЕОМ або спеціальної пам'яті організовується карта введення/виведення (рис. 1.11).



а – схема;

б – часова діаграма

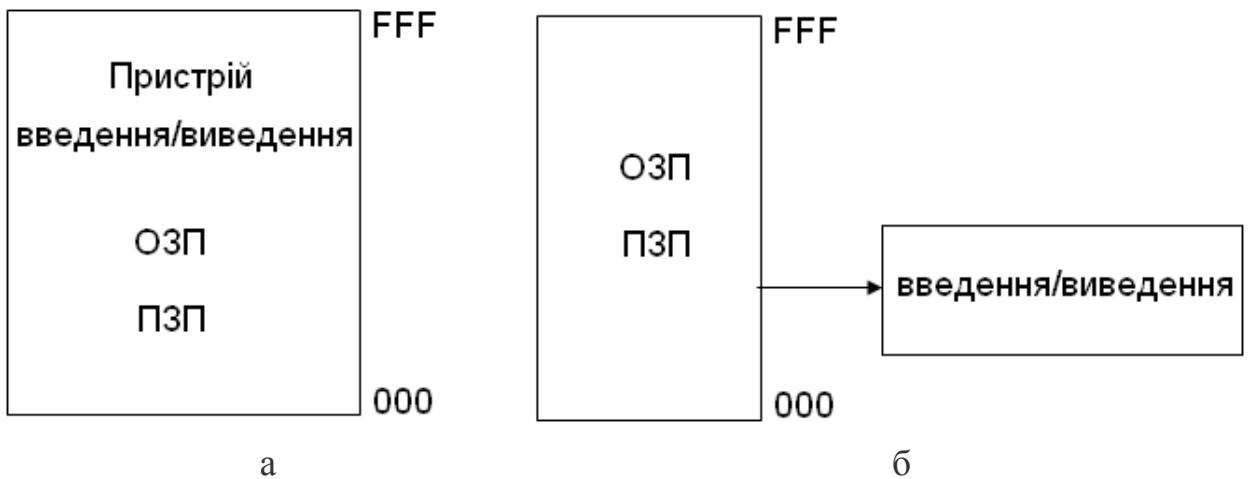
Рисунок 1.9 – АЦП з подвійною інтеграцією



а – розімкнений контур;

б – замкнутий контур

Рисунок 1.10 – Схема вибірки/запам'ятовування



а – в загальній пам'яті;

б – в спеціальній пам'яті

Рисунок 1.11 – Карта введення/виведення

У першому випадку адреси АЦП заносяться в порожні елементи загальної пам'яті і для звернення до перетворювачів можна використовувати різні

команди опиту пам'яті. Цей метод застосовний для мікропроцесорної серії 6800, де відсутній окремо виділений адресний простір для введення/виведення. У другому випадку, як, наприклад, в системах на мікропроцесорах Z80, є спеціальна пам'ять для введення/виведення, тому загальна пам'ять EOM може бути використана ефективніше. На рисунку 1.12 представлена схема вибору адреси АЦП за допомогою спеціальної обладнаній пам'яті введення/виведення.

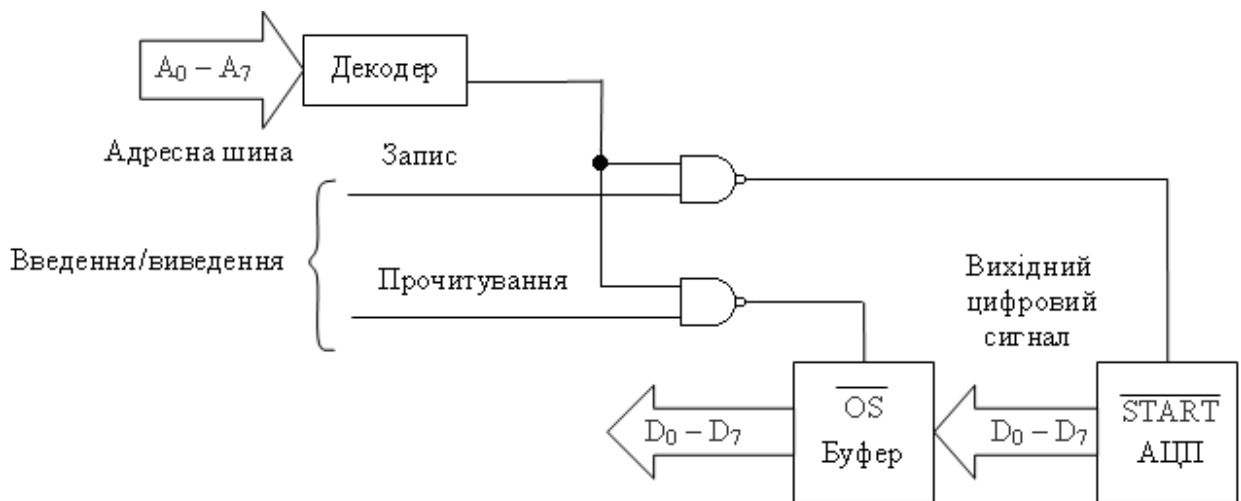


Рисунок 1.12 – Вибір АЦП по карті введення-виведення у відведеній для цього пам'яті

Існують різні способи здобуття результатів перетворення після того, як подана від мікро-ЕОМ в АЦП стартова команда і перетворення завершені.

Метод переривань. Після видачі в АЦП стартової команди мікро-ЕОМ продовжує працювати за своєю програмою. Але як тільки перетворення закінчується, АЦП видає сигнал запиту на переривання. Мікро-ЕОМ відповідно до сигналу від АЦП тимчасово перериває виконання поточної програми і виробляє зчитування даних перетворення. Цей метод зчитування особливо прийнятний при використанні АЦП з інтеграцією, в яких тривалість перетворення порівняно велика і залежить від значення вхідного сигналу.

Метод прямого доступу до пам'яті. Дані з АЦП за допомогою контролера прямого доступу до пам'яті, минувши центральний процесор, перено-

сяться безпосередньо в пам'ять ЕОМ. Цей спосіб зручно використовувати при великому об'ємі даних, що отримуються від швидкодіючих АЦП.

Подальша реалізація сигналу що поступив від АЦП виробляється робочою програмою Мікро-ЕОМ з відповідною базою знань на прикладі експертних систем.

Метою дипломної роботи є розробка пристрою для електрофізіологічних досліджень патології зорового аналізатора

Для досягнення поставленої мети слід вирішити завдання:

- виконати узгодження аналогового датчика (електроду, упаяного в контактну лінзу) з Мікро-ЕОМ;
- здійснити передачу сигналу від аналогового датчика;
- виконати аналого-цифрове перетворення з інтеграцією;
- розробити периферійні схеми;
- розробити схеми вибірки-запам'ятовування;
- виконати узгодження аналого-цифрового перетворювача з Мікро-ЕОМ.

2 Розробка пристрою для електрофізіологічних досліджень патології зорового аналізатора

Вимоги, що пред'являються до розробленого пристрою діагностики патології сітківки ока (ретинальної гостроти зору):

- пристрій повинен забезпечувати управління діагностикою (здійснювати передачу команд і прийом інформації з датчиків);
- обробка отриманої інформації, вивід і її відображення повинні здійснюватися в інтерпретації зручною для медичного персоналу;
- організувати можливість передачі вимірних даних на персональний комп'ютер, з метою подальшого відображення, статистичної обробки і аналізу;
- передбачити можливість проведення діагностичного виміру під управлінням ПК, з використанням вимірювального модуля, в режимі «транзит»;
- передбачити можливість оновлення програмного забезпечення контролера крайового пристрою (Firmware - вбудований BIOS);
- передбачити можливість калібрування використовуваних датчиків і схем аналого-цифрового перетворення;
- передбачити самотестування пристрою з максимальною оцінкою його можливостей;
- забезпечити живлення пристрою від мережі змінного струму 220 В.

2.1 Інтерфейси вимірювального модуля

На підставі викладених вимог до проєктованого пристрою можна виділити наступні інтерфейси для реалізації сформульованих завдань для вимірювального модуля.

1. Схема скидання мікроконтролера при зниженні живлячої напруги нижче допустимого рівня, з можливістю ручного скидання пристрою.

2. Клавіатура, з можливістю вибору режиму роботи пристрою, проведення вимірів, калібрування датчиків, АЦП і варіантів взаємодіючих інтерфейсів користувача.

3. Дисплей, з можливістю відображення алфавітно-цифрової інформації.

4. Інтерфейс датчика, з можливістю управління виміром і прийомом інформації від датчиків.

5. Інтерфейс програмування, з можливістю внутрішньосхемного програмування.

Інтерфейси, якими здійснюється взаємодія ПК з периферійними пристроями можна умовно розділити на безпроводні і дротяні. Безпроводні інтерфейси мають гіршу перешкодозахищеність і набагато вищу вартість порівняно з дротяними.

Як інтерфейс взаємодії з ПК розглянемо LPT-порт, сом-порт і USB-порт. Результати порівняння пристрою, що розробляється по важливим критеріям зведені в таблицю 2.1 [17].

Таблиця 2.1 – Критерії інтерфейсної взаємодії

Параметри		LPT-порт	COM-порт	USB-порт
1	Відстань між ЕОМ і крайовим пристроєм	До 1,5 м	Залежить від швидкості обміну. До 10 м	3 м
2	Кількість провідників в інтерфейсному сигналі	17	3 - 7	4
3	Підтримка інтерфейсу в нових пристроях і персональних комп'ютерах	Не рекомендовано	Не рекомендовано	Рекомендовано



Аналіз параметрів інтерфейсів дозволяє зробити вибір на користь USB-порту. До відомих недоліків цього інтерфейсу можна віднести складність його

го реалізації, оскільки вона повинна забезпечувати сумісність із стандартом Plug & Play (P&P).

Клавіатура.

Клавіатуру по типах можна розділити на активну і пасивну. Активна клавіатура містить в собі електронну схему, яка здійснює обробку натиснення клавiші («опит клавіатури»). У пасивній клавіатурі обробка натиснення клавiш виробляється програмно - цільовим пристроєм.

На підставі вимог, що пред'являються до пристрою діагностики ретиальної гостроти зору як клавіатура вистачає трьох кнопок:

1. «Вимір / Введення» (здійснює вибір режиму).
2. «Меню  » (здійснює циклічний перебір режимів роботи і налаштувань).
3. «Вибір  » (здійснює вибір варіантів взаємодії, наприклад відповідей «так – немає» в діалогах).

У зв'язку з невеликою кількістю кнопок клавіатури найбільш оптимальною з точки зору витрат по вживанню є пасивна клавіатура. При цьому бажано її реалізація з використанням переривань замість постійного опиту.

Інтерфейс датчиків.

Інтерфейс датчиків повинен забезпечувати посилку сигналів, що управляють, на датчик, а також їх прийом.

Сигнал, що управляє, представлений логічними значеннями «включено» / «вимкнено» і найбільш оптимально може бути реалізований в цифровому вигляді.

Прийом сигналу можливий в двох варіантах – цифровому і аналоговому.

Прийом сигналу в цифровому вигляді дозволяє зменшити кількість перешкод і понизити навантаження на пристрій, але володіє двома істотними недоліками:

- необхідністю використання зовнішнього АЦП;

- великою кількістю вхідних ліній при прийомі вхідного сигналу в паралельному коді, або складністю реалізації обміну при прийомі інформації в послідовному коді.

На підставі цього можна зробити вибір на користь прийому даних в аналоговому вигляді, тим більше що багато сучасних мікроконтролерів мають в своєму складі АЦП або аналогові компаратори (що також дозволяє реалізувати АЦП з мінімальними витратами).

Дисплей.

Як дисплей в сучасних пристроях застосовують світлодіодні або рідкокристалічні індикаторні панелі матричного або знаковинтезуючого типу.

Світлодіодні індикатори характеризуються великими кутами огляду, але при цьому мають велику споживану потужність і складну схему управління.

Рідкокристалічні індикатори мають значно меншу споживану потужність, але обмежений кут огляду.

Складність схеми управління рідкокристалічним індикатором залежить від його типу: матричний або знаковинтезуючий.

У зв'язку з необхідністю відображувати інформацію в текстовому (алфавітно-цифровому) вигляді, а також необхідністю зробити споживану потужність пристрою невеликою, можна зупинитися на рідкокристалічному індикаторі [18].

Інтерфейс взаємодії з індикатором повинен забезпечувати відображення інформації з мінімальними апаратними витратами.

Інтерфейс програмування.

Інтерфейс програмування пристрою повинен забезпечити можливість внутрішньосхемної перепрошивки програмного забезпечення тобто без витягання мікроконтролера з плати пристрою при мінімальних програмно-апаратних витратах. Як такий інтерфейс використовуватиметься послідовний інтерфейс, оскільки він дозволяє мінімізувати кількість ліній, між ЕОМ здій-

снюючи програмування і пристроєм, конкретний вибір якого буде здійснений після вибору мікроконтролера [19].

2.2 Обґрунтування вибору мікроконтролера

Мікроконтролер є базовим компонентом розробленого пристрою і повинен забезпечувати:

- достатню арифметичну потужність для обробки інформації;
- відносно низьку вартість;
- володіти розвиненими інтерфейсними можливостями з метою максимального спрощення апаратної частини пристрою за рахунок максимального використання можливостей мікроконтролера як апаратний, так і програмно;
- мати максимально можливе низьке енергоспоживання.

На сьогоднішній день сучасні мікроконтролери використовують RISC архітектуру (архітектура із скороченою кількістю команд) і характеризуються високою швидкістю при низькому енергоспоживанні, а також розвиненими інтерфейсними можливостями. Мікроконтролери представлені трьома основними сімействами.

1. Intel x51, сумісні різних фірм.
2. PIC-мікроконтролери фірми Microchip.
3. AVR-мікроконтролери корпорації Atmel.

Останні моделі мікроконтролерів всіх сімейств мають пам'ять яка електрично стирається (FLASH-пам'ять), розвинені апаратні засоби (таймер-лічильники, АЦП, послідовні прийомо-передавачі, засоби управління енергоспоживанням і так далі). У зв'язку з цим характеристики всіх трьох сімейств по даних критеріях є важливими, але не критичними, оскільки в межах сімейства можна підібрати мікроконтролер з відповідними характеристиками [20].

Тому вирішальними стають наступні характеристики.

1. Робочі частоти.

2. Швидкодія (тактів на операцію).

Серед розглянутих сімейств по даних критеріях найкращими є мікроконтролери сімейства AVR. Зокрема їх обчислювальна потужність достатня для програмної реалізації інтерфейсу USB-порта, а великий набір різних по характеристиках мікроконтролерів в сімействі дозволяє підібрати оптимальний за ціною для даної реалізації мікроконтролер.

Для пристрою, що розробляється, найбільш оптимальним є мікроконтролер ATmega8L-16 [20]. Він володіє наступними основними характеристиками [20]:

- 8-розрядний мікроконтролер з 8 Кбайтами внутрішньосистемно програмованої пам'яті Flash;
- 8-розрядний високопродуктивний мікроконтролер AVR з малим енергоспоживанням.
- 130 високопродуктивних команд, більшість команд виконуються за один тактовий цикл;
- 32 8-розрядних робітників регістра загального призначення. Повністю статична робота;
- що наближається до 16 MIPS (при тактовій частоті 16 МГц) продуктивність;
- вбудований 2-цикловий помножувач;
- незалежна пам'ять програм і даних;
- 8 Кбайт внутрішньосистемно програмованої пам'яті Flash (In-System Self-Programmable Flash);
- забезпечує 10000 циклів стирання/запису;
- додатковий сектор завантажувальних кодів з незалежними бітами блокування;
- забезпечений режим одночасного читання/запису (Read-While-Write) 512 байт EEPROM;
- забезпечує 100000 циклів стирання/запису;
- 1 Кбайт вбудованої SRAM;

Програмоване блокування, що забезпечує захист програмних засобів користувача [20].

Вбудована периферія:

- два 8-розрядних таймера/лічильника з окремим попереднім дільником, один з режимом порівняння;
- один 16-розрядний таймер/лічильник з окремим попереднім дільником і режимами захвату і порівняння;
- лічильник реального часу з окремим генератором;
- три канали PWM;
- 8-канальний аналого-цифровий перетворювач (у корпусах TQFP і MLF);
- орієнтований для байта 2-проводний послідовний інтерфейс;
- програмований послідовний USART;
- послідовний інтерфейс SPI (ведучий/відомий);
- програмований сторожовий таймер з окремим вбудованим генератором;
- вбудований аналоговий компаратор;
- спеціальні мікроконтролерні функції;
- скидання по подачі живлення і програмований детектор короткочасного зниження напруги живлення;
- вбудований RC-генератор, що калібрується;
- внутрішні і зовнішні джерела переривань;
- 23 програмовані лінії вводу/виводу;
- 28-вивідний корпус PDIP, 32-вивідний корпус TQFP і 32-вивідний корпус [21].

Робоча напруга: 2,7 - 5,5 В (ATmega8L).

Робоча частота: 0 - 16 МГц (ATmega8L).

При виконанні інструкції CLI всі переривання забороняються. Запит на переривання не буде відпрацьований після виконання інструкції CLI, навіть якщо воно виникає одночасно з виконанням команди CLI. Нижче вказаний

спосіб запобігання перериванню під час виконання тимчасової послідовності запису в ЕСППЗП [21].

Код на Сі:

```
char cSREG;
```

```
cSREG = SREG; /* Запам'ятовуємо значення SREG */
```

```
/* Відключення переривань на час завдання тимчасовій послідовності */
```

```
_CLI();
```

```
EECR |= (1<<EEMWE); /* Старт запису в ЕСППЗП EEPROM */
```

```
EECR |= (1<<EEWE);
```

```
SREG = cSREG; /* Відновлюваний значення SREG (біт I) */
```

Для дозволу переривань використовується інструкція SEI, а наступна за SEI інструкція буде виконана перед відробітком будь-якого відкладеного переривання:

Код на Сі:

```
_SEI(); /* Загальний дозвіл переривань */
```

```
_SLEEP(); /* переклад в режим чекання переривання */
```

Реакція на відробіток запиту на переривання триває мінімум 4 машинних циклу. Після закінчення цього часу програма продовжує своє виконання з вектора відповідного переривання. Протягом 4 машинних циклів стан програмного лічильника поміщається в стек. Як правило, за адресою вектора переривань зберігається команда переходу на процедуру обробку переривань, а на даний перехід витрачається ще 3 машинних циклу. Якщо запит на переривання виникає в процесі виконання інструкції, що вимагає більше 1 машинного циклу на виконання, то переривання буде оброблено лише після виконання цієї інструкції. Якщо переривання виникає під час знаходження мікроконтролера в режимі очікування, то реакція на переривання збільшиться ще на 4 цикли. Дана затримка зв'язана з часом старту з вибраного режиму очікування. Вихід з процедури обробки переривання вимагає 4 машинних цикла. Протягом цього часу двобайтовий програмний лічильник витягується із стека [21].

2.2.1 Аналіз апаратно-програмної взаємодії вузлів пристрою

На підставі вибраних інтерфейсів, що є у складі мікроконтролера апаратних засобів, а також сформульованих вище завдань питання апаратно-програмної взаємодії вузлів пристрою можна представити у вигляді діаграми (рис. 2.1). Діаграма характеризує програмно-апаратне розділення ресурсів і обмін даними при виконанні різних завдань. Зліва показані ресурси мікроконтролера, які задіяні при обробці даних інтерфейсів. Програмна частина реалізує виконувані завдання і рівень апаратно-програмної взаємодії (драйвера). Червоним кольором показані напрями команд, синім кольором показані потоки даних, зеленим кольором показані напрями передачі управління.

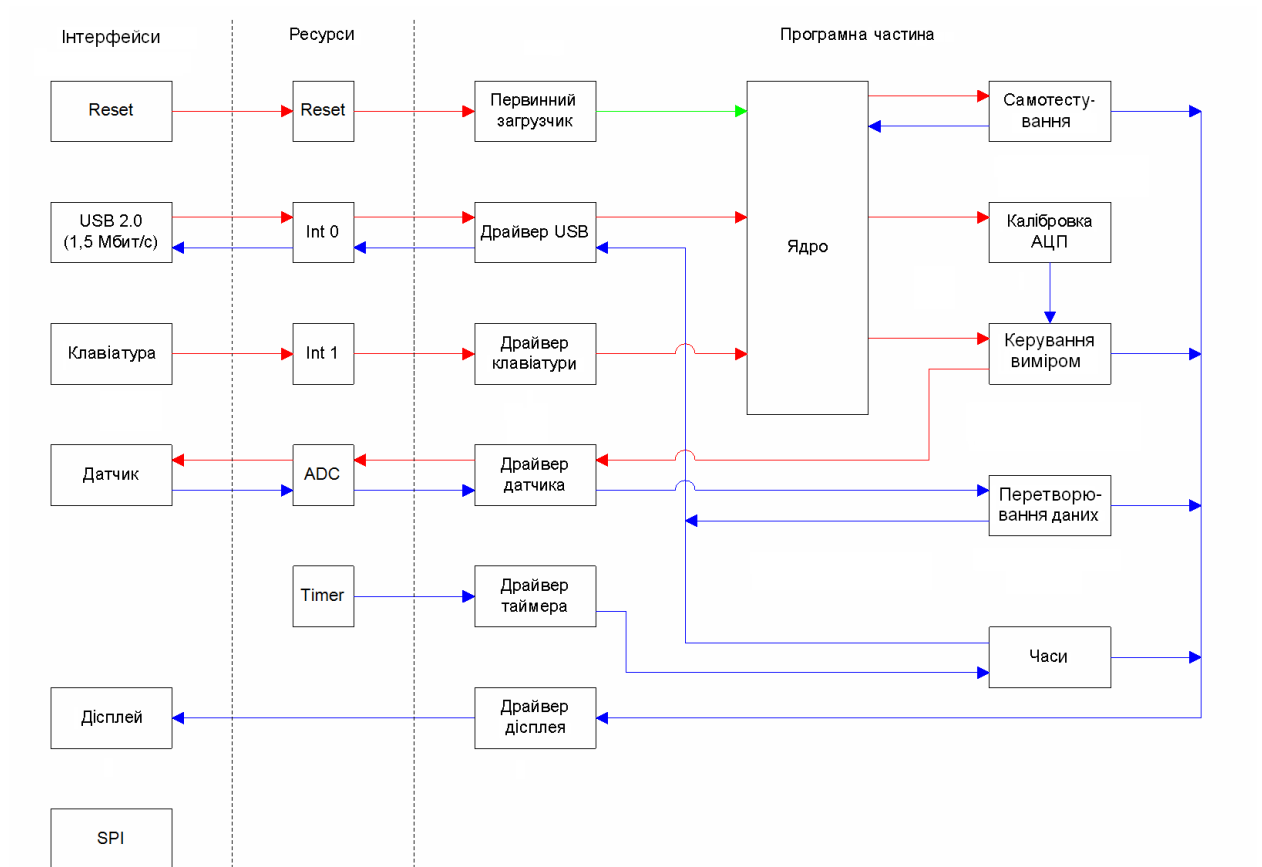


Рисунок 2.1 - Програмно-апаратна діаграма взаємодії електронних вузлів пристрою

На підставі діаграми будуються алгоритми програми при виконанні обчислень і обміні інформацією з пристроями. Зручнішим з точки зору аналізу

на етапі конструювання пристрою, що розробляється, є представлення його роботи у вигляді вертикальної діаграми взаємодії протоколів (стека протоколів), оскільки така структура дозволяє легко абстрагувати рівні, зокрема програмний і схемний (рис. 2.2).

Прикладний рівень	Інтерфейс користувача	
Програмний рівень	Ядро	
	Драйвера	Подпрограми
Протокольний рівень		Апаратна реалізація
Схемний рівень	Прикладний рівень	

Рисунок 2.2 – Рівнева діаграма взаємодії протоколів

2.3 Апаратна частина пристрою

Апаратна частина пристрою представлена схемою модуля виміру, програматора і підсилювача.

2.3.1 Модуль виміру

Схемна реалізація модуля виміру приведена в **Додатку А**.

Модуль виміру повинен відповідати наступним вимогам.

1. Електроживлення модуля повинне здійснюватися від промислової мережі змінного струму 220В і забезпечувати стабілізоване електроживлення мікроконтролера і двох інших вузлів напругою 5В, струмом 0,25А.
2. Забезпечувати управління імпульсним засвічуванням сітківки ока.
3. Виробляти перетворення аналогового сигналу в цифровий вигляд.

4. Обробляти отриману інформацію і здійснювати її відображення в інтерпретації зручною для медичного персоналу.

5. Проводити аналіз стану освітленості приміщення, в якому виробляється діагностика.

6. Забезпечувати можливість проведення виміру під управлінням ЕОМ з використанням вимірювального модуля в режимі «транзит».

2.3.2 Електроживлення модуля виміру

Джерело вторинного електроживлення складається з наступних основних елементів (вузлів): трансформатора, випрямляча, фільтра що згладжує, стабілізатора. Структурна схема джерела живлення показана на рисунку 2.3.

Останніми роками широкого поширення набули інтегральні стабілізатори напруги.



Рисунок 2.3 - Структурна схема джерела електроживлення

Джерела живлення на основі стабілізаторів напруги відрізняються малим числом додаткових деталей, невисокою вартістю і хорошими технічними характеристиками. Сучасні мікросхеми володіють високими коефіцієнтами стабілізації по напрузі, а також захистом від короткого замикання і температурним захистом. При цьому широкий діапазон робочих температур дозволяє забезпечувати чимале розсіювання потужності схеми стабілізації, а, отже, різницю між вхідною і стабілізованою напругою без додаткових тепловідводів що значно підвищує надійність джерел живлення на їх основі [22].

Вихідні дані для розрахунку випрямляючого моста:

- номінальна випрямлена напруга, $U_o = 7 \text{ В}$;
- струм навантаження, $I_o = 0,25 \text{ А}$;
- номінальна напруга мережі, $U_1 = 220 \text{ В}$;

- частота мережі, $f_c = 50$ Гц;
- відносне відхилення напруги мережі у бік підвищення $\alpha_{\max} = 0,1$;
- відносне відхилення напруги мережі у бік пониження $\alpha_{\min} = 0,15$.

Вибираємо мостову схему випрямляча (рис. 2.4) [22].

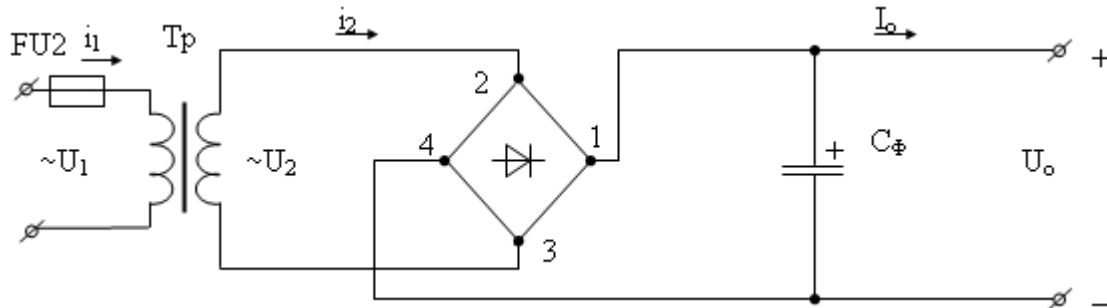


Рисунок 2.4 - Однофазна двонапівперіодна схема випрямлення

Задаємося допоміжними коефіцієнтами [22]: $B = 1,0$, $D = 2,1$.

Визначимо орієнтовні значення параметрів випрямляючого моста.

Зворотна напруга [22]:

$$U_{зв} = 1,41 \cdot B \cdot U_o, \quad (2.1)$$

де U_o – номінальна випрямлена напруга, В; B – допоміжний коефіцієнт.

$$U_{зв} = 1,41 \cdot 1 \cdot 7 = 9,87 \quad (\text{В})$$

Прямий середній струм [22]:

$$I_{пр\text{сер}} = 0,5 \cdot I_o, \quad (2.2)$$

де I_o – струм навантаження, А.

$$I_{пр\text{сер}} = 0,5 \cdot 0,25 = 0,125 \quad (\text{А})$$

Прямий струм [22]:

$$I_{пр} = D \cdot I_o, \quad (2.3)$$

де I_o – струм навантаження, А; D – допоміжний коефіцієнт.

$$I_{пр} = 2,1 \cdot 0,25 = 0,525 \quad (\text{А})$$

За довідковими даними виберемо трансформатор BVUI 3010167, Nahn [23]. Потужність трансформатора $P = 3$ (Вт).

Визначаємо амплітуду зворотної напруги на випрямному мосту по максимальному значенню випрямленої напруги [22]:

$$U_{O_{\max}} = U_0 \cdot (1 + \alpha_{\max}) \quad (2.4)$$

де U_0 – номінальна випрямлена напруга, В; α_{\max} – коефіцієнт.

$$U_{O_{\max}} = 7 \cdot (1 + 0,1) = 7,7(\text{В})$$

Вибираємо типа випрямного моста виходячи з умов [22]:

$$U_{зв \max} > U_{зв} = 9,87 \text{ В}; \quad I_{пр \text{ сер } \max} > I_{пр \text{ сер}} = 0,125 \text{ А}; \quad I_{пр} = 0,525 \text{ А}$$

Вибираємо випрямний міст типа CDNBS04, B08200, в якого[24]:

- випрямлений струм (середнє значення), $I_{пр \text{ сер } \max} = 0.5 \text{ А};$

- максимально допустимий постійний прямий струм, $I_{пр \max} = 1 \text{ А};$

- максимально допустима постійна зворотна напруга:

$$U_{зв \max} = 15\text{В}$$

Знаходимо опір випрямного моста в прямому напрямі [22]:

$$r_{пр} = \frac{U_{пр}}{I_{пр \text{ сер } \max}}, \quad (2.5)$$

де $U_{пр}$ – постійна пряма напруга, В; $I_{пр \text{ сер } \max}$ – прямий середній максимальний струм, А;

$$r_{пр} = \frac{1,0}{0,125} = 8 \quad (\text{Ом})$$

Знаходимо основний розрахунковий коефіцієнт [22]:

$$A = \frac{I_0 \cdot \pi \cdot r}{m \cdot U_0}, \quad (2.6)$$

де $m = 2$ – число фаз випрямляча; $r = 5,6$ – активний опір фази випрямного моста; U_0 – номінальна випрямлена напруга, В;

$$A = \frac{0,25 \cdot 3,14 \cdot 5,6}{2 \cdot 7} = 0,314$$

По знайденому значенню A і куті φ (визначаємо допоміжні коефіцієнти [22]:

$$B = 1,15; \quad D = 2; \quad F = 5,2; \quad H = 550.$$

Обчислимо необхідні параметри випрямного моста [22]:

$$U_2 = B \cdot U_0, \quad (2.7)$$

де B – допоміжний коефіцієнт.

$$U_2 = 1,15 \cdot 7 = 8,05 \quad (B)$$

$$I_2 = 0,707 \cdot D \cdot I_0, \quad (2.8)$$

де I_0 – струм навантаження, A ; D – допоміжний коефіцієнт;

$$I_2 = 0,707 \cdot 2 \cdot 0,25 = 0,38 \quad (A)$$

$$S_1 = S_2 = S_{тр} = 3 \quad (BA)$$

Зворотна напруга [22]:

$$U_{зв} = 1,41 \cdot B \cdot U_0, \quad (2.9)$$

де U_0 – номінальна випрямлена напруга, B ; B – допоміжний коефіцієнт;

$$U_{зв} = 1,41 \cdot 1,15 \cdot 7 = 11,35 \quad (B)$$

По уточнених значеннях параметрів робимо вивід про правильність вибору випрямного моста.

Знаходимо величину ємкості, що навантажує випрямляч [22]:

$$C = \frac{100 \cdot H}{r \cdot K_{п}} \quad (2.10)$$

де $H = 550$ – допоміжний коефіцієнт; $r = 5,6$ – активний опір фази випрямного моста; $K_{п} = 20$ – заданий коефіцієнт пульсації %.

$$C = \frac{100 \cdot 550}{5,6 \cdot 20} = 491 \quad (\text{мкФ})$$

Приймаємо: $C_{\phi} \Rightarrow 500 \text{ мкФ}, 16\text{В}$

Вихідні дані для розрахунку стабілізатора напруги:

$$U_{\text{вих}} = 5 \text{ В}; \quad I_{\text{вих}} = 0,25 \text{ А.}$$

Вибираємо стабілізатор напруги LM340MP-5,0 National Semiconductor в якого [24]:

- вихідна напруга, $U_{\text{вих}} - 5\text{В}$;
- вихідний струм, $I_{\text{вих}} - 0,5\text{А}$;
- максимальна розсіювана потужність, $P_{\text{роз}} - 5 \text{ Вт}$;
- нестабільність по струму, $K_I - 1 \text{ \%}/\text{А}$.

У зв'язку з тим, що необхідний струм навантаження менше максимально-допустимого вихідного струму стабілізатора напруги вибираємо стандартне схемне включення стабілізатора (рис. 2.5) [24].

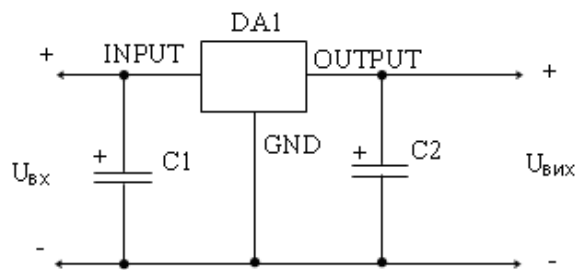


Рисунок 2.5 - Схема включення стабілізатора напруги 5В

Номінальна випрямлена напруга $U_0 = 7\text{В}$, визначимо мінімальну і максимальну вхідну напругу $U_{\text{вх min}}$ і $U_{\text{вх max}}$ виходячи з нестабільності мережі $+ 10\%$, $- 15\%$:

Мінімальну вхідну напругу визначимо по формулі [22]:

$$U_{\text{вх min}} = U_0 \cdot (1 - 0,15) \quad (2.11)$$

де U_0 – номінальна випрямлена напруга, В;

$$U_{\text{вх min}} = 7 \cdot (1 - 0,15) = 5,95 \quad (\text{В})$$

Максимальну вхідну напругу визначимо по формулі [22]:

$$U_{\text{вх max}} = (1 + 0,1) \cdot U_0 \quad (2.12)$$

де U_0 – номінальна випрямлена напруга, В;

$$U_{\text{вхmax}} = 1,1 \cdot 7 = 7,7 \text{ (В)}$$

Визначаємо потужність, що розсіюється мікросхемою [22]:

$$P_{\text{IMC}} = (U_{\text{вхmax}} - U_{\text{H}}) \cdot I_0 + U_{\text{вхmax}} \cdot I_{\text{П}} \quad (2.13)$$

де $U_{\text{вхmax}}$ – максимальна вхідна напруга, В; U_{H} – напруга навантаження, В; I_0 – струм навантаження, А; $I_{\text{П}} = 0,075$ А;

$$P_{\text{IMC}} = (7,7 - 5) \cdot 0,25 + 7,7 \cdot 0,0075 = 0,73 \text{ (Вт)}$$

Розрахункова розсіювана потужність менше граничнодопустимій стабілізатора LM340MP-5,0.

Номінал ємкостей стабілізатора (рис. 2.5) вибираємо згідно рекомендаціям до схеми стабілізатора [24]:

$$C1 \geq 0,22 \text{ мкФ}, C2 \geq 0,1 \text{ мкФ}$$

Приймаємо: $C1 \Rightarrow 0,22 \text{ мкФ}, 25\text{В};$

$C2 \Rightarrow 0,1 \text{ мкФ}, 25\text{В}.$

АТmega8L має подвійне живлення [25]: «цифрове» VCC, GND (виводи 4, 6, 3, 5) і «аналогове» AVCC, GND (виводи 18, 21). У включенні, що рекомендується, коли на входи і виходи подаються рівні балка. «1» і «0», обоє пари сполучають паралельно. Точніше фізично закорочують лише кола VCC, AVCC, оскільки GND-виводи 3, 5 і 21 вже замкнуті усередині мікросхеми через опір 0,7 Ом (рис. 2.6).

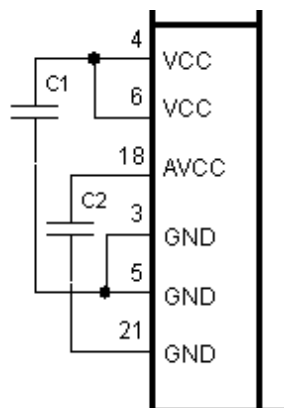


Рисунок 2.6 - Включення АТmega8L, що рекомендується

Конденсатори $C1$, $C2$ слід розташовувати в безпосередній близькості від мікроконтролера. Їх номінал рекомендований 0,33 мкФ [21,25].

Оскільки в МК використовується вбудований 6/8-канальний АЦП, то для зменшення перешкод рекомендується [21] застосовувати загальний LC-фільтр по живленню (рис.2.7). Номінали $L1=33$ мкГн, що рекомендуються; $C7=33$ мкФ, 16В; $C8=0,1$ мкФ. Запобіжник FU2 – BO500T, 0,5А [21,25].

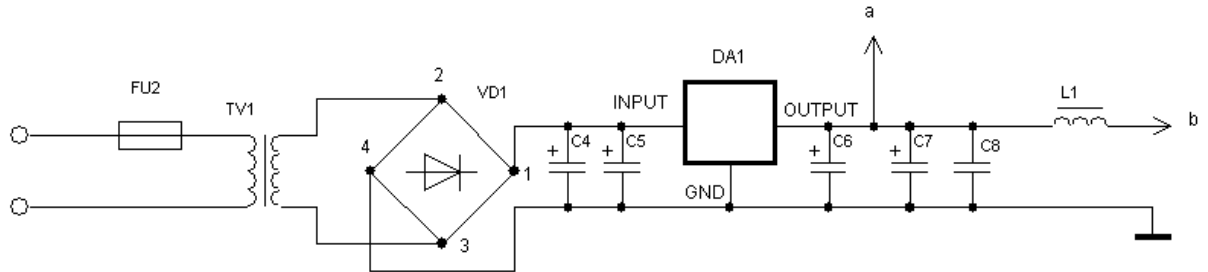
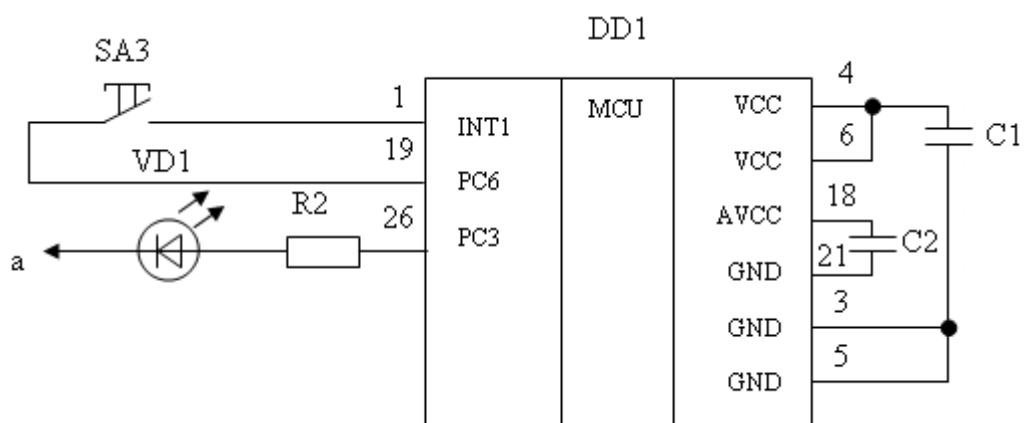


Рисунок 2.7 – Схема електроживлення модуля виміру

Згідно технічної документації на мікроконтролер ATmega8L напруга 5,5В, що максимально рекомендується, максимально допустимий струм через виводи GND, VCC не повинен перевищувати 200 мА [21].

2.3.3 Управління імпульсним засвічуванням сітківки ока

Схема формування світлового випромінювання показана на рисунку 2.8.



а – коло живлення +5В;

Рисунок 2.8 – Схема формування світлового випромінювання

При натисненні кнопки SA3 «Вимір» на порт INT1 поступає сигнал високого рівня. Програмно-апаратний на порт PC3 поступає сигнал, який спільно з ланцюгом живлення «а» викликає свічення світлодіода VD1.

Згідно встановленим вимогам до пристрою, що розробляється, світлодіод повинен забезпечити імпульсне засвічування значної інтенсивності і малої тривалості. По довідковій літературі вибраний світлодіод типа TLCW5100, що має характеристики, приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики світлодіода VD1

Найменування	Колір свічення	I_v/mcd $I_F=50mA$ номін.	Домінантна довжина хвилі, нм $I_F = 50 mA$ номін.	Кут огляду з половинною інтенсивністю випромінювання град
TLCW5100	Білий	4000	5500 К	± 9

Струм світлодіода VD1 50 мА, падіння напруги на ньому при струмі 50 мА дорівнює 2 В. По графіку (рис. 2.9) [21] визначаємо, що при струмі 50 мА на ніжці мікроконтролера буде, приблизно 1,1В.

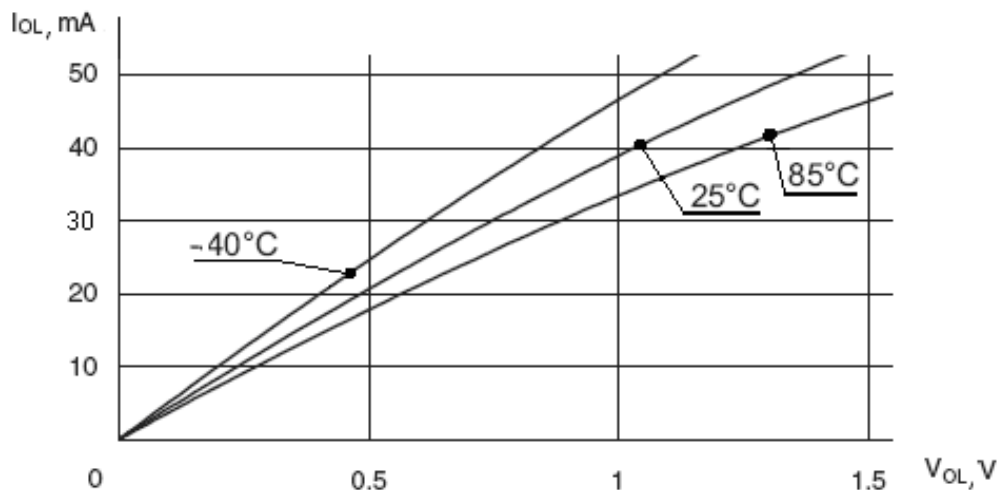


Рисунок 2.9 – Графік залежності напруги від струму на виводі МК

Підсумовуємо цю напругу і віднімаємо з напруги живлення мікроконтролера:

$$5 - (2 + 1,1) = 1,9 \text{ В}$$

1,9 В – напруга, яка повинна падати на резисторі R2 при струмі 50 мА.

Опір резистора виходячи із закону Ома дорівнює:

$$R2 = \frac{1.9}{0.05} = 38 \text{ (Ом)}$$

2.3.4 Перетворення аналогового сигналу в цифровий вигляд

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) побудований за класичною схемою послідовних наближень з пристроєм вибірки/зберігання (ПВЗ). Кожен з аналогових входів може бути сполучений з входом ПВЗ через аналоговий мультиплексор. Пристрій вибірки/зберігання має свій власний підсилювач, що гарантує, що вимірюваний аналоговий сигнал буде стабільним протягом всього часу перетворення. Розрядність АЦП складає 10 біт при нормованій погрішності +/- 2 розряди. АЦП може працювати в двох режимах - однократне перетворення по будь-якому вибраному каналу і послідовний циклічний опит всіх каналів. Час перетворення вибирається програмно за допомогою установки коефіцієнта ділення частоти спеціального дільника, що входить до складу блоку АЦП. Він складає 65...260 мкс для мікроконтролерів, що мають в своєму складі АЦП. Важливою особливістю аналого-цифрового перетворювача є функція подавлення шуму при перетворенні. Користувач має можливість, виконавши короткий ряд програмних операцій, запустити АЦП в той час, коли центральний процесор знаходиться в одному з режимів зниженого енергоспоживання. При цьому на точність перетворення не робитимуть вплив перешкоди, що виникають при роботі процесорного ядра.

Основні характеристики [21]:

- дозвіл 10 розрядів;
- точність $\pm 1/2$ LSB;
- 8 каналів входу, що мультиплекуються;
- режими циклічного і однократного перетворення;

- переривання по завершенню ADC перетворення;
- пристрій придушення шумів Sleep режиму.

Мікроконтролер ATmega8L оснащений 10-розрядним АЦП (ADC) послідовного наближення. ADC приєднаний до 8-канального аналогового мультиплексора, що дозволяє використовувати будь-яке виведення порту як вхід ADC. ADC містить підсилювач вибірки/зберігання, що утримує напруга входу ADC під час перетворення на незмінному рівні. Блок-схема ADC представлена на рисунку 2.10.

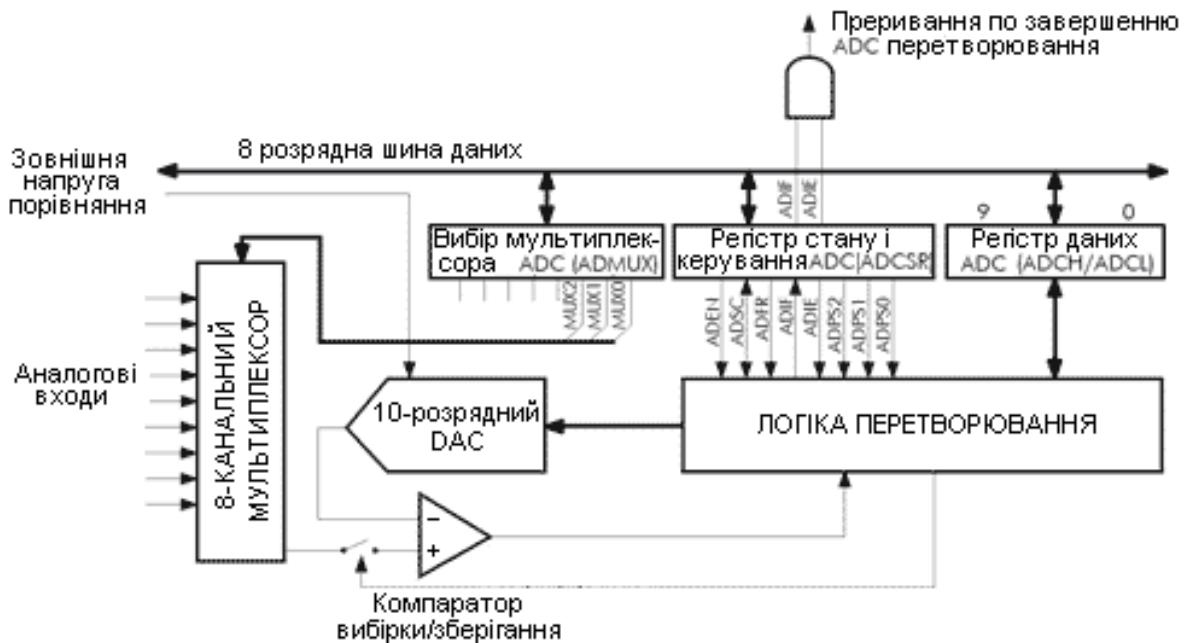


Рисунок 2.10 - Блок-схема аналого-цифрового перетворювача

Для живлення ADC використовуються два окремі виводи: AVCC і GND. Напруга AVCC не повинна відрізнятися від напруги VCC більш ніж на (0,4 В) [21]. Зовнішня напруга порівняння подається на виведення AREF і має бути в діапазоні від 2,7 В до AVCC (рис. 2.11).

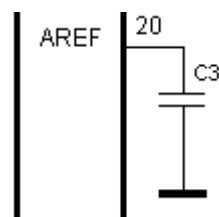


Рисунок 2.11 – Подача напруги порівняння

Номинал конденсатора C3 рекомендований 0,1 мкФ [21].

Сканування аналогових каналів [21].

Оскільки зміна аналогових каналів відбувається після завершення циклу перетворення в циклічному режимі зміна каналів (сканування каналів) може відбуватися без переривання перетворювача. Зазвичай для виконання зміни каналу виконується переривання по завершенню перетворення. Проте переривання активується відразу по готовності результату до читання. У циклічному режимі наступне перетворення починається через один тактовий цикл ADC після активації переривання. Якщо вміст ADMUX буде змінений протягом цього одного тактового циклу, то нові установки будуть задіяні при початку нового перетворення. Якщо ж зміна стану ADMUX станеться пізніше за цей тактовий цикл, то при активованому перетворенні використовуватимуться передуючі установки.

Технологія подавлення шуму ADC [21].

Цифрові схеми самого мікроконтролера ATmega8L і зовнішні цифрові схеми генерують електромагнітне випромінювання, яке може впливати на точність виміру аналогових сигналів. Оскільки точність перетворення є визначальною, нами рекомендується використовувати наступні прийоми:

- аналогова частина ATmega8L і всі аналогові компоненти пристрою повинні мати на печатній платі окрему аналогову землю. Це аналогове заземлення повинно мати з'єднання з цифровим заземленням в одній точці печатної плати;

- провідники аналогових сигналів необхідно робити як можна коротше, прагнути проводити їх поверх аналогової землі і, по можливості, якнайдалі від доріжок високошвидкісних цифрових сигналів;

- для подавлення шуму CPU використовувати функцію подавлення шуму ADC;

- якщо якісь виводи PORTC використовуються як цифрові входи, то поважно, аби в процесі перетворення на цих виводах не відбувалися перемикання.

2.3.5 Відображення інформації в інтерпретації, зручній для медичного персоналу

Реалізація рідкокристалічного індикатора (РКІ) у вимірювальному модулі представлена на рисунку 2.12.

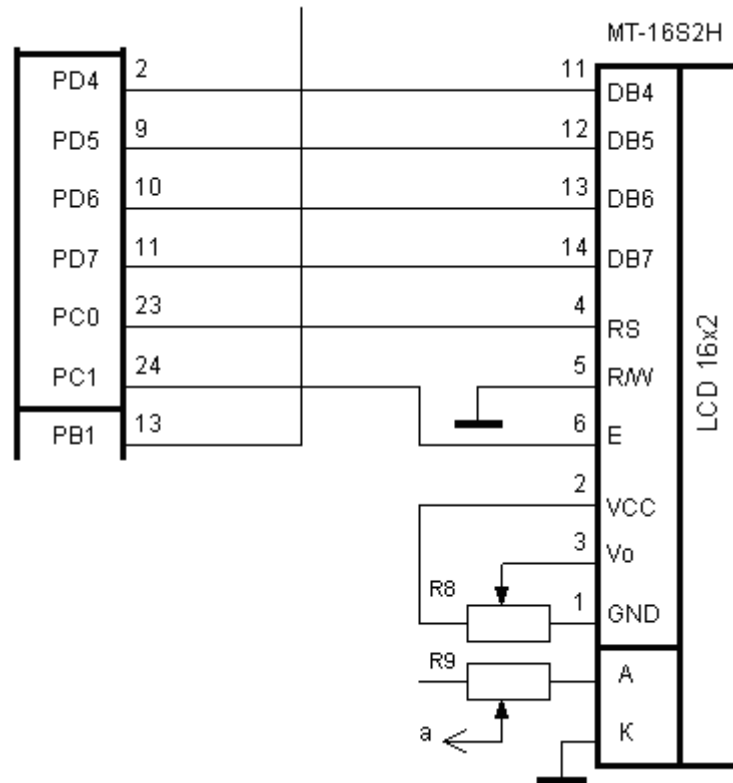


Рисунок 2.12 – Реалізація РКІ у вимірювальному модулі

Рідкокристалічний модуль індикації MT–16S2H складається з БІС контролера управління і РК панелі [18]. Контролер керування KB1013BG6, виробництва ВАТ «АНГСТРЕМ», аналогічний HD44780 фірми HITACHI і KS0066 фірми SAMSUNG. Модуль індикації випускається з світлодіодним підсвічуванням. Модуль індикації дозволяє відображувати 2 рядки по 16 символів. Символи відображуються в матриці 5×8 крапок. Між символами є інтервали шириною в одну крапку, що відображається. Кожному символу, що відображається на РКІ, відповідає його код у вічку ОЗП модуля. Модуль індикації містить два види пам'яті — код символів, що відображається, і призначеного для користувача знакогенератора, а також логіку для керування РК панеллю. Габаритні розміри модуля індикації приведені на рисунку 2.13 [18].

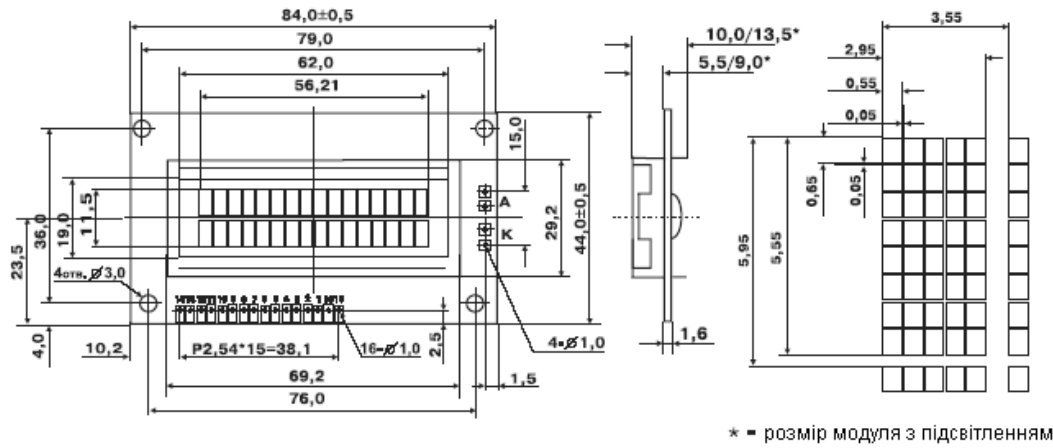


Рисунок 2.13 – Габаритні розміри модуля індикації

Програмне управління здійснюється за допомогою системи команд, приведеної в таблиці 2.3 [18].

Таблиця 2.3 – Опис команд модуля виміру

Команда	A0	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Опис	Час виконання
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Очищає модуль і переміщує курсор в найлівішу позицію	1,5 мс
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	Переміщує курсор в ліву позицію	40 мкс
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	ID	SH	Установка напрямку зсуву курсору (ID=0/1 - вліво/вправо) і дозвіл зрушення дисплея (SH=1) при записі в DDRAM	40 мкс
Display ON/OFF control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Включає модуль (D=1) і вибирає тип курсору (3, B)	40 мкс
Cursor or Display Shift	0	0	0	0	0	1	SC	RL	X	X	Виконує зсув дисплея або курсору (SC=0/1 - курсор дисплея, RL=0/1 - вліво/вправо)	40 мкс
Function Set	0	0	0	0	1	DL	1	0	P	0	Установка розрядності інтерфейсу (DL=0/1 - 4/8 біта) і сторінки знакогенератора P	40 мкс
Set CGRAM Address	0	0	0	1	ACG					Установка адреси для подальших операцій (і установка туди курсора) і вибір області CGRAM	40 мкс	
Set DDRAM Address	0	0	1	ADD					Установка адреси для подальших операцій і вибір області DDRAM	40 мкс		
Read BUSY flag and Address	0	1	BS	AC					Прочитати прапор зайнятості і вміст лічильника зайнятості	0		
Write Data to RAM	1	0	WRITE DATA					Запис даних в активну область	40 мкс			
Read Data from RAM	1	1	READ DATA					Читання даних з активної області	40 мкс			

Модуль індикації керується по паралельному 4-х або 8-мі бітовому інтерфейсу.

Перед початком роботи модуля індикації необхідно виробити початкову установку. Модуль індикації увійде до нормального режиму роботи лише після подачі на нього команд [18].

Модуль індикації дозволяє задати зображення восьми додаткових символів знакогенератора, що використовуються при роботі нарівні зі вбудованими [18].

При напрузі живлення модуля індикації 5В контрастність модуля залежить від напруги живлення РК панелі (ULCD) і температури.

Керування контрастністю виробляється зовнішнім резистором R8 (рис.2.12) його рекомендований номінал 10 кОм [18]. При постачанні модуля контрастність налагоджена на $U_{cc} = 5В$, тому при напрузі живлення модуля індикації 5В, контакт 3 (U_o) необхідно об'єднати з контактом 1 (GND).

Керування світлодіодним підсвічуванням здійснюється резистором R9 (рис. 2.12), його рекомендований номінал 10 кОм [18].

2.3.6 Проведення аналізу освітленості приміщення

Інформація про освітленість приміщення, в якому виробляється діагностика, є важливою, оскільки надлишок освітлення вноситиме істотні зміни до діагностичних даних, що може поставити під питання істинність отриманої інформації, і як наслідок поставленого на підставі цих даних діагнозу.

Базова інформація про зовнішнє освітлення для зору репрезентується наявністю або відсутністю потенціалів дії, їх взаємною і тимчасовою залежністю і тимчасовим запізнюванням першої потенційної хвилі (від початку стимулювання).

Ініціалізація датчика освітленості приміщення (фоторезистор R1, рис. 2.14) виконується при початковому запуску пристрою і залежно від високого ($\geq 2,7В$) або низького ($< 2,7В$) рівня сигналу, що подається на вхід PC7 DD1,

що працює в режимі компаратора, програмним шляхом забороняється або вирішується подальша робота пристрою.

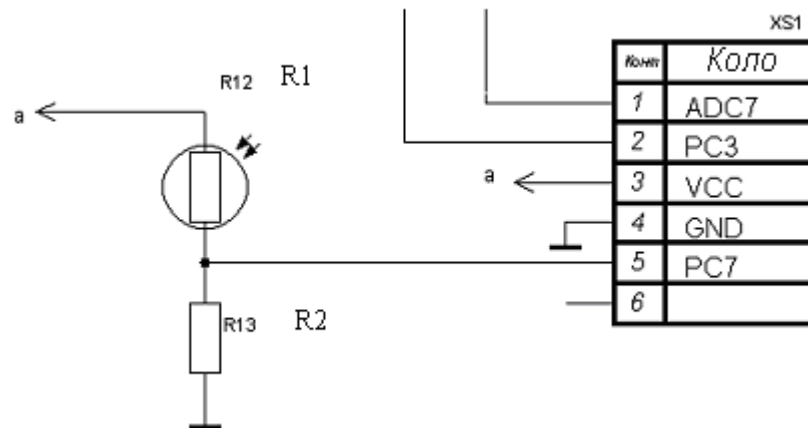


Рисунок 2.14 – Реалізація датчика освітленості

Опір напівпровідникового фоторезистора $R1$ залежить від світлового потоку, падаючого на напівпровідниковий матеріал [26]. Нами вибраний фоторезистор з позитивним фотоефектом СФЗ-8.

Електроживлення датчика виробляється від напруги 5 В. По довідковим даним опір фоторезистора $R1$, при максимальній освітленості, складає 800 Ом, темновий опір складає 1-107 Ом.

Для забезпечення роботи датчика освітленості необхідно розрахувати схему подільника напруги.

Вихідна напруга схеми подільника визначається по формулі [26]:

$$U = \frac{E \cdot R2}{R1 + R2} \quad (2.14)$$

де $E=5\text{В}$ - напруга електроживлення; $R1$ – опір фоторезистора, Ом;
 $R2$ – опір резистора, Ом.

Виходячи з формули 2.17 при мінімальному опорі фоторезистора $R1 = 800$ Ом, і опорі $R2 = 10$ кОм вихідна напруга подільника рівна:

$$U = \frac{5 \cdot 10 \cdot 10^3}{800 + 10 \cdot 10^3} = 4,62\text{В}$$

При максимальному опорі фоторезистора $R1=1 \cdot 107\text{Ом}$, і опорі $R2=10$ кОм вихідна напруга подільника рівна:

$$U = \frac{5 \cdot 10 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^7 + 10 \cdot 10^3} = 0,0049\text{V} = 4,99\text{mV}$$

З метою визначення правильності режимів роботи спроектованого датчика освітленості проведемо моделювання його роботи в програмному забезпеченні Electronics Workbench 5.12.

На вхід дільника напруги подано живлення 5В (рис. 2.15). При максимальній освітленості опір резистора $R1 = 800 \text{ Ом}$.

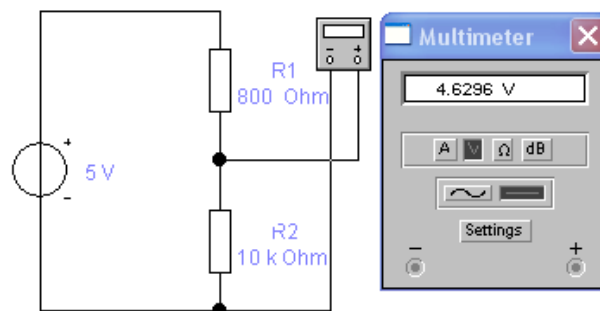


Рисунок 2.15 – Значення вихідного потенціалу подільника при максимальній освітленості датчика

На вхід дільника напруги підключений вольтметр, його свідчення складають 4,629 в що в даній реалізації дає заборону на проведення подальшої роботи пристрою.

На вхід дільника напруги подано живлення 5В (рис.2.16). Темновий опір резистора $R1=1 \cdot 10^7 \text{ Ом}$. На вихід подільника напруги підключений вольтметр, його свідчення складають 4,995мВ що в даній реалізації дає дозвіл на продовження подальшої роботи пристрою.

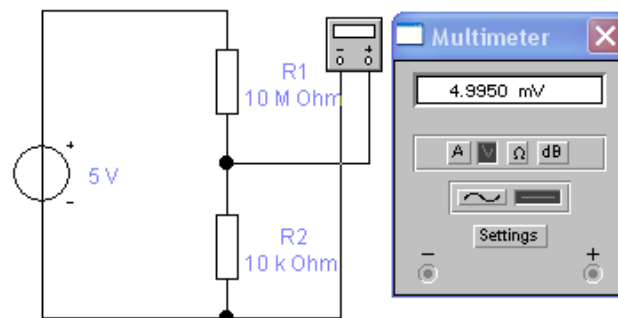


Рисунок 2.16 - Значення вихідного потенціалу дільника при темновому освітленні датчика

2.3.7 Використання вимірювального модуля в режимі «транзит»

Універсальна послідовна шина (USB) стала надзвичайно популярною за рахунок надання ряду зручностей кінцевим користувачам, наприклад, функція "Plug and Play", яка дозволяє ідентифікувати підключений пристрій без необхідності рестарту комп'ютера [27].

Реалізувати інтерфейс USB в зовнішньому пристрої можна двома способами [27].

1. За допомогою мікроконтролера, в якого інтерфейс USB реалізований апаратно.

2. З використанням універсального перетворювача інтерфейсів: USB і будь-якого іншого. Як інший інтерфейс зазвичай використовується RS232, 8-розрядна шина даних або шина TWI.

Прийняте нами рішення ґрунтується на використанні мікроконтролера Atmega8L і програмній емуляції USB-протоколу в мікроконтролері. Основна проблема такого підходу полягає в складності досягнення високої швидкості. Шина USB досить швидкодіюча: режим низької швидкості - 1.5 Мбіт/сек, режим повної швидкості - 12 Мбіт/сек, режим високої швидкості - 480 Мбіт/сек. Мікроконтролери AVR повністю відповідають вимогам для низькошвидкісного режиму USB [27].

Фізичний інтерфейс USB складається з чотирьох провідників: 2 для живлення зовнішнього пристрою (VCC і GND) і 2 сигнальних провідника (DATA+ і DATA-). Через провідники живлення передається постійна напруга приблизне 5В із здатністю навантаження максимум 500 мА. Мікроконтролер AVR живиться через виводи Vcc і GND. Сигнальні провідники називаються DATA+ і DATA- і управляють зв'язком між головним (комп'ютер) і пристроєм. Сигнали в цих провідниках двонаправлені. Рівні напруги - диференціальні: коли DATA+ має високий рівень, тоді DATA- знаходиться на низькому рівні. Проте, є деякі випадки, коли DATA+ і DATA- мають один і той же рівень, наприклад, при EOP (кінець пакету). Таким чином, програма, що відпо-

відає за реалізацію протоколу USB, повинна контролювати дані сигнали або управляти ними [27].

Відповідно до стандарту USB високий рівень на сигнальних провідниках повинен складати 3,0.3,6 В, при цьому, напруга живлення Vcc шини USB, що поступає від головного (комп'ютера) складає 4,4.5,25 В. Таким образом, якщо мікроконтролер живиться безпосередньо від шини USB, то лінії даних повинні пройти через каскад перетворення рівнів, для компенсації рівнів диференціальної напруги. Іншим рішенням може бути використання стабілізатора напруги, який знизить напругу Vcc до рівня 3,3 В, при цьому, мікроконтролер працюватиме з цією зниженою напругою і, відповідно, генеруватиме знижені рівні напруги [27]. Принцип детекції підключення і відключення USB-пристрою заснований на контролі опору лінії USB. В низькошвидкісних USB-пристроях необхідний підтягуючий резистор R7 між сигналом DATA- і Vcc (рис. 2.17) [27].

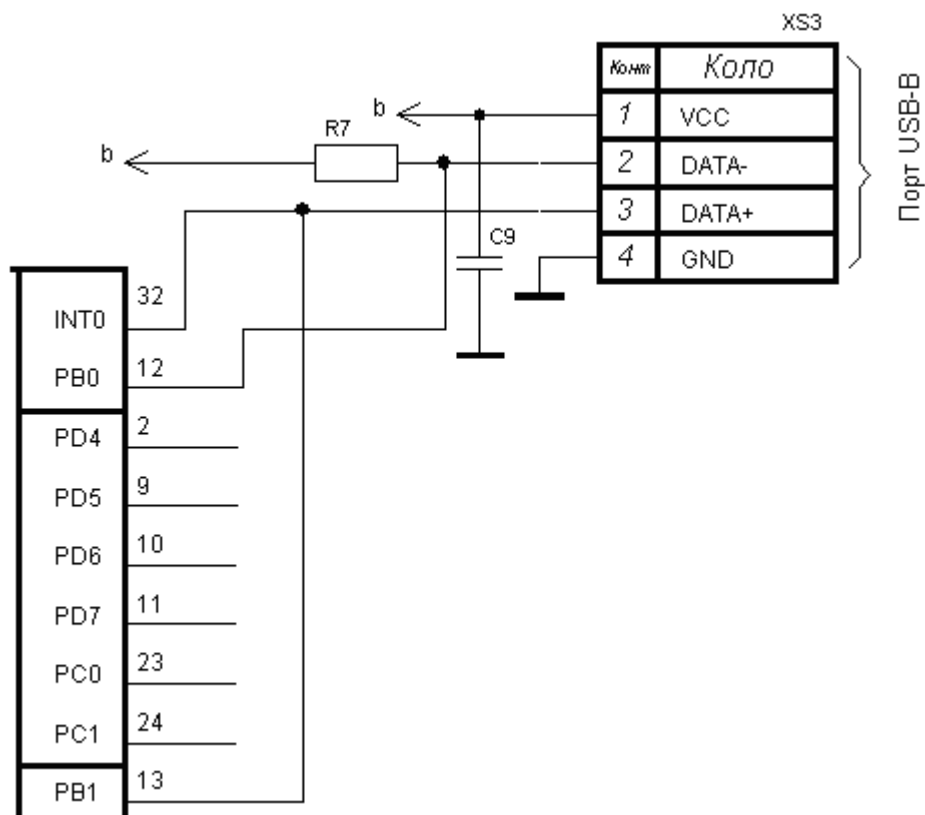


Рисунок 2.17 – Принцип детекції підключення USB-пристрою

В повношвидкісних пристроях даний резистор підключається до DATA+. Визначаючи, на якій лінії підключений підтягуючий резистор, головний комп'ютер визначає який новий пристрій підключено до лінії USB. Після визначення нового пристрою головний комп'ютер починає зв'язок відповідно до фізичного протоколу USB. Протокол USB, на відміну від УАПП, заснований на синхронній передачі даних. Синхронізація передавача і приймача необхідна для здійснення зв'язку (рис. 2.18).

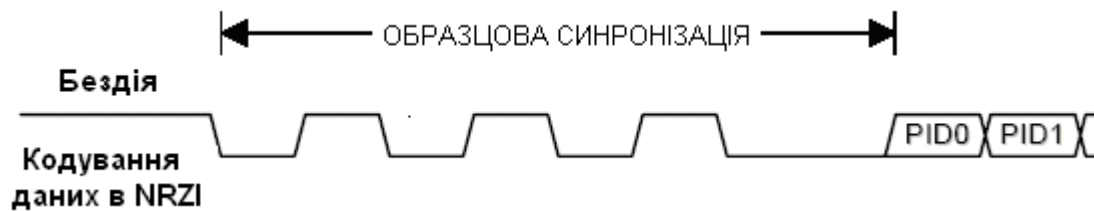


Рисунок 2.18 – Синхронізація передачі даних

Синхронізація виконується шляхом передачі невеликого заголовка "зразкова синхронізація", який передуює передачі даних. Заголовок є прямокутними імпульсами (101010), за ними передаються два 0, а потім дані [27].

Для підтримки синхронізації потрібна передача зразкової синхронізації кожну мілісекунду в повношвидкісному режимі зв'язку, а в низькошвидкісному режимі кожну мілісекунду необхідно встановлювати низький рівень на обох сигнальних лініях. У апаратно-реалізованому USB-приймачі синхронізація гарантується цифровим ФАПЧ (фазовим автопідстроювачем частоти). У даній реалізації період перетворення даних має бути синхронізований із зразковою синхронізацією, потім очікується два нулі, а потім починається процес прийому даних [27].

Прийом даних повинен задовольняти вимозі можливості синхронізувати приймач і передавач у будь-який момент часу. Таким чином, не дозволяється передавати безперервний потік нулів або одиниць по лініях даних. Протокол USB гарантує синхронізацію за рахунок заповнення бітами. Це означає, що, після 6 безперервних одиниць або нулів, на лініях даних, встав-

ляється одна одиночна зміна (один біт). Сигнали по лініях USB передаються в коді NRZI (рис. 2.19).

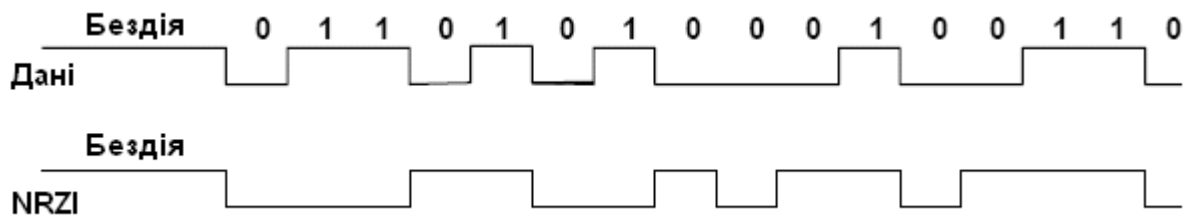


Рисунок 2.19 - Кодування даних в коді NRZI

У коді NRZI кожен '0' представляється шляхом зсуву поточного рівня сигналу, а кожна '1' шляхом утримання поточного рівня. На рівні бітового заповнення це означає, що кожен нульовий біт, вставляється в потік логічних даних після 6 безперервних логічних 1 [27].

Повідомлення про закінчення передачі даних виконується за допомогою передачі сигналу "кінець пакету" (EOP) (рис. 2.20).

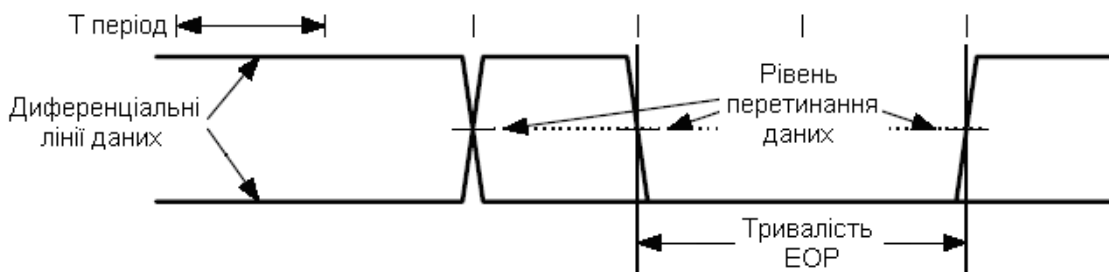


Рисунок 2.20 - Часова діаграма сигналу EOP

EOP передається шляхом установки низьких рівнів на обох лініях даних DATA+ і DATA-. EOP передається нетривалий час (мінімум два періоди швидкості даних). Після цього, виконується наступна транзакція. Дані, які передаються між зразковою синхронізацією і EOP, закодовані в коді NRZI. Потік даних складається з пакетів, пакет у свою чергу складається з декількох полів: поле синхронізації (зразкова синхронізація), ідентифікатор пакету (PACKETID, PID), поле адреси (ADDR), поле кінцевої крапки (ENDP), дані і поле циклічного надлишкового контролю (CRC) [27].

Режим передачі управління, як правило, використовується для управління налаштуваннями пристрою, проте, може також використовуватися для передачі загального призначення. Режим передачі управління має бути присутнім в кожного USB-пристрою, оскільки він використовується для конфігурації при підключенні пристрою, коли необхідно отримати інформацію про пристрій, встановлена адреса пристрою і ін. Кожна передача управління складається з декількох стадій: стадія установки, стадія даних і стадія статусу [27].

2.4 Програматор пристрою для електрофізіологічних досліджень патології сітківки ока

Практично всі AVR-контролери мають функцію внутрісистемного програмування ISP. Це означає, що для зашивання код програми не потрібно витягувати МК з плати і встановлювати його в панель програматора. Комп'ютер через спеціальний адаптер підключається до роз'єму ISP, встановленого на платі виробу (рис. 2.21).

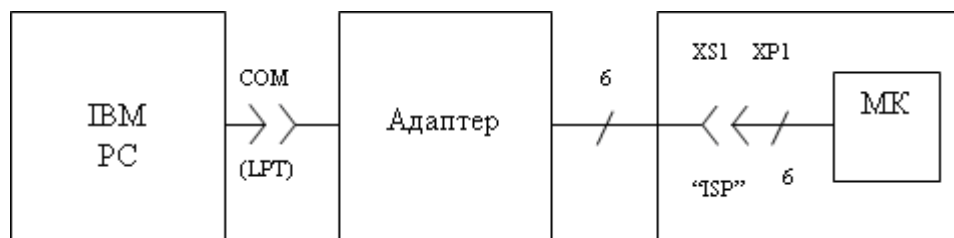


Рисунок 2.21 – Схема з'єднання МК через адаптер

Адаптер влаштований таким чином, що після закінчення програмування він автоматично відключається від виводів МК, не заважаючи роботі останніх вузлів [28].

Шина зв'язку МК з адаптером містить 6 сигналів (таблиця. 2.4): три вхідних, один вихідний і два сигнали живлення. Інформація передається в послідовному вигляді по протоколу SPI.

Таблиця 2.4 – Сигнали зв'язку МК з адаптером

Сигнал	Розшифровка	Функція	Призначення
SCK	Serial Clock	Вхід МК	Тактовий сигнал в МК
MOSI	Master Out – Slave In	Вхід МК	Інформаційний сигнал в МК
MISO	Master In – Slave Out	Вихід МК	Інформаційний сигнал з МК
GND	Ground	Загальний	Загальний дріт
RES	RESet	Вхід МК	Балка."0" – програмування
VCC	Voltage Common Collector	Живлення	Напруга живлення 2,7.5,5В

Кожен з інформаційних сигналів підключається до певного виведення МК, точніше, до лінії порту, що має альтернативну назву MISO, MOSI або SCK. Подвійне призначення виводів запозичене з платформи MCS-51. При всій різноманітності мікросхем AVR, виводи SPI у них строго закріплені [28].

На рисунку 2.22 показаний сом-адаптер, який включає буферну мікросхему DD1, виводи якої переводяться в стан високого імпедансу уручну перемикачем SA1.

Входи мікросхеми DD1 не захищені стабілітронами, хоча рівні сигналів сом-порту вагаються від -10 до $+10$ В. Причина полягає у великому опорі резисторів R1-R3 і наявності внутрішніх діодів по входах мікросхеми DD1 [28].

Живлення 5 В (VCC) подається від плати програмованого пристрою. Конденсатор C1 зменшує імпульсні перешкоди. Резистори R5-R9 демпфують викиди на фронтах імпульсів. Якщо індикатор HL1 погашений, то можна програмувати МК. Наявність свічення означає, що мікросхему DD1 нібито вилучили з панелі.

Номінали електричної схеми, що рекомендуються, складають [21,28]:

- мікросхема DD1 - 74НС125;
- резистори R1, R2, R3=47 кОм; R4=510 Ом; R5=150 Ом; R6, R7, R8=33 Ом; R9=20 кОм;
- конденсатор C1=0,1 мкФ;
- світлодіод АЛ307Б.

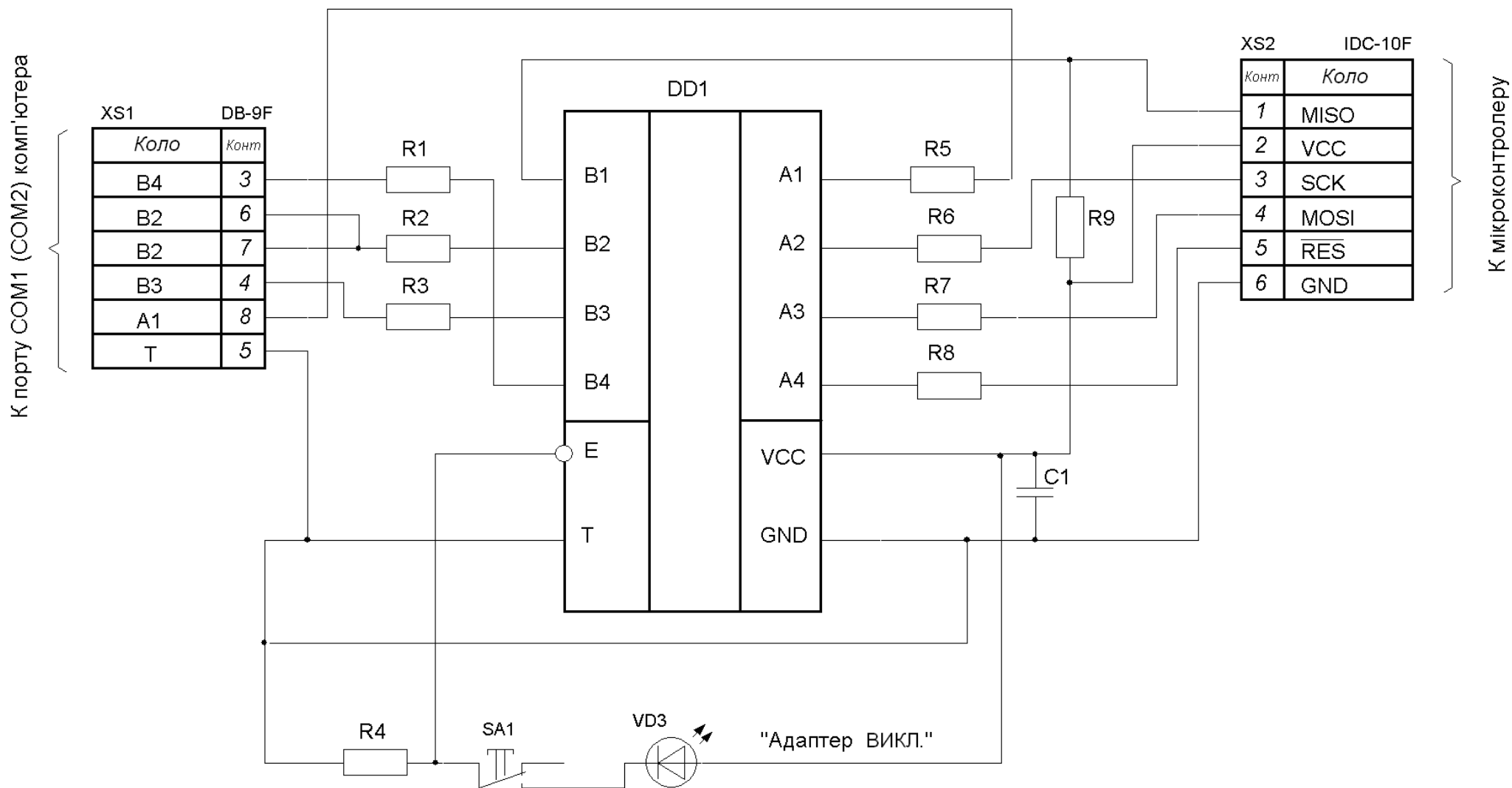


Рисунок 2.22 – Адаптер програматора мікропроцесора

2.5 Обробка і посилення аналогового сигналу

Згідно технології проведення діагностики вимірювальний електрод розміщують на внутрішній поверхні сітківки, або на рогівці. Вимірювальний електрод, виготовлений з Ag/AgCl, приєднується до ока за допомогою спеціальної контактної лінзи. Аби такі контактні лінзи мали хороший електричний контакт з рогівкою (яка дуже тонка), вони повинні мати спеціальне наповнення [1]. Опорний (індиферентний) електрод розміщують на щоці, лобі, мочці вуха. Розміщення цього електроду поблизу ока менш зручно, оскільки сигнал, що знімається, утворює артефактний сигнал.

Сигнал, що знімається, відображує розподілену електричну реакцію на сітківці на біоелектричне збудження. Для здобуття відгуку вторинного рецепторного потенціалу сітківки - результату гіперполяризації клітинної мембрани палички нами рекомендується використовувати імпульсний засвіт значної інтенсивності і малої тривалості способом, описаним вище. З метою пропуску первинного рецепторного потенціалу - наслідку перетворення молекули пігменту зору, програмно виконується затримка (виставляється прапор) на 1 мс [1].

У зв'язку з тим, що вимірюваний потенціал невеликий і відповідно до вимог до проектованого пристрою складає від 30 до 120мВ, виникає необхідність його посилення [1].

Принципова електрична схема підсилювача сигналу приведена в **Додатку Б**. Підсилювач сигналу виконаний на базі швидкодіючого 4- канального магістрального підсилювача LMH 6644MT і складається з двох підсилювальних каскадів DA1.1, DA1.4 і фільтру DA1.2, DA1.3 [29].

Смуга частот спектру біоелектричних сигналів розташована в області низьких частот. У зв'язку з цим розглядатися буде спектр від 0,5 до 800 Гц.

Коефіцієнт посилення DA1 визначається по формулі [29]:

$$K_{\Pi} = -\frac{R_2}{R_1} \quad (2.15)$$

Знак «-» говорить про те, що відбувається інверсія знаку вхідної напруги. Зворотний зв'язок в підсилювачі реалізується за рахунок з'єднання виходу підсилювача з входом резистором опором R2. Оскільки вхідний опір ОП приймається рівним нескінченності, то струми I₁ і I₂ рівні.

Оскільки вхід 2 заземлений, то потенціал крапки 1 дорівнює нулю.

Струм I₁ в цьому випадку рівний:

$$I_1 = U_{\text{вх}} / R1$$

Струм I₂ рівний:

$$I_2 = - U_{\text{ввих}} / R2.$$

Прирівнюючи праві частини цієї рівності, отримаємо [29]:

$$\frac{U_{\text{вх}}}{R1} = - \frac{U_{\text{ввих}}}{R2}, \quad (2.16)$$

де U_{вх} – вхідна напруга, В; U_{ввих} – вихідна напруга, В; R1, R2 – опори, Ом.

$$U_{\text{ввих}} = - \frac{R2}{R1} \cdot U_{\text{вх}} \quad (2.17)$$

де U_{вх} – вхідна напруга, В; U_{ввих} – вихідна напруга, В; R1, R2 – опори, Ом.

Необхідний коефіцієнт посилення сигналу DA1 K_П = 40, тоді R1, R2 (рис. 2.23) рівні: R1 = 1 кОм; R2 = 40 кОм.

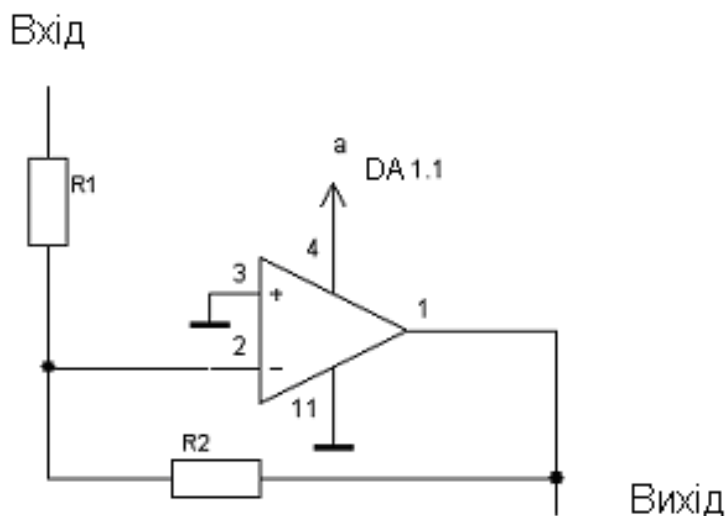


Рисунок 2.23 – Прийом сигналу і його посилення

Реальний вхідний сигнал може містити шумові високочастотні складові, тому існує необхідність обладнати фільтр нижніх частот, що пригнічує шуми [29]. Принципова електрична схема фільтру виконаного на базі швидкодіючого 4-х каналного магістрального підсилювача LMН 6644МТ приведена на рисунку 2.24

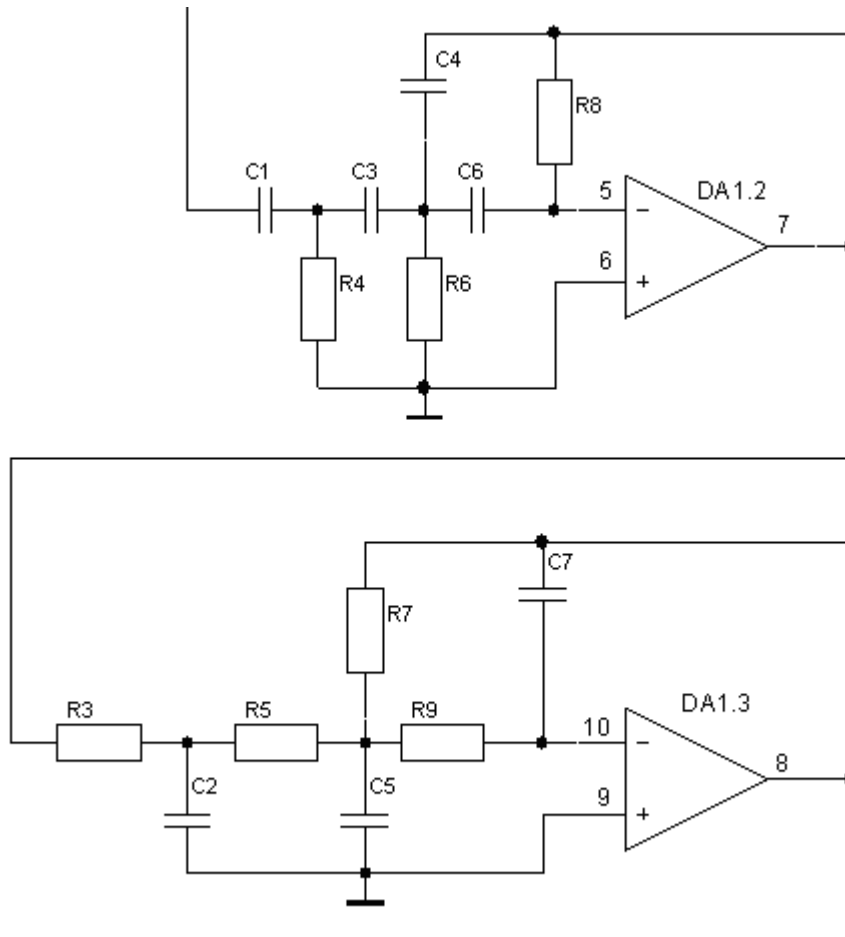


Рисунок 2.24 – Принципова електрична схема фільтру

Розрахунок фільтру верхніх частот DA1.2 [29]: згідно рекомендаціям приймемо $C1 = 0,5 \text{ мкФ}$, $C1 = C3 = C6 = 2C4$, отже $C4 = 1 \text{ мкФ}$.

Значення опорів $R4$, $R6$, $R8$ визначаються по формулах [29]:

$$R4 = \frac{0.4074}{2\pi f_0 C1}, \quad (2.18)$$

Де $f_0 = 0,5 \text{ Гц}$ – частота; $C1 = 0,5 \text{ мкФ}$ – значення ємкості конденсатора.

$$R6 = \frac{0.4742}{2\pi f_0 C1} \quad (2.19)$$

$$R8 = \frac{5.1766}{2\pi f_0 C1} \quad (2.20)$$

$$R4 = \frac{0,4074}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}} = 259490,4 \approx 260 \text{ кОм}$$

$$R6 = \frac{0,4742}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}} = 302038,2 \approx 300 \text{ кОм}$$

$$R8 = \frac{5,1766}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}} = 3297197 \approx 3 \text{ мОм}$$

Розрахунок фільтру нижніх частот DD1.3 [29]:

$$R3 = R5 = R9 = 1 \text{ кОм}; R7 = 2R3 = 2 \text{ кОм}$$

Значення конденсаторів C2, C5, C7 визначаються по формулах:

$$C2 = \frac{2,453}{2\pi f_b R1}, \quad (2.21)$$

де $f_b = 800 \text{ Гц}$ – частота; $R1 = 1 \text{ кОм}$ – значення опору резистора.

$$C5 = \frac{2,1089}{2\pi f_b R1} \quad (2.22)$$

$$C7 = \frac{0,1931}{2\pi f_b R1} \quad (2.23)$$

$$C2 = \frac{2,453}{2 \cdot 3,14 \cdot 800 \cdot 1 \cdot 10^3} = 0,48 \cdot 10^{-6} \approx 0,48 \text{ мкФ}$$

$$C5 = \frac{2,1089}{2 \cdot 3,14 \cdot 800 \cdot 1 \cdot 10^3} = 0,41 \cdot 10^{-6} \approx 0,41 \text{ мкФ}$$

$$C7 = \frac{0,1931}{2 \cdot 3,14 \cdot 800 \cdot 1 \cdot 10^3} = 0,038 \cdot 10^{-6} = 0,038 \text{ мкФ}$$

З метою визначення характеристик роботи спроектованого фільтру проведемо моделювання його роботи в програмі Electronics Workbench 5.12 (рис. 2.25). На вхід за допомогою функціонального генератора подається сигнал синусоїдальної форми, частотою 50 Гц, коефіцієнтом заповнення 50% і амплітудою 120 мВ. Згідно рисунком 2.24 на виході підсилювача DD1.1 маємо напругу 4,83 В.

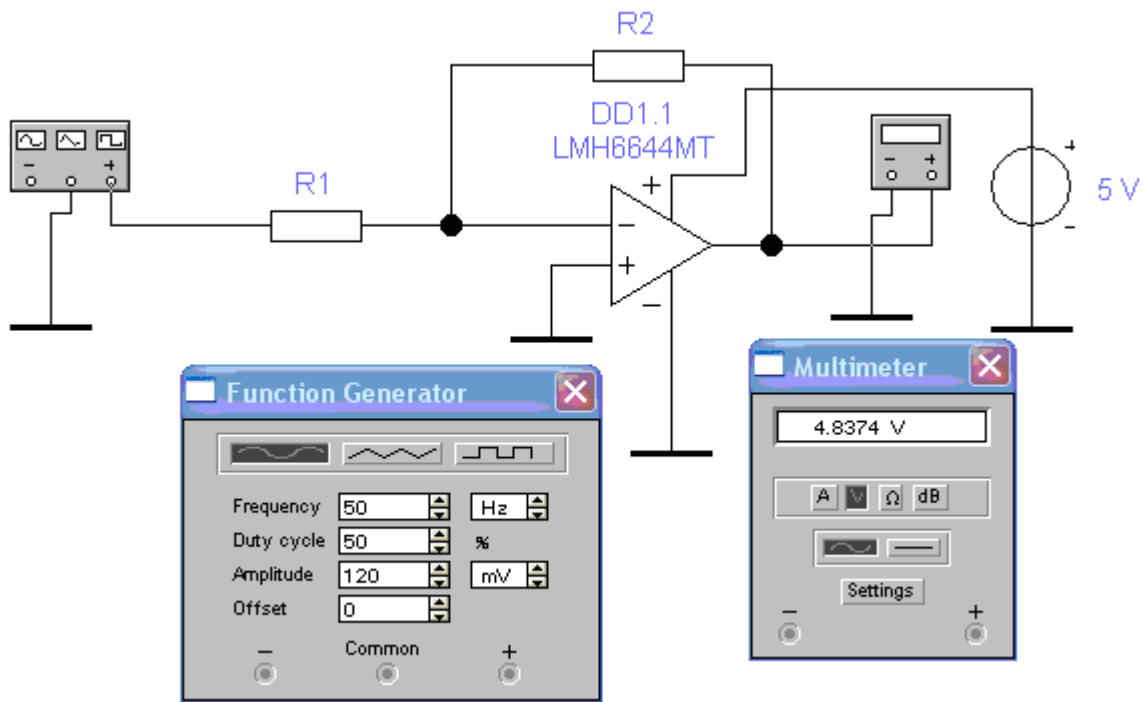


Рисунок 2.25 - Дослідження сигналу на виході DA 1.1

В результаті перетворень сигналу на виході DD1.3 (рис. 2.26) отримуємо потенціал величиною 67,91 мВ.

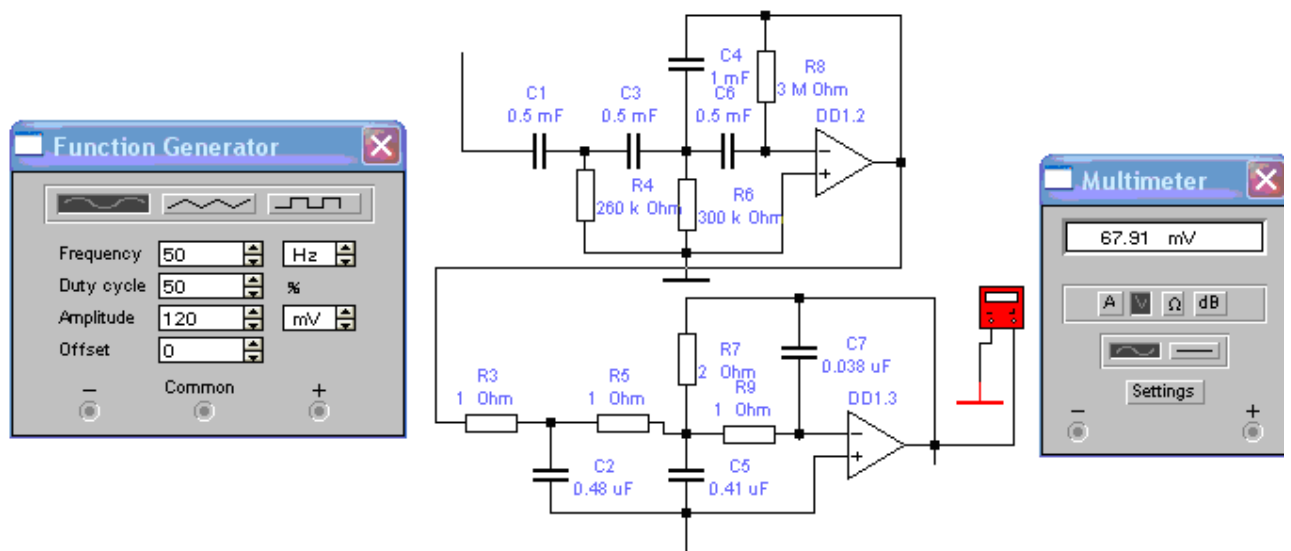


Рисунок 2.26 – Значення напруги на виході фільтру

Для здобуття необхідних 4,8 В на виході DD1.4 скористаємося формулою 2.20 (рис. 2.27):

$$K_y = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{4,8}{67,54 \cdot 10^{-3}} = 71,068 \approx 72 = \frac{360 \text{ кОм}}{5 \text{ кОм}}$$

$$R10 = 5 \text{ кОм}; R11 = 360 \text{ кОм}$$

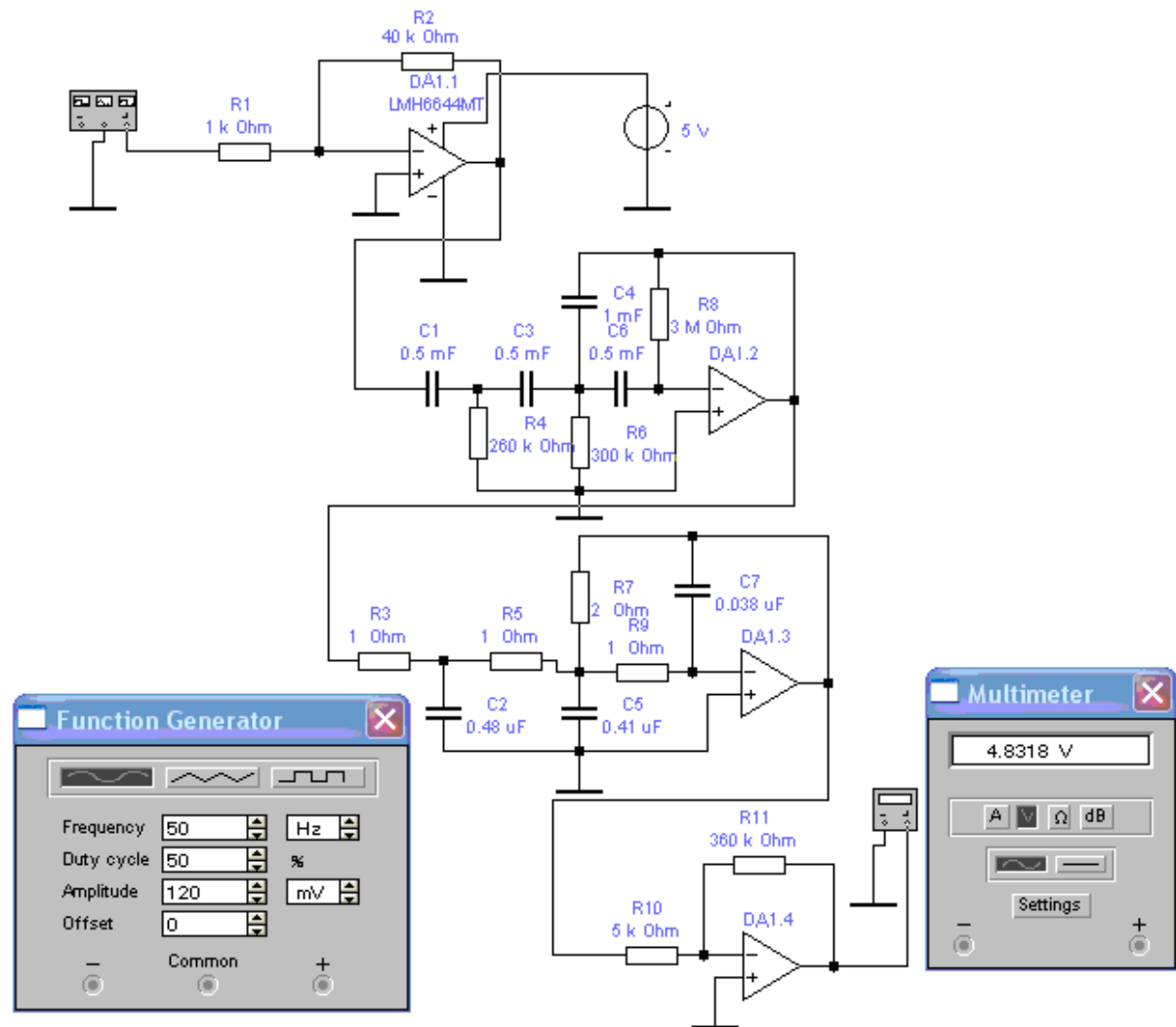


Рисунок 2.27 – Результат аналізу вихідної напруги

Аналіз схеми показує, що за вказаних вище умов вихідна напруга операційного підсилювача 4,83 В при 120 мВ вхідної напруги.

На підставі проведеного розрахунку, результатів дослідження і осцилограми (рис. 2.28) вихідної напруги посиленого сигналу можна зробити вивід, що підсилювальний пристрій і фільтри верхньої і нижньої частот на базі швидкодіючого 4-х каналного магістрального підсилювача LMH 6644MT відповідають пред'явленим вимогам.

Вихідна напруга підсилювального пристрою 4,83 У відповідає технічним характеристикам мікроконтролера відносно максимально можливої подачі на вхід його АЦП напруги 5,5В.

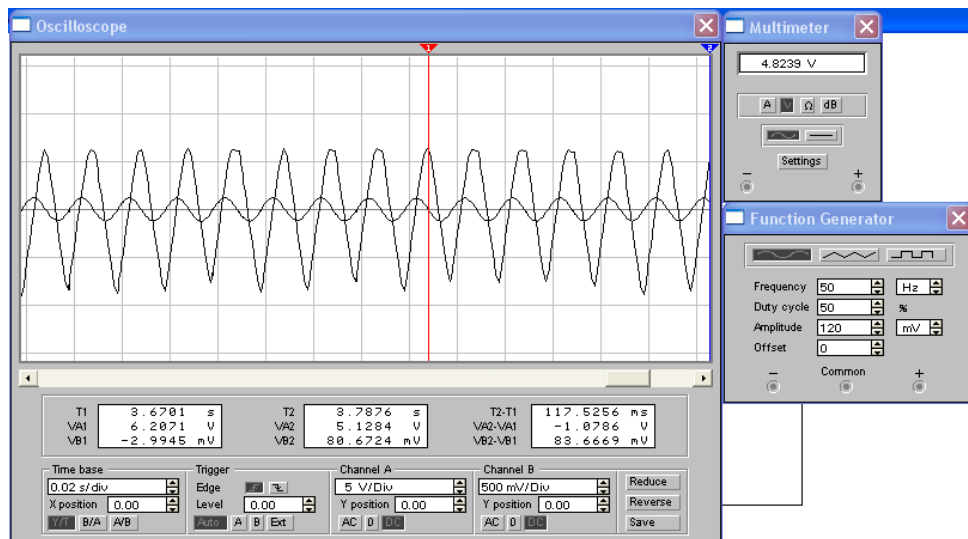


Рисунок 2.28 – Осцилограма вихідної напруги посиленого сигналу

2.6 Розробка програми функціонування пристрою

Аналіз апаратно-програмної взаємодії показує, що програма, по якій повинен працювати вимірювальний модуль повинна представляти систему, що працює в асинхронному режимі, тобто під зовнішньою дією (команди), система переходить з одного полягання (режиму) в інший. Такими діями служать зовнішні і внутрішні події, а їх реалізацією служать переривання мікроконтролера.

Відповідно до функціонального призначення програму мікроконтролера можна розбити на складові частини (модулі), кожен з яких складається з інтерфейсу модуля, який служить для обміну інформацією з іншими модулями і його реалізації, яка прихована від інших частин програми і є із їхньої точки зору «чорним ящиком».

По виконааних завданнях можна виділити наступні програмні модулі:

- ядро програми, яке виконує роль єдиної частини між частинами коду вимірювального модуля і контролюючої частини;
- службові підпрограми;
- інтерфейс користувача;
- драйвера.

2.6.1 Модуль ядра програми

Ядро програми може бути представлене як кінцевий автомат або CASE-система по програмній термінології. Схематично його структуру можна представити у вигляді рисунка 2.29.

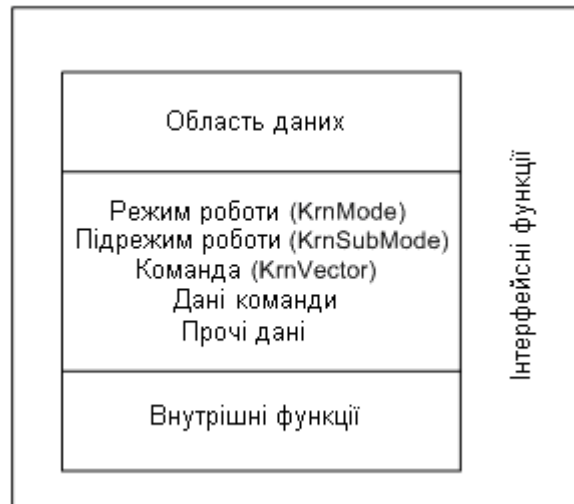


Рисунок 2.29 – Структура ядра програми

Три регістри в області даних характеризують стан, в якому знаходиться вимірювальний модуль. Регістр команди містить ідентифікатор джерела команди переривання. Алгоритм роботи ядра програми можна представити блок-схемою (рис. 2.30).

Механізм дешифрування команди багатоступінчастий і враховує наступні параметри:

- «Команда» (KrnVector) характеризує джерело команди (переривання). Даний регістр встановлюється драйверами пристроїв при обробці джерел переривань;
- «Дані команди» (KrnData). Додаткові дані, характеризують стан пристрою того, що викликав переривання;
- «Режим роботи» (KrnMode) характеризує поточний режим роботи вимірювального модуля, наприклад, «Вимір», «Калібрування» і т.п.;
- «Підрежим роботи» (KrnSubMode) характеризує стадію відробітку режиму роботи.



Рисунок 2.30 – Алгоритм роботи ядра програми

Необхідність даного регістра пов'язано з тим, що пристрій працює асинхронно і в одному і тому ж режимі роботи здобуття однотипних команд може вимагати виконання різних дій, наприклад, пристрій знаходиться в режимі запиту «калібрування основного датчика», при цьому $KrnMode = mdCalibr$, $KrnSubMode$ при цьому характеризує активний варіант відповіді «Так чи ні» (рис. 2.31).

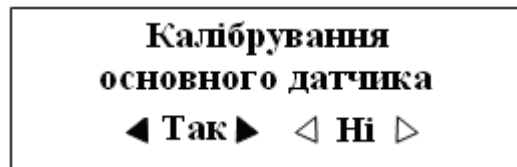


Рисунок 2.31 – Вікно монітора

При натисненні на кнопку «Enter» (введення), активізується переривання Int1, обробник якого вбудований в драйвер клавіатури встановить регістр KrnVector в intKbrd (тобто клавіатури), після чого він завершиться.

Основна програма після завершення обробника відновить свою роботу. Наступним етапом.

1. Проводиться дешифрування джерела переривань (1-й рівень case-системи). Визначається, що джерело команди для пристрою – клавіатура.

2. Запрошуються додаткові дані в драйвера відповідного пристрою, тобто в даному випадку запрошується процедура сканування клавіатури і повертається клавіша, що натискує.

3. Дешифрується клавіша, що натискує (2-й рівень case-системи). Даний рівень може бути відсутнім, якщо пристрій повертає дані, які не вимагають дешифрування (наприклад, АЦП).

4. Виробляється дешифрування використовуваної клавіші залежно від режиму роботи.

5. Виробляється дешифрування, використовуване залежно від підрежиму роботи.

Блок-схема дешифрування представлена на рисунку 2.32.

Важливою частиною механізму роботи ядра є маніпулювання заборонами переривання на стадії дешифрування джерела переривань, що дозволяє добитися однозначної ідентифікації джерела, оскільки процес дешифрування займає декілька десятків машинних циклів і якщо їх не забороняти те теоретично можливий варіант зміни режиму KrnMode при дешифруванні, що привело б до важко прогнозованого результату роботи.

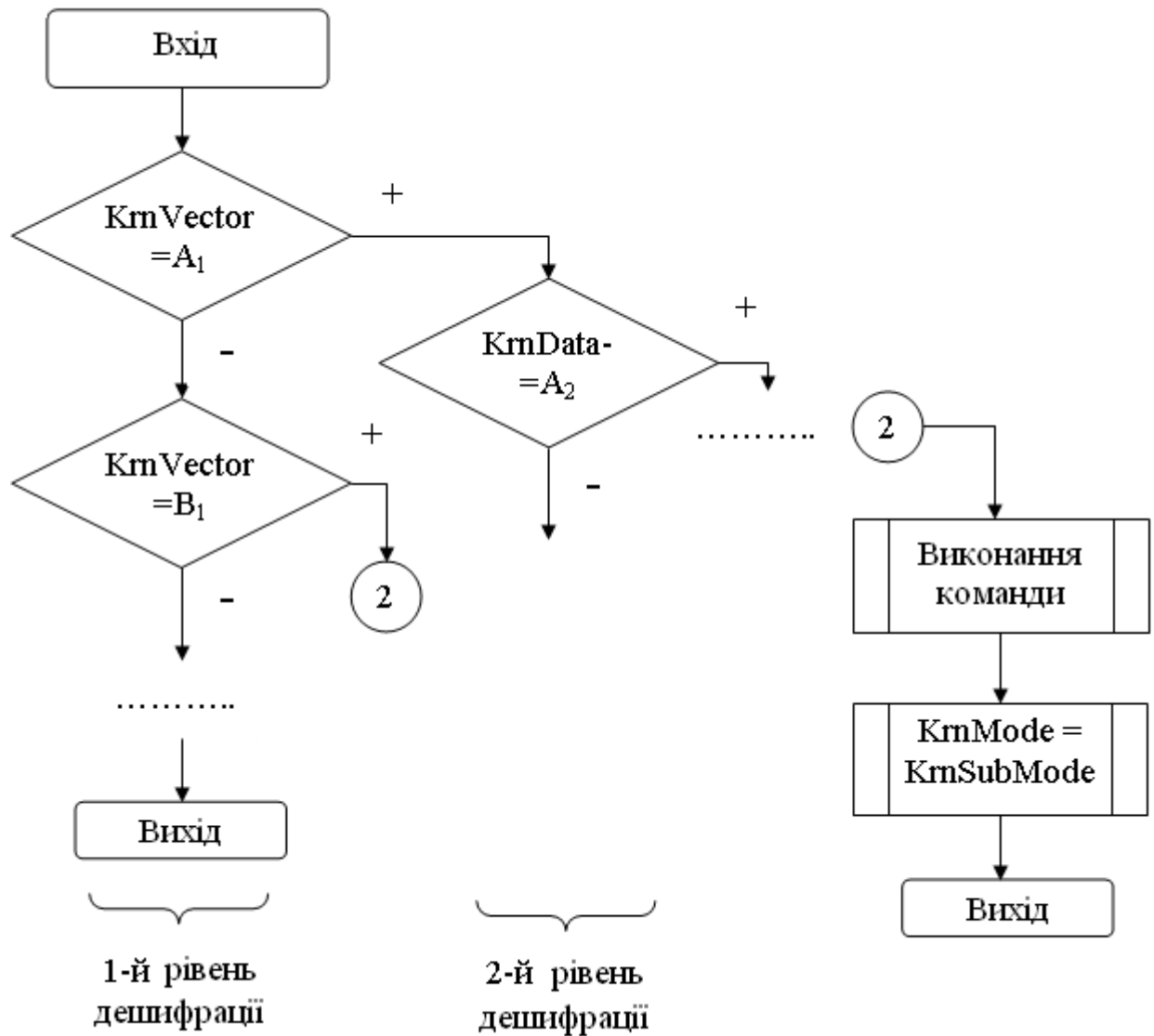


Рисунок 2.32 – Блок-схема дешифрування

2.6.2 Модуль службових підпрограм

Реалізація основних службових підпрограм.

Як основні підпрограми, що мають безпосереднє відношення до реалізації вимірювального модуля, є підпрограма виміру, підпрограма компенсації помилок і підпрограма калібрування АЦП. Реалізація останніх підпрограм спирається на стандартну бібліотеку підпрограм Atmel.

Підпрограма виміру.

Підпрограму можна представити наступним алгоритмом (рис. 2.33).

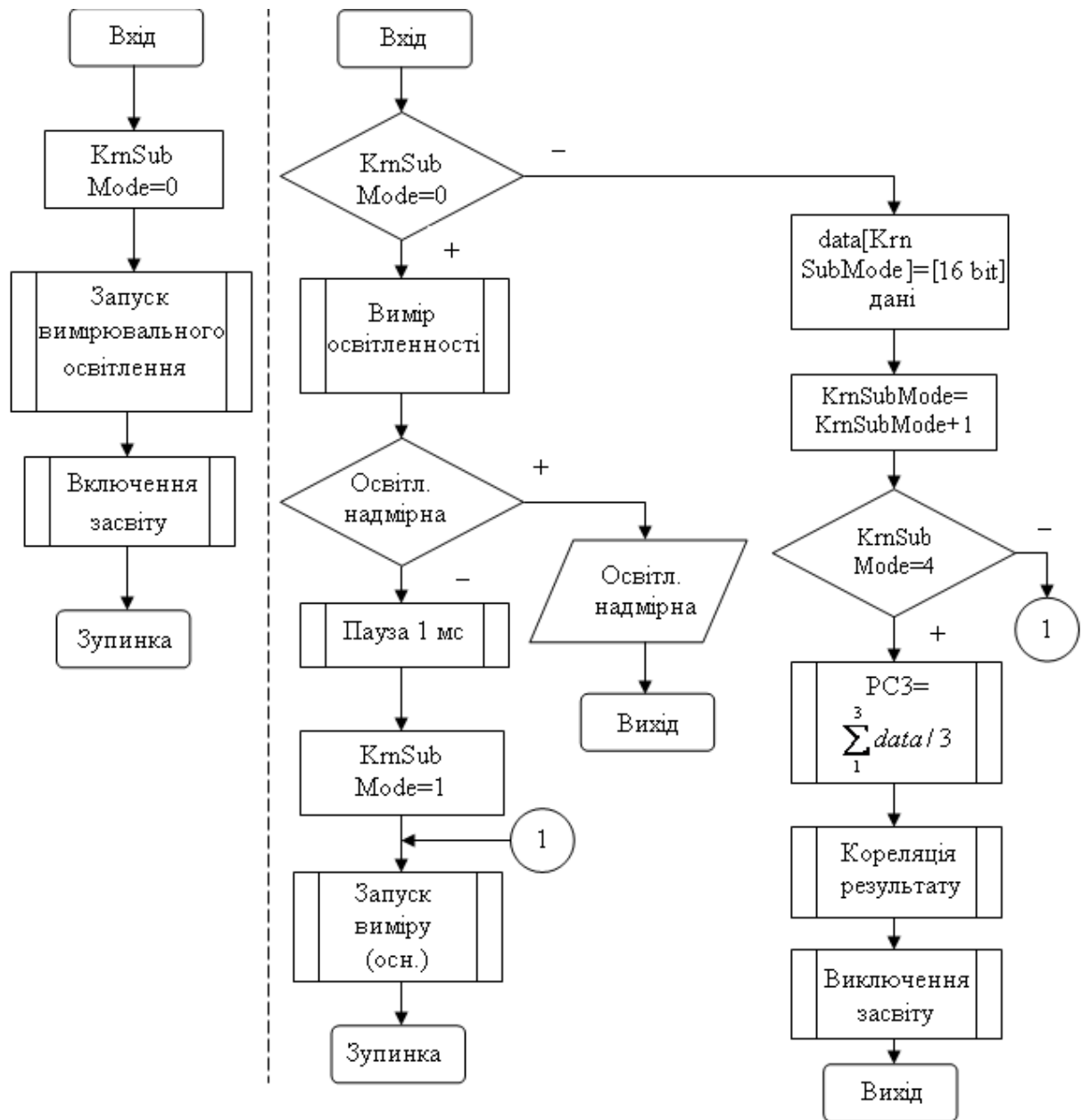


Рисунок 2.33 – Алгоритм підпрограми виміру

Модуль виміру складається з двох частин:

- інтерфейсна частина, містить оголошення функції (прототипи по термінології мови «СІ»);
- реалізація модуля.

Підпрограма компенсації помилок.

Програмний код реально-тимчасової компенсації реалізований як невелика функція. Кожен результат виміру АЦП пропускається через цю функцію, в якій використовуються константи *factor* і *correction* (рис. 2.34).



Рисунок 2.34 - Блок-схема програми компенсації погрішності зсуву і передаточної похибки

Обчислення можуть бути реалізовані за допомогою наступної сі-функції або альтернативно за допомогою макросу:

```

signed int adc_compensate( signed int adcvalue
signed int factor
signed long correction )
{
return (((((signed long)adcvalue*factor)+correction)<<2)>>16);
}

```

Константи зберігаються в ЕСППЗП і перед початком роботи мають бути скопійовані в ОЗП для прискорення доступу до них [17].

Калібрування АЦП.

Блок-схема калібрування за допомогою мікроконтролера AVR приведена на рисунку 2.35. У ній мається на увазі використання в тестовому блоці зовнішнього АЦП і робота по власному калібрувальному алгоритму.

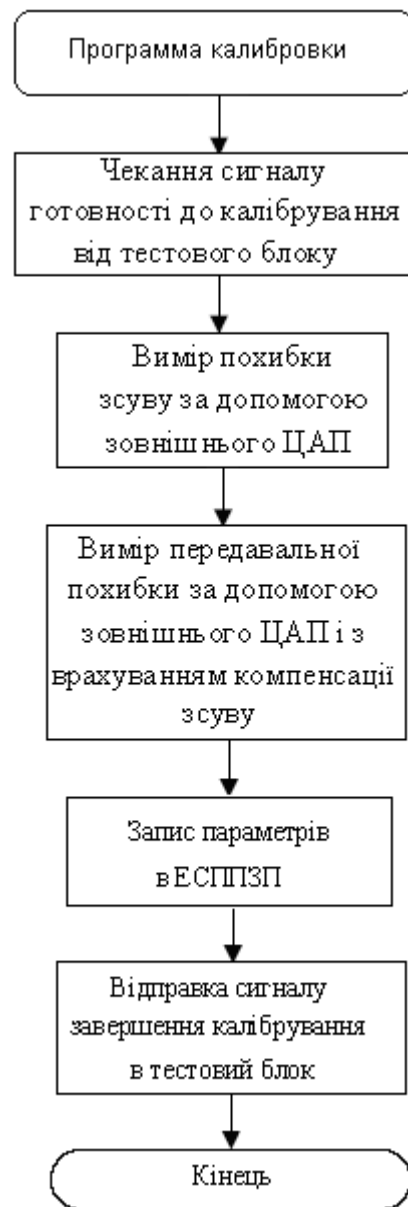


Рисунок 2.35 - Блок-схема калібрувальної програми

Параметри АЦП не змінюються при перемиканні каналу, тобто мультиплексор не вносить яких-небудь похибок до роботи АЦП. Ця частина програмного забезпечення записується в AVR до початку калібрування, а після її завершення замінюється програмним кодом фактичного застосування. Програмування конфігураційного біта EESAVE дозволить заблокувати дію команди стирання всієї пам'яті відносно ЕСППЗП під час перепрограмування флеш-пам'яті і, таким чином, калібрувальні дані будуть незачепленими.

2.6.3 Модуль інтерфейсу користувача

Оскільки завдання виконання виміру модулем не вимагають особливо-го інтерфейсу, а також із за вибраній реалізації ядра програми (у вигляді case системи), можна відмовитися від створення інтерфейсної частини у вигляді деякого самостійного модуля, а представити його у вигляді набору службових підпрограм, що виконують відображення інформації (стани пристрою, режимів і результатів роботи) для користувача. Оскільки частина інтерфейсу відповідає за здобуття команд від користувача, вона реалізована як частина ядра. Структура модуля аналогічна структурі модуля службових підпрограм.

2.6.4 Модулі драйверів

Для програмної реалізації роботи з пристроями застосовуються модулі драйверів. На них покладається реалізація протоколів передачі команд і даних в пристрій, здобуття даних з пристрою і обробка переривань.

При розробці модулів драйверів необхідно врахувати, що особливістю архітектури мікроконтролерів сімейства Atmega є неможливість обробки переривань усередині інших процедур обробки переривань (тобто вкладених переривань). З метою зменшення можливості ситуації, при якій можлива відмова обслуговування, тобто здобуття запиту на переривання при роботі з іншим пристроєм програмний код обробника переривань повинен мати мінімальний об'єм. У зв'язку з цим функції програми можна представити таким чином (рис. 2.36).

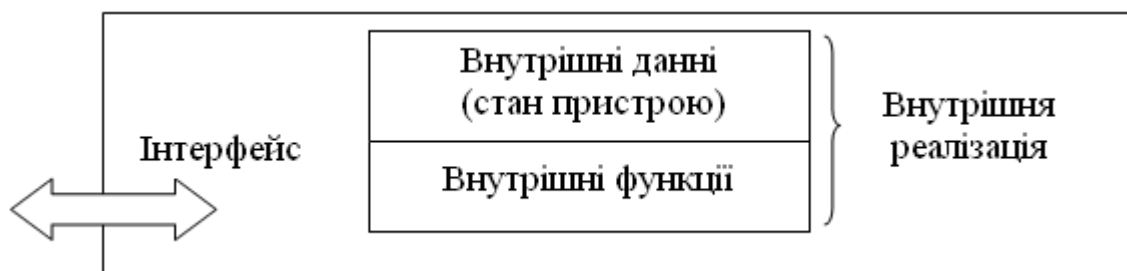


Рисунок 2.36 – Структура драйвера пристрою

Таку структуру має будь-який з драйверів, реалізований в розробленій програмі.

Інтерфейсні функції можна розділити на дві групи:

- функції управління пристроєм і передачі даних;
- функції прийому даних з пристрою (обробки переривань).

Функції управління пристроєм:

Init – ініціалізація пристрою;

TestStatus – тестування пристрою.

Функції здобуття даних:

GetData – здобуття даних з пристрою.

Кожен драйвер пристрою має внутрішню функцію IntVector, що є обробник переривання, пов'язаний з пристроєм.

Окрім вказаних загальних функцій кожен модуль драйвера може мати свої, специфічні функції для пристрою.

Драйвер USB.

Структура драйвера USB аналогічна розглянутою раніше загальній структурі драйвера. Його реалізація ґрунтується на рекомендації Atmel [20]. Протокол USB-прийому і дешифрування повністю реалізований програмно. Програма спочатку приймає бітовий потік USB в один USB-пакет у внутрішньому буфері. Початок прийому ініціюється по зовнішньому перериванню INT0, яке відповідає за зразкову синхронізацію. В процесі прийому перевіряється лише сигнал кінця пакету (визначається лише EOP). Це необхідно зважаючи на дуже високу швидкість передачі даних по шині USB. Після успішного прийому програма дешифрує пакети даних і аналізує їх. По-перше, за допомогою адреси аналізується, що прийнятий пакет відноситься до даного пристрою. Адреса передається при кожній USB-транзакції і, отже, пристрій знає, що передані дані відносяться саме до нього. Дешифрування USB-адреса повинне виконуватися дуже швидко, оскільки, в разі визначення дійсного пакету із заданою адресою, пристрій повинен відповісти комп'ютеру підтвер-

джуючим пакетом АСК. Таким чином, дешифрування адреси є критичною частиною USB-відповіді [20].

Після прийому бітового потоку виходить послідовність, закодована в коді NRZI, шляхом порозрядного заповнення вхідного буфера. В процесі дешифрування спочатку віддаляється порозрядне заповнення, а потім NRZI-кодування. Всі дані зміни виконуються в другому буфері (копія приймального буфера). Після дешифрування поточного пакету може прийматися новий пакет. Для даної крапки, швидкість дешифрування не так важлива, оскільки пристрій може затримати свою відповідь. Якщо комп'ютер запрошує відповідь в процесі дешифрування, то пристрій повинен відповісти негайно NAK (немає підтвердження), виходячи з чого, комп'ютер зрозуміє про неготовність пристрою. Таким чином, мікроконтролер має бути здатний приймати пакети від комп'ютера в процесі дешифрування, визначити чи відноситься транзакція до пристрою, а потім відправити пакет NAK, якщо дешифрування ще знаходиться в процесі виконання. В цьому випадку комп'ютер відправить запит знову. Мікроконтролер також дешифрує основну USB-транзакцію і виконує запрошену дію; наприклад, відправка символу по лінії RS232 і чекання завершення транзакції, а також підготовка відповідної відповіді. При виконанні цього процесу пристрій уриватиметься деякими пакетами, що поступають з комп'ютера, зазвичай пакети IN для здобуття відповіді від пристрою. На пакети IN пристрій повинен відповісти пакетами NAK. Якщо відповідь готова і пристрій виконав необхідну дію, відповідь повинна спочатку пройти через функцію обчислення і приєднання CRC, потім виконується NRZI-кодування, а потім порозрядне заповнення. Тепер, коли комп'ютер запрошує відповідь, даний бітовий потік передається по лініях даних відповідно до вимог стандарту USB [20].

Програма розділена на блоки: процедури переривання, процедури дешифрування, USB-прийом, USB-передача, дешифрування запрошеної дії і виконання необхідних дій (рис. 2.37) [20].

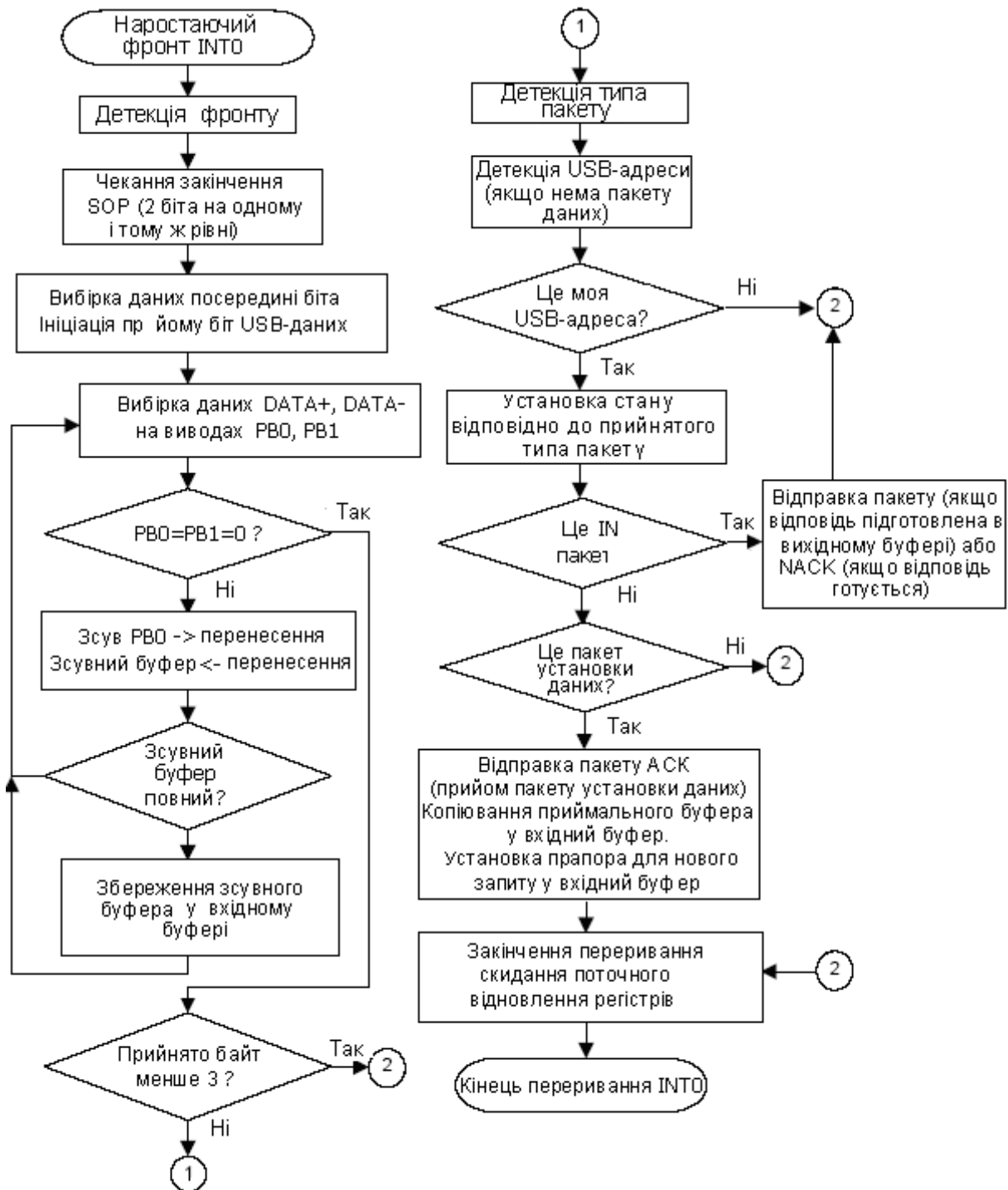


Рисунок 2.37 - Блок-схема процедури прийому

Зовнішнє переривання 0 знаходиться в активному стані протягом всього часу виконання програми. Дана процедура ініціює прийом даних що передаються послідовно по шині USB. Зовнішнє переривання виникає при появі наростаючого фронту на виведенні INT0. Спочатку процес оцифрування даних має засинхронізуватися до середини біта відповідно до зразкової синхронізації.

Оскільки тривалість передачі одного біта рівно лише 8 періодам синхронізації XTAL і виникнення переривання може бути затримано (+/- 4 періоди), то синхронізацію до фронтів зразкової синхронізації необхідно виконати ретельно. Закінчення передачі зразкової синхронізації і початок передачі біт даних визначається наступним за зразковою синхронізацією двома бітами з низьким рівнем [20].

Після цього починається фактичне оцифрування даних. Оцифрування виконується по середині біта. При швидкості передачі даних 1,5 Мбіт/секунду (1.5 МГц) і частоті синхронізації мікроконтролера 12 МГц в нашому розпорядженні є лише 8 тактів для оцифрування даних, запису результату в однобайтний буфер, зсуву даних в однобайтному буфері, перевірки на прийом всього байта, запису байта в статичне ОЗП і визначення закінчення пакету (EOP). Після прийому всього USB-пакета необхідно виконати дешифрування пакету. Спочатку необхідно визначити тип пакету (SETUP, IN, OUT, DATA) і прийняту USB-адресу. Швидке дешифрування повинне виконуватися усередині процедури обробки переривання, оскільки необхідно дуже швидко відповісти після прийому USB-пакету (пристрій повинен відповісти пакетом ACK, якщо прийнятий пакет з адресою пристрою і NAK, якщо прийнятий пакет адресований пристрою, але відповідь ще не готова).

В кінці процедури прийому (після відправки пакету ACK/NAK) записані в буфер дані мають бути скопійовані в інший буфер, в якому виконується дешифрування даних. Це необхідно для звільнення приймального буфера для прийому нового пакету.

В процесі прийому дешифрується тип пакету і встановлюється відповідне значення прапора. Прапор перевіряється в основному циклі програми і залежно від його значення виконується відповідна дія і готується відповідна відповідь без пред'явлення яких-небудь вимог по швидкодії мікроконтролера.

Для збереження високої швидкості обробки зовнішнього переривання INT0 воно повинне залишатися активним постійно, навіть при обробці інших переривань (наприклад, переривання по послідовному прийому). Прудкість

прийому в процедурі обробки переривання INT0 дуже важлива, тому, програму необхідно оптимізувати по швидкодії і часу виконання. Важливою проблемою є оптимізація резервування регістра в процедурах обробки переривань.

Основна частина коду драйвера прихована від інших частин програми. Реально необхідні наступні функції:

IntVector – модифікована функція обробки переривання. Int0 з рекомендації [20], відмінність від референц-кода в тому що в кінці обробника повинна викликатися функція ядра SetVector, яка дає вказівку на обробку команди з USB.

GetData – виконує NRZI дешифрування буфера даних і повертає отримані дані.

SetData – виконує NRZI-кодування і посилку пакету.

Реалізація обміну даними з персональною електронно-обчислювальною машиною (ПЕОМ) [20].

Для забезпечення зв'язку з пристроєм необхідна деяка програмна підтримка з боку ПК. Програма розділена на три рівні [20].

1. Драйвер пристрою: використовується для зв'язку на низькому рівні з пристроєм і для інсталяції в операційну систему (Windows 98/ME/NT/XP).

2. DLL-бібліотека: використовується для інкапсуляції функцій пристрою і зв'язку з драйвером пристрою. DLL спрощує доступ до функцій пристрою з програми користувача. До складу бібліотеки входять деякі функції пристрою і операційної системи (завдання, буфери і ін.).

3. Додаток користувача: створює призначений для користувача інтерфейс для зручного зв'язку між користувачем і пристроєм. Викликає функції лише з DLL-бібліотеки.

Драйвер пристрою і файли інсталяції.

Спочатку, USB-пристрій підключається до комп'ютерного USB-порту, потім операційна система визначить пристрій і запитає файли драйвера. Даний процес називається інсталяцією пристрою. Для виконання інсталяції не-

обхідно не лише створити драйвер пристрою, але також інсталяційний скрипт, в якому описується послідовність інсталяції.

Драйвер пристрою, що розробляється, виконаний з використанням Windows 2000 DDK (набір для розробки драйвера) [20]. Розробка драйвера USB заснована на тих, що входять в DDK прикладах - IsoUsb. Драйвер змінений для організації USB-зв'язку з AVR. У оригінальному вихідному коді зміни виконувалися довкола IOCTL-зв'язку шляхом додавання або розширення, оскільки пристрій зв'язується з комп'ютером за допомогою IOCTL-викликів [20]. Драйвер працює як відправник команд USB-пристрою (управляє вхідною передачею). Інсталяційний скрипт, записаний в INF-файл, використовується в процесі інсталяції пристрою.

Після ініціації інсталяції файл драйвера копіюється в операційну систему, а потім виконуються необхідні системні зміни. INF-файл гарантує інсталяцію DLL-бібліотеки в системну папку, що гарантує простоту її виклику з різних застосувань.

Бібліотека DLL [20].

DLL-бібліотека пов'язує з драйвером пристрої і всіма функціями пристрою, реалізованих в цій бібліотеці. Спосіб написання програми кінцевого користувача гранично спрощений. DLL-бібліотека гарантує привілейований доступ до пристрою (упорядковує доступ до пристрою), містить системний буфер для прийому даних через RS232 і створює одне системне завдання для читання буфера даних RS232.

Упорядкування в DLL гарантує, що лише один додаток/задача буде пов'язаний з пристроєм зараз. Це необхідно із-за можливості накладення запитів/відповідей від різних застосувань в один і той же час.

Системний буфер для прийому даних через RS232 гарантує, що прийняті дані будуть розміщені в одному буфері, який є загальним для всіх застосувань. В такому разі прийняті пристроєм дані вирушатимуть всім застосуванням. Для всіх застосувань існує лише одна системне завдання, і дані періодично запрошуватимуться в пристрою через RS232. В цьому випадку за-

вдання зберігатиме прийняті дані в системний буфер. Наявність лише одного системного буфера гарантує невелике завантаження ЦПУ і спрощує збереження даних в системний буфер. Всі функції пристрою визначені в бібліотеці DLL, а їх експорт виконується в зручній формі: не у вигляді номера функції і параметрів, а у вигляді зручного імені функції з параметрами. Деякі функції складніші внутрішньо, наприклад, функція читання буфера даних RS232.

Додаток кінцевого користувача.

Додаток кінцевого користувача використовує функції з DLL-бібліотеки для зв'язку з пристроєм. Його основним призначенням є реалізація дружнього графічного призначеного для користувача інтерфейсу (GUI). Використовуємо бібліотеку DLL. Як приклад можна використовувати проект у вихідних кодах [20]. Безліч додатків можна створити, використовуючи даний приклад як відправну крапку, використовуючи при цьому різні мови програмування (Delphi, C++ і Visual Basic).

Драйвер клавіатури.

Структура драйвера клавіатури аналогічна раніше розглянутій загальній структурі драйвера. Драйвер реалізований з використанням наступних основних функцій:

IntVector – функція обробки переривань Int1, викликає функцію ядра SetVector, після чого повертає управління.

GetData – функція опиту клавіатурної матриці.

Клавіатурна матриця включається в порядку, вказаному на рисунку 2.38.

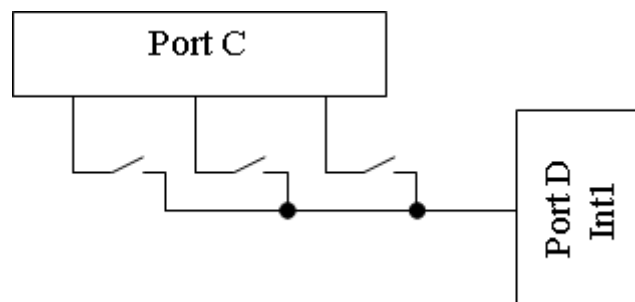


Рисунок 2.38 – Включення клавіатурної матриці

Спочатку у момент чекання порт 3 працює на вихід, на всіх виводах «1», порт D на вхід, дозволені переривання по Int1.

Функція GetData працює таким чином (рис. 2.39).

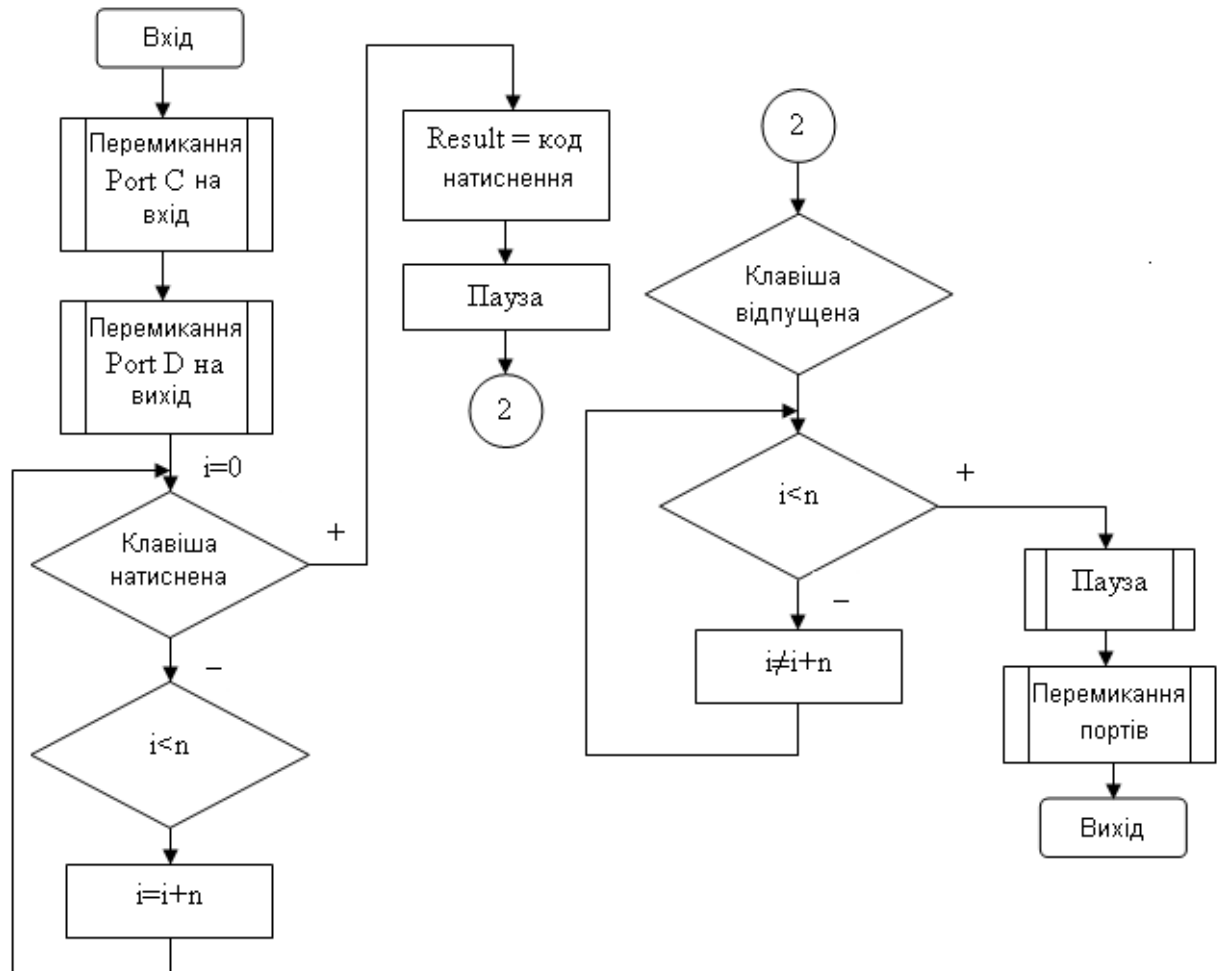


Рисунок 2.39 – Робота функції опиту клавіатурної матриці

Алгоритм побудований так, щоб фільтрувати «брязкіт контактів» у момент замикання і розмикання механічних контактів (рис. 2.40).

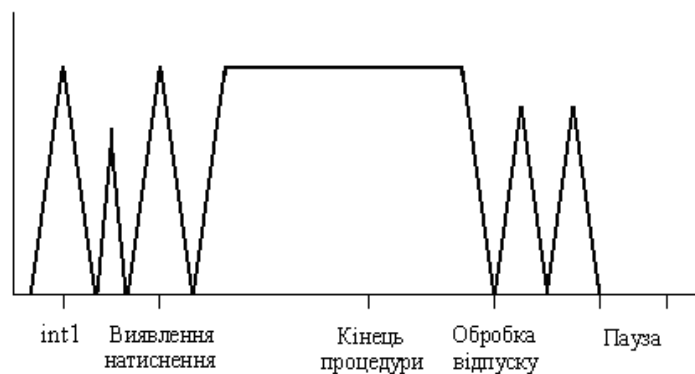


Рисунок 2.40 – Замикання і розмикання механічних контактів

Драйвер дисплея.

Драйвер виробляє управління рідкокристалічним дисплеєм. Його особливістю є те, що дані на дисплей лише передаються в зв'язку, з чим замість функції IntVector і GetData драйвер має заглушки.

Ініціалізація виконується по наступному алгоритму (рис. 2.41)

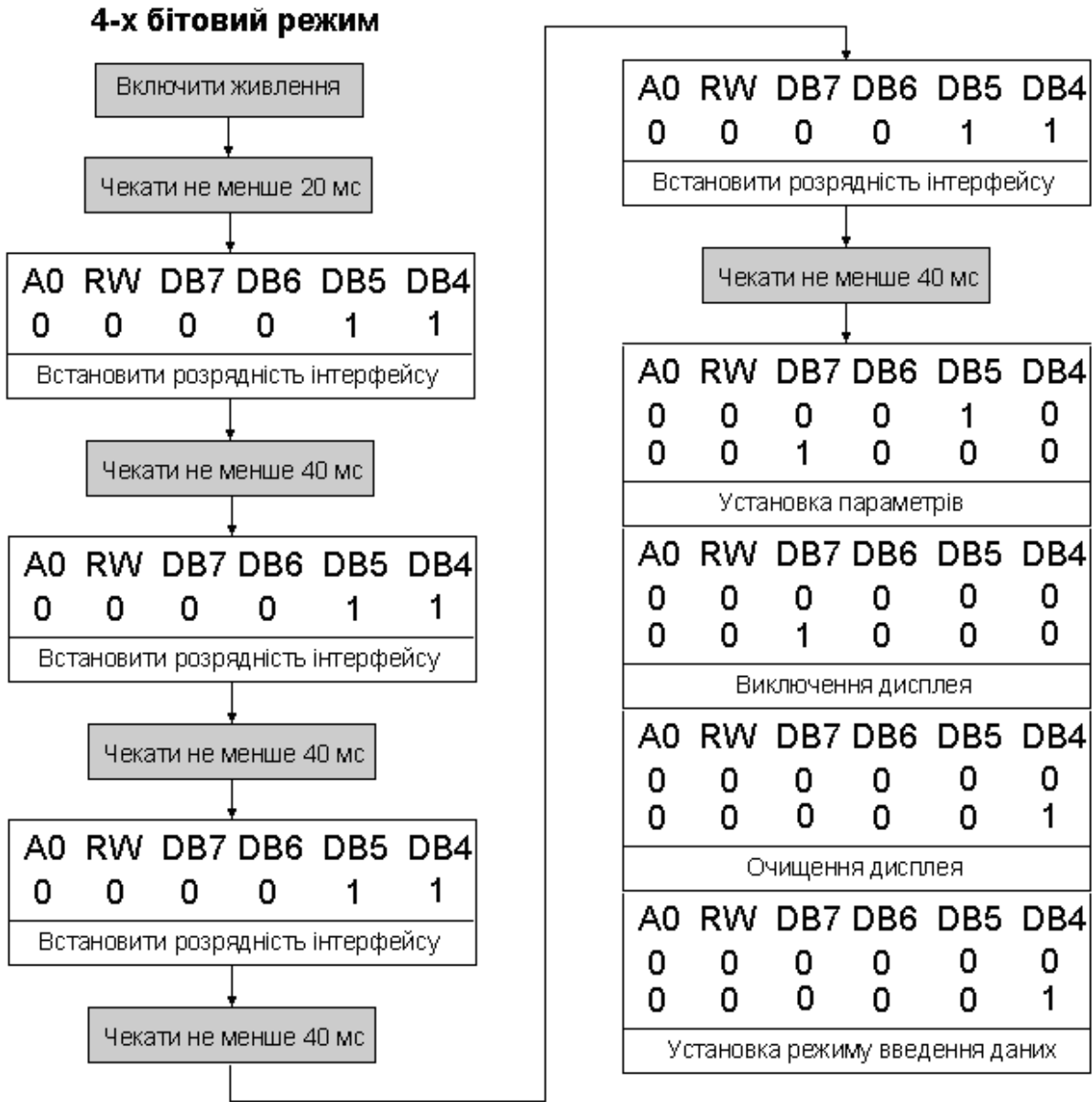


Рисунок 2.41 – Алгоритм ініціалізації дисплея

Код виведення даних заснований на базовій бібліотеці виводу на дисплей.

В порівнянні з базовою функцією ініціалізації дисплей MT-16S2H має особливість, пов'язану з підтримкою двох знакогенераторів.

Драйвер таймера.

Будується за схемою приведеною вище. Основною частиною є функція обробки переривання IntVector, яка виконує два основні завдання: управління внутрішнім годинником і контроль за станом USB-портів згідно рекомендації [20]. Функція ініціалізації виробляє установку початкових параметрів внутрішнього таймер-лічильника для генерації переривань в режимі таймера з частотою 10Гц.

Драйвер АЦП.

Драйвер АЦП забезпечує проведення вимірів і ініціалізацію АЦП. Ініціалізація виробляється в режимі АЦП 8/10. У цьому режимі забезпечується вимір сигналу з точністю 10 розрядів. По завершенню виміру виробляється генерація переривання АЦП. Потім функція IntVector встановлює подію ядра викликом функції SetVector.

Розроблений пристрій для проведення додаткової діагностики аналізу ретинальної гостроти зору і різних захворювань сітківки, зручніший в порівнянні з існуючими аналогами, оскільки володіє виведенням інформації на персональний комп'ютер.

Для перетворення сигналу після його зняття з аналогового датчика оптимальним є використання підсилювача, виконаного за неінвертуючим типом на основі операційного підсилювача; фільтру нижніх частот; схеми вибірки/запам'ятовування із замкнутим контуром; аналого-цифрового перетворювача з інтеграцією.

Багатофункціональність пристрою полягає в можливості використання роботи модуля виміру в режимі «транзит» під управлінням процесу діагностичного виміру за допомогою ПЕВМ.

Програмно-апаратні засоби мікроконтролера і точна регламентація алгоритмів роботи програмного забезпечення дозволяють добитися високої точності і надійності проведення діагностичних вимірів.

3 Техніко-економічне обґрунтування розробки мікроелектронної інформаційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору

3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення мікроелектронної інформаційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору

Топологічний аналіз показує, що пристрій може бути реалізований у вигляді малогабаритного мікромодуля і виконаний за сучасною маловитратною технологією тонкоплівкових гібридних мікроборок, або за технологією печатних плат на фольгованому текстоліті. Обидві технології передбачають, що всі елементи будуть навісними, а напilenням на підкладці, або травленням поверхні виконується лише струмопровідний шар.

Для вибору технології виготовлення мікроелектронної інформаційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів (табл. 3.1), враховуючи шкалу відносної важливості (табл. 3.2) [30].

Таблиця 3.1 - Можливі варіанти технологій виробництва пристрою

Технологія		Короткий опис
А	Технологія печатних плат на фольгованому текстоліті	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано травленням фольгованого текстоліту.
В	Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді товстих композитних плівок.
С	Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді тонких плівок провідних та резистивних матеріалів.
	Тонкоплівкових гібридних мікроборок	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано

D	у вигляді тонких плівок.
---	--------------------------

Таблиця 3.2 - Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.3.

Встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв (табл. 3.3) [30].

У матриці прийняті наступні позначення: i – номер критерію; при порівнянні 6-ох критеріїв (табл. 3.3) $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$; X_i - локальний пріоритет, тобто відносна вага i -го критерію в глобальному критерії:

Таблиця 3.3 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	6	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 \omega_i}$	X_i
1. Швидкодія	1	1/3	3	1/7	1/5	3	0,664	0,073
2. Завадостійкість	3	1	3	1/3	1/7	3	1,042	0,116
3. Споживання	1/3	1/3	1	1/5	1/7	3	0,460	0,051
4. Площа	7	3	5	1	1/5	7	2,297	0,254
5. Сумісність	5	7	7	5	1	5	4,277	0,473
6. Вартість	1/3	1/5	1/3	1/7	1/5	1	0,293	0,033
	Σ						9,033	1,00

Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (табл. 3.4 - 3.9). Оскільки тепер порівнюються 4 технології по одному критерію, то $i = 1, 2, 3, 4$.

$$X_i = \frac{\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}}{\sum_{i=1}^4 \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}},$$

де \sum - сума по стовпці $\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$.

Таблиця 3.4 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «швидкість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X_i
A	3	1/5	1	3	1,16	0,19
B	5	1	7	7	3,96	0,65
C	1/3	1/7	1	1/2	0,39	0,07
D	1/3	1/7	2	1	0,56	0,09
Σ					6,07	1,00

Таблиця 3.5 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «завадостійкість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X_i
A	1	5	1	1/3	1,14	0,21
B	1/5	1	1/5	1/7	0,48	0,09
C	1	5	1	1/3	1,56	0,29
D	3	7	3	1	2,20	0,41
Σ					5,37	1,00

Таблиця 3.6 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «споживання»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X_i
A	1	5	1/5	1/7	0,61	0,09
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/3	1,85	0,29
D	7	9	3	1	3,71	0,58
Σ					6,41	1,00

Таблиця 3.7 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «площа»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	5	3	5	0,99	0,21
B	1/5	1	1/3	1/2	0,24	0,05
C	1/3	3	1	3	2,03	0,43
D	1/5	2	1/3	1	1,47	0,31
Σ					4,73	1,00

Таблиця 3.8 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «сумісність»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	5	1/3	1/5	0,76	0,13
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/2	2,41	0,41
D	3	9	2	1	2,47	0,42
Σ					5,88	1,00

Таблиця 3.9 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	3	5	6	3,08	0,56
B	1/3	1	3	4	1,41	0,26
C	1/5	1/3	1	2	0,60	0,11
D	1/6	1/4	1/2	1	0,38	0,07
Σ					5,47	1,00

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт (табл.. 3.10) [30].

З порівняння глобальних пріоритетів різних технологій видно, що найбільшим є пріоритет у варіанта реалізації мікроелектронної інформаційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору з використанням технології печатних плат на фольгованому текстоліті.

Таблиця 3.10 - Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	№6	Глобальний
Вага	0,073	0,116	0,051	0,254	0,473	0,033	
Печатних плат на фольгованому текстоліті	0,07	0,29	0,29	0,43	0,41	0,11	0,360
Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	0,65	0,09	0,04	0,05	0,04	0,26	0,100
Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	0,19	0,21	0,09	0,21	0,13	0,56	0,176
Тонкоплівкових гібридних мікроборок	0,09	0,41	0,58	0,31	0,42	0,07	0,364

За допомогою методу аналізу ієрархій проведено порівняння чотирьох типів технологій реалізації електронної схеми пристрою за наступними критеріями: 1) швидкодія; 2) завадостійкість; 3) споживана потужність; 4) площа, займана на кристалі; 5) сумісність; 6) вартість. Найбільший локальний пріоритет у критерію «сумісність» (табл. 3.3). За даними таблиці 3.9 локальний пріоритет за критерієм «вартість» є найвищим для технології печатних плат на фольгованому текстоліті. Проте найбільший глобальний пріоритет мають технологія тонкоплівкових гібридних мікроборок та печатних плат на фольгованому текстоліті. Саме технологія печатних плат на фольгованому текстоліті й буде використовуватися для виготовлення мікроелектронної інформаційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору.

3.2 Розрахунок витрат на виробництво мікроелектронної інформаційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору

Витрати на матеріали і напівфабрикати вказані в таблиці 3.11. Витрати на матеріали і напівфабрикати склали 153,49 грн.

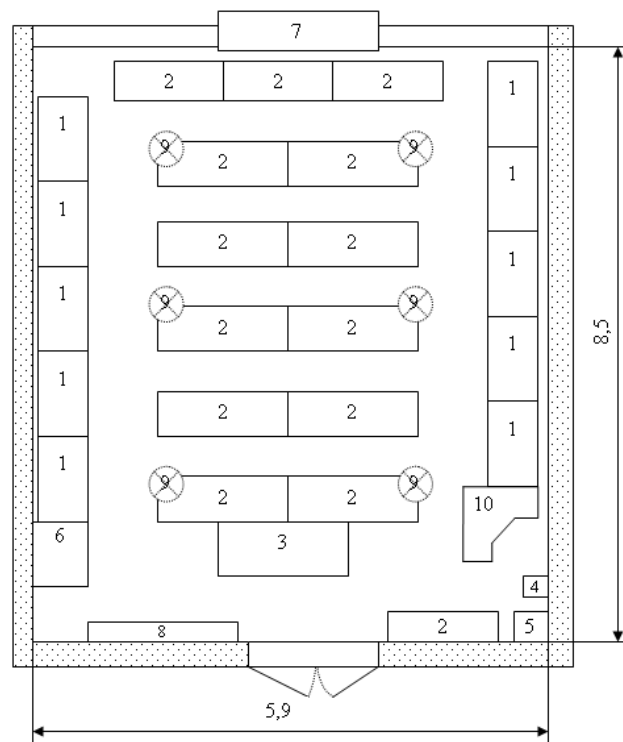
Таблиця 3.11 – Розрахунок вартості матеріалів на виробництво мікроелектронної інформаційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору

Найменування матеріалу	Одиниця виміру	Кількість ед/цикл	Ціна за од., грн.	Всього витрат, грн.
К155КП5	шт.	2	18,11	36,22
К155ИЕ5	шт.	1	10,77	10,77
К155ИД4	шт.	1	14,04	14,04
К155ЛА3	шт.	2	10,04	22,08
Транзистори КТ315Б	шт.	8	2,40	19,20
Транзистори КТ361Б	шт.	8	2,40	19,20
Резистор пост.	шт.	45	0,01	0,45
Конденсатор пост.	шт.	20	0,10	2,00
Конденсатор електр.	шт.	2	0,60	1,20
Діоди	шт.	6	0,51	3,06
Індикатор АЛС318А	шт.	1	22,00	22,00
Дріт	м	3	0,90	2,70
ПОС-61	кг	0,01	7,20	0,07
ФЛЮС	кг	0,01	3,40	0,03
Спирт	л.	0,1	12,00	1,20
Марля	м ²	1	0,75	0,75
Пластик	м ²	0,1	5,00	0,50
Усього				153,49

4 Охорона праці та техногенна безпека

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При виконанні дипломної роботи комп'ютерне моделювання та макетування мікроелектронної інформаційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору, проводилися в аудиторії 216 кафедри ЕІСПЗ, план якої представлено на рисунку 4.1.



1 - стіл комп'ютерний; 2 - стіл аудиторний; 3 - стіл викладача; 4 - автомат відключення електричного живлення; 5 - шафа силова; 6 - шафа універсальна; 7 - спліт система; 8 - дошка аудиторна; 9 - світильник 4-х ріжковий; 10 - стіл адміністратора мережі

Рисунок 4.1 – План аудиторії

Площа приміщення складає $50,15 \text{ м}^2$; об'єм $188,06 \text{ м}^3$; довжина приміщення $8,5 \text{ м}$; ширина приміщення $5,9 \text{ м}$; висота приміщення $3,5 \text{ м}$; число вікон 1; число робочих місць 2; освітлення: природне (через бічне вікно) і загальне штучне. Параметри приміщення задовольняють нормативним значенням: площа 6 м^2 , об'єм 20 м^3 на одного працюючого.

Проте вживання електроустаткування може нести в собі ряд шкідливих і небезпечних для життя і здоров'я людей чинників, що працюють з ним. Основну небезпеку дослідницької лабораторії представляють використання електроприладів, які працюють при напрузі тих, що є небезпечними для життя [9].

Дія електричного струму на живу тканину носить своєрідний характер. Проходячи через організм, електричний струм виробляє термічну, електролітичну і біологічну дію [31].

Міра небезпечної і шкідливої дії на людину електричного струму і електричної дуги залежить від роду і величини напруги струму, частоти струму, дороги струму через тіло організму, тривалість дії електричного струму, умов зовнішнього середовища.

У дослідницькій лабораторії існує можливість виникнення безпеки при роботі з шкідливими речовинами в процесі моделювання плати пристрою. При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нирко-психічні захворювання. Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних доріг і на шкіру, що наводить до дерматитів.

При недостатній освітленості на робочому місці може виникнути зорова втома.

При дослідженні мікроелектронної інфор-маційної системи для дослідження ретинальної гостроти зору якість багато в чому залежить від освітлення, тому в лабораторії має бути передбачене штучне освітлення. Незадовільне освітлення може спотворити інформацію, крім того, викликає стомлення організму в цілому. Неправильне освітлення може з'явитися причиною травматизму [31].

Зорова робота характеризується найвищою точністю, що відповідає першому розряду. Для загального штучного освітлення норма освітленості складе 400 лк; при природному бічному освітленні $KEO_{en} = 3,5$. Оскільки виробництво не є пожежо- вибухо- небезпечним в лабораторії застосовують люмінесцентні лампи з робочою напругою 220 В, а також індивідуальне освітлення на робочому столі. Це дає можливість рівномірно освітити всю лабораторію.

При монтажі компонентів на плату і формуванні топологічного рисунка струмопровідного шару виникає потенційна небезпека небажаної дії на організм речовин, що обертаються в технологічному процесі, і матеріалів. Всі речовини, що забруднюють повітря, надають шкідливу дію, якщо вони потрапляють в організм в кількостях, що перевищують деяку порогову величину (ГДК). У виробництві плат застосовують певні речовини, які шкідливі для організму. Клас небезпеки шкідливих речовин встановлюється залежно від гранично допустимої концентрації речовин в повітрі робочої зони. Це та концентрація яка переноситься без яких або відхилень від нормального полягання в перебігу робочого дня при щоденному диханні. Згідно ДСП 173-96 [31] встановлюють чотири класи шкідливих речовин: 1-й клас – речовини надзвичайно небезпечні; 2-й клас – речовини високо небезпечні; 3-й клас – речовини помірно небезпечні; 4-й клас – речовини мало небезпечні. Дія токсичних речовин виявляється в гострих і хронічних отруєннях.

При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

У таблиці 4.1 [31] приведені гранично допустимі концентрації небезпечних речовин, вживаних у печатній платі.

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні з підвищеним ГДК можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нерво-психічні захворювання.

Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних доріг і на шкіру, що призводить до дерматитів.

Таблиця 4.1 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Речовини	Речовині ПДК, мг/м ³
Олов'яний припій ПОС-60	90
Спирт етиловий ректифікований ДОСТ 4221-2003	1000
Ацетон технічний	30
Каніфоль соснова	150

Основні засоби техніки безпеки – герметизація апаратури і устаткування, наявність припливно-витяжної вентиляції в приміщенні проведення робіт і витяжна шафа. Робоче місце для виготовлення печатних плат і монтажу компонентів паянням обладнано витяжною шафою, рекомендованою і використаною для цих цілей на заводі «Перетворювач», яка має параметри представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Параметри витяжної шафи

Розміри, мм	850×850×650
Освітлення (лампа), Вт	60
Вентиляція, м ³ /г,	250
Вага, кг	110

Шафа обладнана:

- димопоглинальним активізованим вуглецевим фільтром;

- кислотостійкою керамічною плиткою;
- столиком, що обертається, для паяння з азбестовим верхом;
- тримачем для паяльника.

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відео терміналах і персональних комп'ютерах є допоміжною, температура, відносна вологість і швидкість руху повітря на робочих місцях повинні відповідати діючим санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень [31].

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відео терміналах і персональних комп'ютерах є основною, повинні забезпечуватися оптимальні параметри мікроклімату відповідно до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Оптимальні норми мікроклімату для приміщень з відео-терміналами і персональними комп'ютерами

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С (не більше)	Відносна вологість повітря %	Швидкість руху повітря м/с
Холодний	Легка – 1б	21-23	40-60	0.1
Теплий	Легка – 1б	22-24	40-60	0.2

До категорії 1б відносяться роботи, які виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою і такі, що супроводжуються деякою фізичною напругою, при яких витрата енергії складає від 120 до 150 ккал/г.

У приміщенні проведення експерименту підтримується мікроклімат відповідний нормативам, для категорії робіт «Легка – 1б».

4.3 Електробезпека

Оскільки на ділянці проведення роботи в лабораторії застосовується електроустаткування до 1000 В, той опір заземлення має бути не вище 4 Ом [32]. Приміщення відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки.

Основні роботи при виконанні дипломної роботи виконувалися з вико-

ристанням обчислювальної техніки. Оскільки персональний комп'ютер є електроустаткуванням, то при його експлуатації застосовують такі ж вимоги як і до звичайного електроустаткування.

Дія електричного струму на організм людини може бути теплове, хімічне і біологічне. При дії електричного струму на організм людини можуть бути два види ураження: електричні удари і електричні травми.

Захистом від дотику до струмоведучих частин електроустановок є ізоляція дротів, обгороджування, блокування і захисні засоби. Захистом від напруги, що з'явилася на корпусах електроустановок в результаті порушення ізоляції, є захисне заземлення, занулення і захисне відключення.

Захисне заземлення влаштовується в мережах з ізолюваною нейтраллю. Воно є навмисним з'єднанням із землею не струмоведучих металевих частин електроустановок.

Захисне заземлення необхідне для зниження напруги відносно землі до безпечної величини на металевих корпусах електроустановок, що нормально не знаходяться під напругою, але що виявилися під таким в результаті пошкодження ізоляції. При зниженні напруги на корпусах відносно землі струм, що проходить через людину, що торкається корпусу, знижується до безпечної величини (10 мА).

На ділянці проведення моделювання печатних плат застосовується електроустаткування до 220 В. Електроживлення здійснюється від розподільних щитів за допомогою комутуючих автоматів, що виробляють захист того або іншого об'єкту.

4.4 Протипожежна та техногенна безпека

Виробництво печатних плат, згідно вимогам ДБН В.1.1–7–2002, відноситься до категорії Б, оскільки це виробництво зв'язане із застосуванням легкозаймистих речовин зокрема спирту та ацетону.

Пожежна безпека в лабораторії забезпечується за рахунок строгого дотримання безпечного режиму процесу, в приміщенні підтримується

зразковий порядок і чистота, строго дотримується режим роботи установок. Особлива увага приділяється контролю і перевірці справності всього обладнання.

Основні будівельні конструкції будівлі, в якій знаходиться ділянка, виконані з матеріалів, що не згорають і важко згорають, цегельних і виштукатурених. Вогнестійкість будівлі має 2 рівень. Для евакуації людей на випадок пожежі, згідно вимогам ДБН В.1.1–7–2002, в лабораторії є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях приміщення ділянки. Ширина дверей і сходів рівна 6 м, що відповідає нормі.

По вимогах ПВЕ будівля, в якій знаходиться ділянка по заходах захисту від блискавки, відноситься до категорії III і захищається від прямих ударів блискавок, і від замету високих потенціалів через землю, тобто підземні металеві комунікації, їх приєднують при введенні в об'єкт, що захищається, до заземлювача електроустановки. Захист від блискавки заснований на стержневих громовідводах [32].

Для попередження пожеж на ділянці створений строгий протипожежний режим. Створена загально об'єктова і лабораторна інструкція по ПБ, проводиться первинний протипожежний інструктаж на робочому місці; створений план протипожежних заходів і евакуації людей на випадок пожежі.

Для гасіння вогнищ усередині будівлі на майданчиках сходових кліток, в коридорах і отворі встановлені пожежні крани, які розміщені в шафках, де знаходиться і рукав з протипожежним стволом. Для гасіння пожеж електроустановок використовується вуглекислотний вогнегасник ОУ-5, в кількості трьох вогнегасників в даному приміщенні, оскільки вуглекислота не електропровідна. Існують пожежна електрична сигналізація, яка забезпечує прямий зв'язок пожежної охорони з охоронним об'єктом. У даній будівлі застосовують звукову систему сигналізації. В приміщенні є план евакуації згідно якого люди повинні залишити приміщення у разі виникнення пожежі.

Для евакуації людей на випадок пожежі на поверсі є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях будівлі. При появі сигналу спо-

віщення про пожежу співробітники лабораторії № 216 організовано без паніки покидають лабораторію і, залежно від місця спалаху, слідуєть або вліво через лабораторний корпус для виходу на вулицю Добролюбова, або управо для виходу на вулицю Незалежної України (рис. 4.2). Ширина дверей і сходів рівна 1,6 м, що відповідає нормі. Відстань від найбільш видаленого робочого місця до найближчого виходу – 15 м. Швидкість просування людей при евакуації – 16 м/хв.

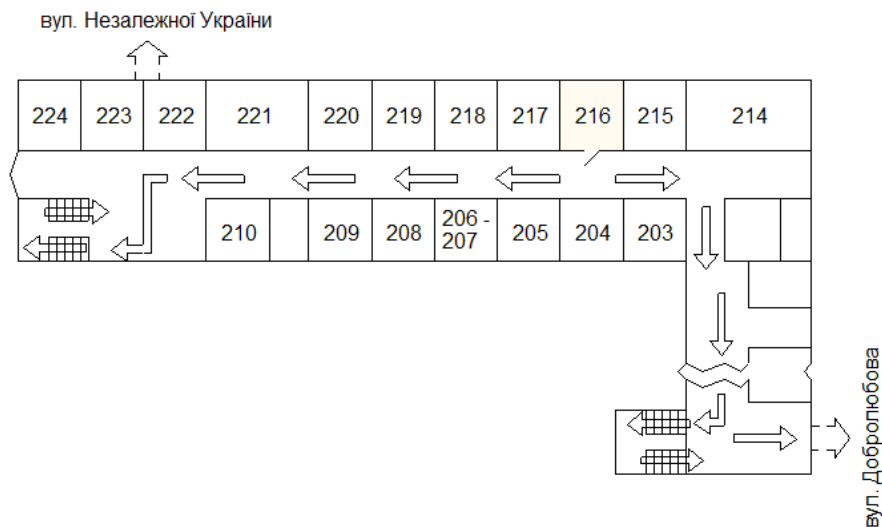


Рисунок 4.2 – План евакуації при пожежі із аудиторії № 216

4.5 Розрахунок середнього рівня шуму на робочому місці оператора

Як було вище зазначено, в приміщенні знаходиться чотири робочих місця операторів ЕОМ, кожне з яких устатковане монітором, вінчестером в системному блоці, трьома вентиляторами системи охолодження ПК та клавіатурою. Крім того поряд працює периферійна техніка.

Допустимий еквівалентний рівень шуму для робочого місця оператора складає 65 дБА [32].

Орієнтовні еквівалентні рівні звукового тиску джерел шуму, що діють на оператора ЕОМ на його робочому місці, представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Рівні звукового тиску від різних джерел

Джерело шуму	Рівень шуму, дБА
Жорсткий диск	45
Вентилятор	45
Принтер	55
Сканер	50

Розрахуємо середній рівень шуму на робочому місці оператора при роботі всієї вказаної техніки. Рівень шуму, який виникає від декількох некогерентних джерел, що працюють одночасно, підраховується на підставі принципу енергетичного підсумовування рівня інтенсивності окремих джерел:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum 10^{0,1L_i}, \quad (4.1)$$

де L_i - рівень звукового тиску i -го джерела шуму; n - кількість джерел шуму.

Підставивши значення рівня звукового тиску для кожного виду устаткування у формулу, отримаємо:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg(104,5 + 104,5 + 105,5 + 105) = 44,2 \text{ дБ}$$

За наявності декількох джерел шуму з однаковим рівнем інтенсивності L_i загальний рівень шуму визначають за формулою:

$$L = L_i + 10 \lg n, \quad (4.2)$$

У нашому випадку таких джерел сім, отже загальний рівень шуму буде визначатися так:

$$L = 44,2 + 10 \lg 5 = 51,19 \text{ дБ.}$$

Отримані результати розрахунку порівнюється з допустимим значенням рівня шуму для даного робочого місця [32]. Розраховане значення середнього рівня шуму не перевищує гранично допустимого рівня шуму для робочого місця оператора, тобто спеціальні заходи по зниженню рівня шуму не потребуються.

Висновки та рекомендації

1. Проведені теоретичні дослідження показали, що на сучасному етапі технічного розвитку офтальмології використовується діагностична апаратура старої елементної бази, що значно погіршує якість діагностики і її точність. У зв'язку з цим нами прийнято рішення проектування швидкодіючого, точного (погрішність виміру $\leq 1\%$) пристрою діагностики ретинальної гостроти зору на базі мікроконтролера з використанням ЖКИ.

2. Досягнута багатофункціональність пристрою: можливість використання роботи модуля виміру в режимі «транзит» під управлінням процесу діагностичного виміру з ПЕВМ, можливість створення електронних баз даних на пацієнтів з метою вивчення динаміки хвороби.

3. Висока точність і надійність проведення вимірів обґрунтована програмно-апаратними засобами, що є у складі мікроконтролера, і точною регламентацією алгоритмів роботи програмного забезпечення пристрою.

4. З метою підвищення точності вимірів, що проводяться, пристроєм передбачений аналіз освітленості приміщення, в якому виробляється діагностичне дослідження.

Спроекований діагностичний пристрій електрофізіологічних досліджень патологій зорового аналізатора повністю відповідає вимогам, поставленим до його розробки, і може бути використано в офтальмології при діагностиці різних захворювань сітківки ока як графічне вираження біопотенціалу сітківки, що виникає у відповідь на світлове роздратування, що відображає сумарну активність кліток сітківки.

Перелік посилань

1. Ерошевский Т.И., Бочкарева А.А. Глазные болезни: Учебник. М.: Медицина, 1983.- 448 с.
2. Конаевой В.Г. Справочник по глазным болезням.- М.: Медицина, 2002. - 560 с.
3. Шамшинова А.М. Электроретинография в клинике глазных болезней// Клиническая физиология зрения: Сб. науч. трудов.- М., 1993. - С. 57-83.
4. Зислина Н.Н., Шамшинова А.М. Физиологические основы и возможности использования зрительных потенциалов в дифференциальной диагностике глазных болезней // Клиническая физиология зрения: Сб. науч. трудов.- М., 1993. - С. 146-158.
5. Зуева М. В. Повреждающее действие видимого света на сетчатку глаза: Автореф. дис. канд. биол. наук. - М., 1980. - 24 с.
6. Зуева М.В., Цапенко И.В. Электрофизиологическая характеристика глияльно-нейрональных взаимоотношений при ретиальной патологии. // Сенсорные системы. - 1992. - №3. - С.58-63.
7. Смолянинова И. Л. К вопросу ретиальной остроты зрения больных с нистагмом // Актуальные вопросы офтальмологии: Тез. VII респ. конф. Лит. ССР, Каунас, 1980. - С. 88-89.
8. Шамшинова А.М., Щербатова О.И. Электроретинография в диагностике заболеваний сетчатой оболочки: Методические рекомендации. - М., 1985. - 15 с.
9. Шамшинова А.М. Локальная электроретинограмма в клинике глазных болезней: Дис. д-ра мед. наук. - М., 1989. - 232 с.
10. Аветисов Э. С., Шапиро Е. Ш., Бегишвили Д. Г. Ретиальная острота зрения нормальных глаз // Офтальмол. журн. - 1982. - №1. - С.32-36.

11. Шамшинова А.М., Нестерюк Л.И., Ендриховский С.Н. и др. Цветовая кампиметрия в диагностике заболеваний сетчатки и зрительного нерва // Вестн. офтальмол. - 1995. - Т. 111, №2. - С. 24-28.
12. Глазные болезни: Учебник/ А.А.Бочкарева, Т.И. Ерошевский, А.П. Нестеров и др.; Под ред. А.А.Бочкаревой.- М.: Медицина, 1989.- 416 с.
13. Шаповалова И.Н. Справочник по глазным болезням.- Ростов н/Д: Феникс, 2000.-320с.
14. Золотарева М.М. Глазные болезни (Пособие для практического врача-офтальмолога).- Минск, издательство «Беларусь»,1964.- 611 с.
15. Аветисов Э.С. Дисбинокулярная амблиопия и ее лечение.- М.: Медицина,1968. – 208 с.
16. Пеньков М.А. К вопросу о ретинальной остроте зрения нормальных глаз.// Офтальмологический журнал.,1984, № 1, С. 16-18.
17. Электронный каталог Atmel corp. [электронный ресурс] / база данных содержит сведения о всех видах лит., поступающей в фонд Atmel corp. – Электрон дан. (680 файлов. 1980 тыс. записей). – А..[2006]. – Режим доступа: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/DOC1631.PDF, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ., рус.
18. Российская государственная библиотека [электронный ресурс] / Центр информ. технологий РГБ; ред. Отрешко В.И.; Web - мастер Рязанцева Т.М. – Электрон. дан.- М.:Рос. гос. б-ка, 2005 – Режим доступа: <http://web-soft.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.,англ.
19. Рюмик С.М. Микроконтроллеры AVR.//Радиоаматор.,2005, №2, с.35-39.
20. Электронный каталог Atmel corp. [электронный ресурс] / база данных содержит сведения о всех видах лит., поступающей в фонд Atmel corp. – Электрон дан. (680 файлов. 1980 тыс. записей). – А..[2006]. – Режим доступа: www.atmel.com/literature, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ., рус.
21. Электронный каталог Atmel corp. [электронный ресурс] / база данных содержит сведения о всех видах лит., поступающей в фонд Atmel corp. – Электрон дан. (680 файлов. 1980 тыс. записей). – А..[2006]. – Режим доступа:

- http://www.atmel.com/dyn/resources/prog_documents/doc2521.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ., рус.
22. Конев Ю.И. Источники вторичного электропитания. Справочник – М.: Радио и связь, 1983.
23. Российская государственная библиотека [электронный ресурс] / Центр информ. технологий РГБ; ред. Лудько В.С.; Web - мастер Рязанцева Т.М. – Электрон. дан.- М.:Рос. гос. б-ка, [200?] – Режим доступа: <http://www.promelec.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
24. Российская государственная библиотека [электронный ресурс] / Центр информ. технологий РГБ; ред. Лудько В.С.; Web - мастер Рязанцева Т.М. – Электрон. дан.- М.:Рос. гос. б-ка, [200?] – Режим доступа: <http://www.platan.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
25. Рюмик С.М. Микроконтроллеры AVR.// Радиоаматор., 2005, №3, С.35-39.
26. Гаврилов Л.П. Нелинейные цепи в программах схематического моделирования.- М.: СОЛОН-Р, 2002. 368 с.
27. Российская государственная библиотека [электронный ресурс] / Центр информ. технологий РГБ; ред. Лудько В.С.; Web - мастер Рязанцева Т.М. – Электрон. дан.- М.:Рос. гос. б-ка, [200?] – Режим доступа: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/app/micros\avr\AVR309>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
28. Рюмик С.М. Микроконтроллеры AVR.// Радиоаматор., 2005, №1, С.35-39.
29. Справочник по расчету электронных схем. Гершунский Б.С. – К: Вища школа, 1983. – 240 с.
30. Белуха М.Т. Основи наукових досліджень [Текст] / Белуха М.Т. - К: Вища шк., 1997. - 271с.
31. Ткачук К.Н., Степаненко А.И. Охрана труда и окружающей среды в радиоэлектронной промышленности. – К.: Вища шк., 1988. - 240 с.
32. Горобец А.И. Охрана труда в радиоэлектронной промышленности. – К.: Техника, 1987. – 345 с.

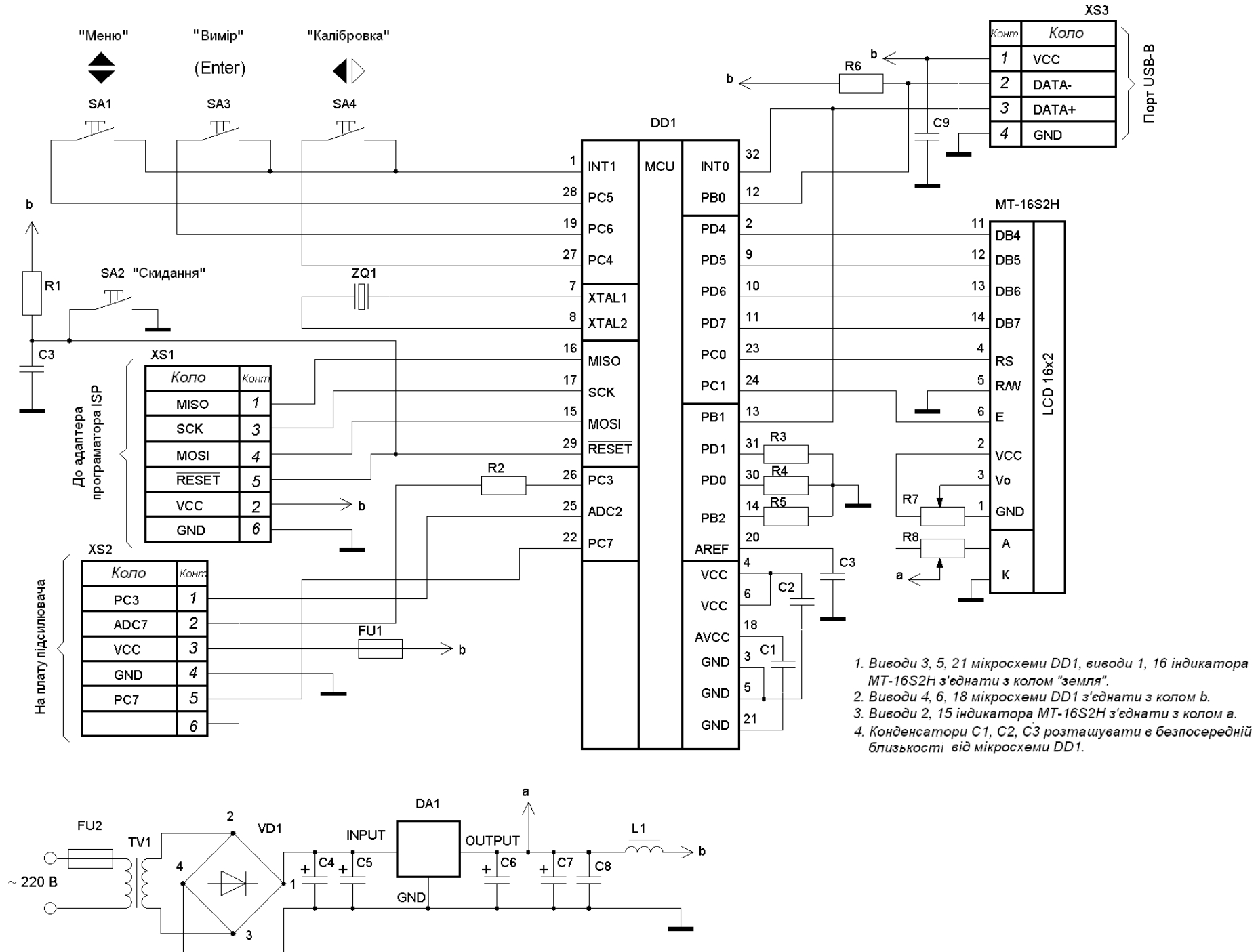


Схема модуля виміру

1. Виводи 3, 5, 21 мікросхеми DD1, виводи 1, 16 індикатора MT-16S2H з'єднати з колом "земля".
2. Виводи 4, 6, 18 мікросхеми DD1 з'єднати з колом b.
3. Виводи 2, 15 індикатора MT-16S2H з'єднати з колом a.
4. Конденсатори C1, C2, C3 розташувати в безпосередній близькості від мікросхеми DD1.

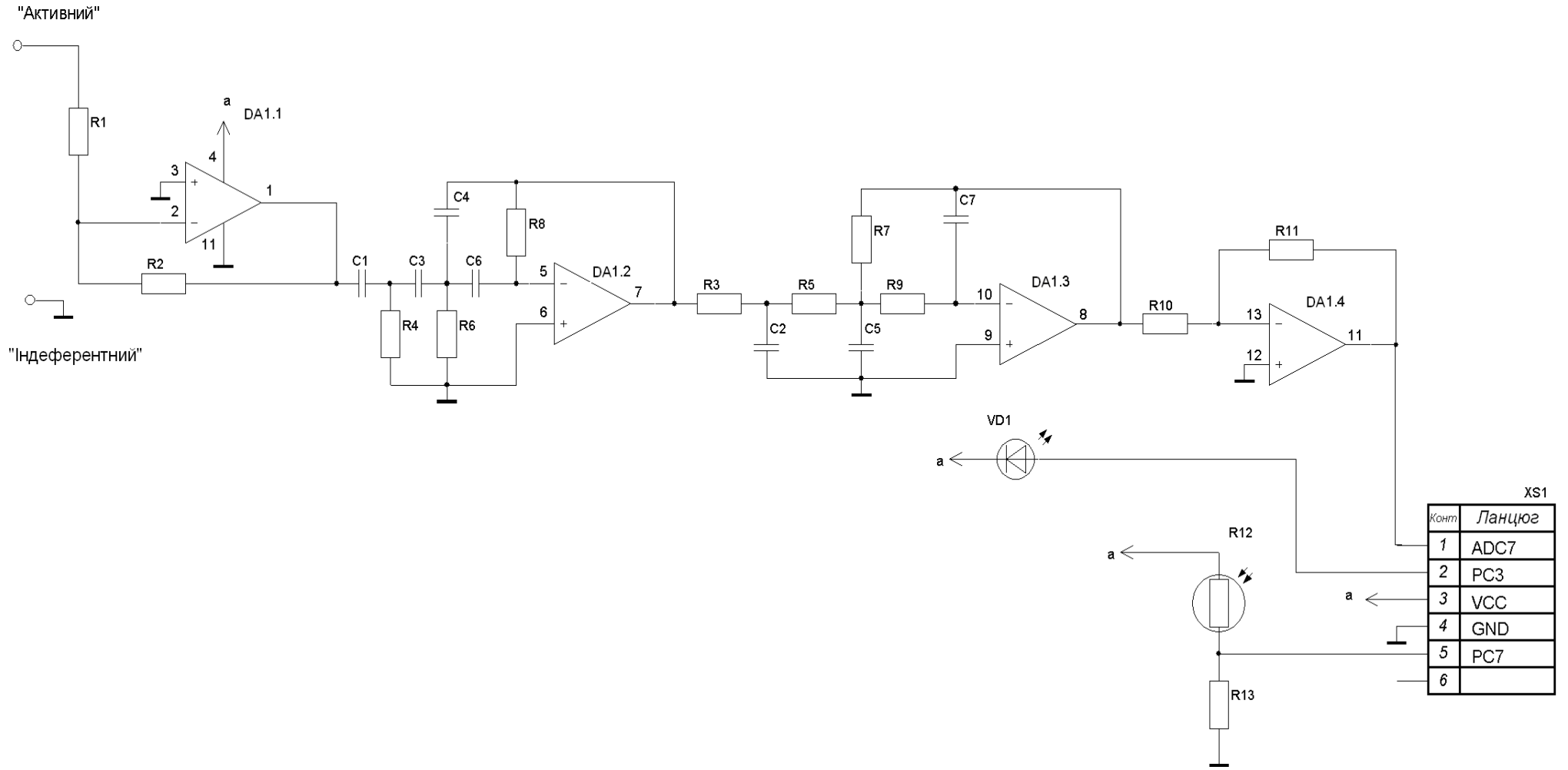


Схема підсилювача сигналу

**«ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Науково-дослідна частина
Наукове товариство
студентів, аспірантів, докторантів
Рада молодих вчених

ЗБІРНИК
наукових праць студентів,
аспірантів, докторантів і молодих вчених

«МОЛОДА НАУКА-2022»

Том V

*«Секції Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету»*

Запоріжжя
2022

Нішанов Тимур

Магістрант 1 курсу ІННІ ім. Ю. М. Потебні
Наук. кер.: к.т.н., доц. Верьовкін Л. Л.

ДІАГНОСТИКА ПАТОЛОГІЇ СІТКІВКИ ОКА

Електроретинографія - графічний запис потенціалів, використовується як додатковий метод діагностики при різних захворюваннях сітківки. Після імпульсного засвітлення сітківки реєстрація потенціалів може бути вироблена за допомогою спеціальної апаратури через електрод, упаяний в контактну лінзу, яку накладають на око, потім виробляють спалах імпульсної лампи значної інтенсивності і малої тривалості.

Вимірювальний електрод повинен розміщуватися на внутрішній поверхні сітківки, або на рогівці. Аби контактні лінзи мали хороший електричний контакт з рогівкою (яка дуже тонка), вони повинні мати спеціальне наповнення.

Опорний (індиферентний) електрод розміщується на щоці, лобі або мочці вуха. Розміщення цього електроду поблизу ока менш зручно, оскільки сигнал, що знімається, утворює артефактний сигнал.

Сигнал, що знімається, відображує розподілену електричну реакцію на сітківці на біоелектричне збудження.

Програма, по якій повинен працювати вимірювальний модуль повинна представляти систему, яка працює в асинхронному режимі, тобто під зовнішньою дією (команди), система переходить з одного режиму в інший. Такими діями служать зовнішні і внутрішні події, а їх реалізацією служать переривання мікроконтролера.

Розроблений пристрій для проведення додаткової діагностики аналізу ретинальної гостроти зору і різних захворювань сітківки, зручніший в порівнянні з існуючими аналогами, оскільки має виведення інформації на персональний комп'ютер.

Для перетворення сигналу після його зняття з аналогового датчика оптимальним є використання підсилювача, виконаного за неінвертуючим типом на основі операційного підсилювача; фільтру нижніх частот; схеми вибірки/запам'ятовування із замкнутим контуром; аналого-цифрового перетворювача з інтеграцією.

Багатофункціональність пристрою полягає в можливості використання роботи модуля виміру в режимі «транзит» під управлінням процесу діагностичного виміру за допомогою ПЕВМ.

Програмно-апаратні засоби мікроконтролера і точна регламентація алгоритмів роботи програмного забезпечення дозволяють добитися високої точності і надійності проведення діагностичних вимірів.

Література

1. Верьовкін Л.Л., Світанько М.В., Кісельов Є.М., Хрипко С.Л. Цифрова схемотехніка: підручник. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 214 с.

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
Запорізька міська рада
Запорізька обласна державна адміністрація
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний університет «Києво-Могилянська Академія»
Національний університет кораблебудування імені Адмірала Макарова
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Київський національний університет будівництва і архітектури
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
Національний транспортний університет

II Всеукраїнська науково-практична конференція за участю молодих науковців

«АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ»

18-20 жовтня 2022 року



Запоріжжя, 2022

Нішанов Тимур, магістрант 2 курсу
Науковий керівник – доцент, кандидат технічних наук Верьовкін Л.Л.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕТИНАЛЬНОЇ ГОСТРОТИ ЗОРУ

*Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету,
кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення*

Актуальність проведення діагностичних заходів ретинальної гостроти зору грає велику роль, оскільки ухвалення рішення при визначенні і постановці діагнозу базується на безлічі досліджень, які проводяться, з пацієнтом. Важливість цього питання полягає в наданні медичному персоналу додаткового технічного засобу електрофізіологічного дослідження, виконаного з врахуванням світового і вітчизняного досвіду в області офтальмології, для підтвердження або спростування поставленого діагнозу і прийнятті на його основі рішення про тактику проведення лікувальних заходів, доцільність проведення тих або інших оперативних втручань і спостереження за пацієнтом після проведення відповідної терапії.

Вимоги, які пред'являються до розробленого пристрою діагностики патології сітківки ока (ретинальної гостроти зору) (рис.1):

- пристрій повинен забезпечувати управління діагностикою (здійснювати передачу команд і прийом інформації з датчиків);
- обробка отриманої інформації, вивід і її відображення повинні здійснюватися в інтерпретації зручною для медичного персоналу;
- організувати можливість передачі вимірних даних на персональний комп'ютер, з метою подальшого відображення, статистичної обробки і аналізу;
- передбачити можливість проведення діагностичного виміру під управлінням ПК, з використанням вимірювального модуля, в режимі «транзит»;
- передбачити можливість оновлення програмного забезпечення контролера крайового пристрою (Firmware - вбудований BIOS);
- передбачити можливість калібрування використовуваних датчиків і схем аналого-цифрового перетворення;
- передбачити самотестування пристрою з максимальною оцінкою його можливостей;
- забезпечити живлення пристрою від мережі змінного струму 220В.

Вимірювальний електрод повинен розміщуватися на внутрішній поверхні сітківки, або на рогівці. Наприклад, вимірювальний електрод, виготовлений з Ag/AgCl, приєднується до ока за допомогою спеціальної контактної лінзи. Аби такі контактні лінзи мали хороший електричний контакт з рогівкою (яка дуже тонка), вони повинні мати спеціальне наповнення.

Опорний (індиферентний) електрод розміщується на щоці, лобі або мочці вуха. Розміщення цього електроду поблизу ока менш зручно, оскільки сигнал, що знімається, утворює артефактний сигнал.

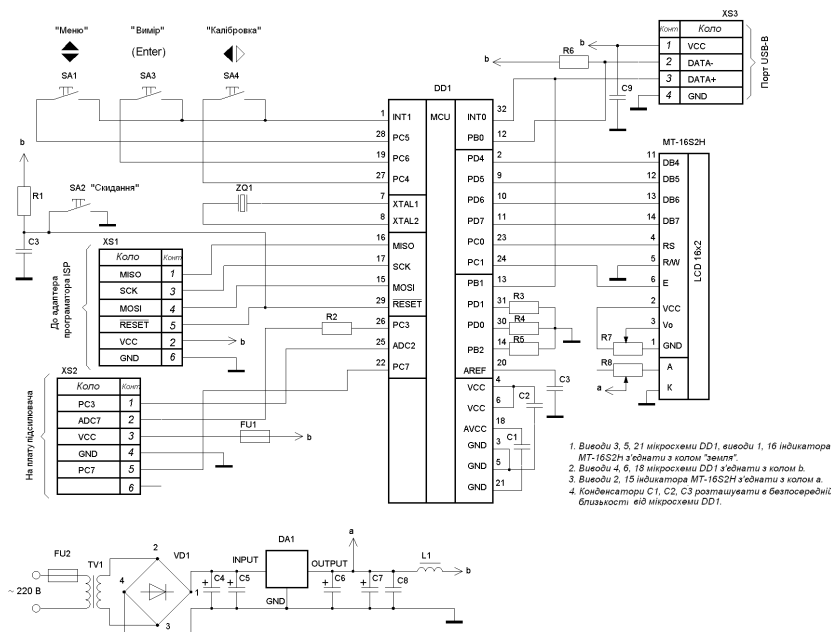


Рисунок 1 – Схема розрахованого модуля виміру

Сигнал, що знімається, відображує розподілену електричну реакцію на сітківці на біоелектричне збудження.

Для здобуття відгуку сітківки слід використовувати імпульсний засвіт значної інтенсивності і малої тривалості.

Розроблений пристрій для проведення додаткової діагностики аналізу ретинальної гостроти зору і різних захворювань сітківки, зручніший в порівнянні з існуючими аналогами, оскільки володіє виведенням інформації на персональний комп'ютер.

Для перетворення сигналу після його зняття з аналогового датчика оптимальним є використання підсилювача, виконаного за неінвертуючим типом на основі операційного підсилювача; фільтру нижніх частот; схеми вибірки/запам'ятовування із замкнутим контуром; аналого-цифрового перетворювача з інтеграцією.

Багатофункціональність пристрою полягає в можливості використання роботи модуля виміру в режимі «транзит» під управлінням процесу діагностичного виміру за допомогою ПЕВМ.

Програмно-апаратні засоби мікроконтролера і точна регламентація алгоритмів роботи програмного забезпечення дозволяють добитися високої точності і надійності проведення діагностичних вимірів.

З метою підвищення точності вимірів, які проводяться, пристроєм передбачений аналіз освітленості приміщення, в якому проводиться діагностичне дослідження.

Список використаних джерел

1. Верьовкін Л.Л., Світанько М.В., Кисельов Є.М., Хрипко С.Л. Цифрова схемотехніка: Підручник. – Запоріжжя: ЗДІА, 2016. – 214 с.