

**Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет**

Л.Л. Верьовкін

**Мікроелектронні системи відновлення
біноккулярного**

**Методичні рекомендації
до практичних занять**

*для студентів ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ
спеціальності 176 «Мікро- та наносистемна техніка»*

**Запоріжжя
2024**

**Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет**

**Мікроелектронні системи відновлення
біноккулярного зору**

**Методичні рекомендації
до практичних занять**

***для студентів ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ
спеціальності 176 «Мікро- та наносистемна техніка»***

*Рекомендовано до видання
на засіданні кафедри ЕІСПЗ,
протокол № __ від _____ р.*

Верьовкін Л.Л. Мікроелектронні системи відновлення бінокулярного зору. Методичні вказівки до практичних занять для студентів ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ спеціальності 176 «Мікро- та наносистемна техніка». Запоріжжя, 2024. 45 с.

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності «Мікро- та наносистемна техніка», які виконують практичні завдання по курсу «Мікроелектронні системи відновлення бінокулярного зору». Вказівки містять загальні напрямки питань що розглядаються в курсовому проектуванні, рекомендації до виконання розділів, список рекомендованої літератури та тематику курсових проектів.

Укладач: Верьовкін Леонід Леонідович, доцент

Відповідальний за випуск : зав. кафедрою ЕІСПЗ
професор Критська Т.В.

1.1 Діагностика органу зору людини

Під бінокулярним зором слід розуміти об'єднану діяльність сенсорних і моторних систем обох очей, що забезпечує одночасний напрям зорових осей на об'єкт фіксації, злиття монокулярних зображень цього об'єкту в єдиний зоровий образ і локалізацію його у відповідне місце простору. Бінокулярний зір підсилює сприйману яскравість об'єкту і дозволяє точніше оцінювати третє просторове вимірювання, тобто об'ємність предметів, ступінь їх абсолютної і відносної віддаленості.

Відомо, що повноцінне сприйняття глибини можливо тільки двома очима. Зір одним оком (монокулярне) дає уявлення лише про висоту, ширину, форму предмету, але не дозволяє судити про взаєморозташування предметів в просторі «по глибині». Одночасний зір характеризується тим, що при ньому у вищих зорових центрах сприймаються імпульси від одного і від іншого ока одночасно, проте немає злиття в єдиний зоровий образ.

Патологія очорухового апарату може виражатися в неправильному положенні очей, обмеженні їх рухів, порушеннях конвергенції і дивергенції, ністагмі.

На практиці найчастіше доводиться зустрічатися з неправильним положенням очей - косоокістю. Воно характеризується відхиленням одного з очей від загальної точки фіксації і порушенням бінокулярного зору.

При монокулярній косоокості постійно існуюча скотома гальмування у більшості хворих рано чи пізно призводить до більш менш значного зниження зору косячого ока, не дивлячись на відсутність змін на очному дні. Таке зниження зору косячого ока без

видимих органічних поразок позначається як амбліопія від невживання, або дисбінокулярна амбліопія.

Клінічні методи дослідження очорухового апарату в основному застосовують для діагностики початкових стадій парезу нервів, що іннервують м'язи ока, особливо в тих випадках, коли хворі скаржаться на двоїння, але при цьому наголошується помітне відхилення ока.

При косоокості, співдружності, застосування цих методів обмежене, їх використовують для визначення участі паретичного компонента в його координатній і «спровокованої» диплопії.

Метод координатної заснований на розділенні полів погляду правого і лівого ока за допомогою червоного і зеленого фільтрів, забарвлених в додаткові кольори. При накладенні цих кольорів один на одного виникає ефект повного гасіння зображення. Метод дозволяє судити про локалізацію в просторі зображення обох очей при косоокості.

Не всі види косоокості, співдружності, виправляються хірургічним способом, існує, так звана косоокість співдружності акомодативної і неакомодативної. Ці види патології очорухового апарату виправляються повністю або частково оптичною корекцією. Якщо косоокість в цьому випадку зникає не повністю (частково косоокість, акомодативної), то має місце залишковий кут, який часто буває невеликим і хірургічно усувати його не просто, оскільки може мати місце гіперрефект. Тому пошук нових не хірургічних методів лікування косоокості, співдружності, в даний час залишається актуальним.

Виправлення косоокості складається з декількох етапів: на першому етапі необхідно, за наявності дисбінокулярної амбліопії,

підвищити зір на косячому оці; на другому етапі – хірургічним або іншим способом усувається власне кут девіації; на завершальному етапі виробляється правильний бінокулярний зір.

Для лікування косоокості без оперативних втручань застосовуються спеціальні оптичні пристрої і електронні стимулюючі апарати. Використання електричних імпульсів для стимуляції роботи окорухових м'язів дозволяє відновити ослаблене скоротливі функції м'язів і одержати позитивний терапевтичний ефект.

Електростимуляція (електрогімнастика) - складова частина комплексного лікування - це посилення діяльності органів або систем організму шляхом роздратування їх електричним струмом. У офтальмології її застосовують як метод дії імпульсним електричним струмом, що викликає скорочення м'яза.

Суть методу електростимуляції полягає в дії електричного струму на фізіологічні крапки, що підвищує гостроту зору. При цьому поліпшується провідність зорового нерва, який передає інформацію від ока до кори головного мозку. Електростимуляція розслабляє і циліарні м'язи ока. А це дозволяє ліквідовувати спазм акомодатії, кровообіг посилюється і всі структури очного яблука краще забезпечуються живильними речовинами.

Механізм лікувальної дії електростимуляції різноманітний. Все що відомо про фізіологічні реакції тканин організму, у відповідь на підведення до них енергії струмів низької напруги в імпульсному режимі, дозволяє говорити про те, що стимулююче вплив імпульсного струму не могло не відобразитися на стані апарату, акомодатії, а також на процесах обміну і кровообігу в сітківці і зоровому нерві, що виявляється поліпшенням гостроти зору у ряду хворих. Але що веде

значення в механізмі дії належить змінам моторики, що виражаються в поліпшенні рухової функції стимульованого м'яза.

У основі збудливості нервово-м'язового апарату лежать складні фізико-хімічні процеси, обумовлені порушенням рівноваги іонної концентрації і зміною ступеня набухання оболонок нерва і його волокон. Іони калія і натрію, досягнувши певної концентрації, викликають явище збудження, а іони кальцію і магнію, навпаки, знижують збудливість тканин. При швидкому наростанні струму концентрація іонів у полюсів клітки різко змінюється і викликає її збудження. Миттєве включення і виключення постійного струму, що діє на м'яз або руховий нерв, викликає скорочення м'яза. Під впливом роздратування імпульсним струмом хвиля збудження швидко розповсюджується по м'язових волокнах, відбувається пасивне скорочення м'яза, спостерігається поступове відновлення ослабленої скоротливої функції м'язів. Одночасно з'являється властива однонаправленому струму судинорозширювальна дія і поліпшення кровопостачання м'язової тканини, активізація обмінних окислювально-відновних процесів. Відбувається відновлення трофіки і чутливості нервово-м'язових структур.

Для електростимуляції в офтальмології застосовують імпульсні струми різної форми: прямокутної, експоненціальної, трикутної, синусоїдальної (рис.1.2).

Їх характеристики наступні: тетанізуючий струм загостреної форми - частота імпульсів до 10 Гц, тривалість імпульсів 1 мс; експоненціальний ток- струм Лапіка, плавно наростаючої і спадаючої форми- частота імпульсів 5-80 Гц, тривалість імпульсів 3-60 мс; імпульсний струм прямокутної форми- струм Ледюка- частота

імпульсів 0,1-1 мс; синусоїдальний струм - частота імпульсів 10-150 Гц, тривалість імпульсів 1-3 мс.

Імпульсні струми по ступеню роздратування, що зростає розташовуються так: тетанізуючої, експоненціальної, синусоїдальної, прямокутної форми.

Залежно від характеру і ступеня ураження нервово-м'язового апарату ока визначається і вибір того або іншого виду імпульсного струму для електростимуляції. При цьому виходять із здатності, акомодатії м'яза або нерва (адаптація до роздратування).

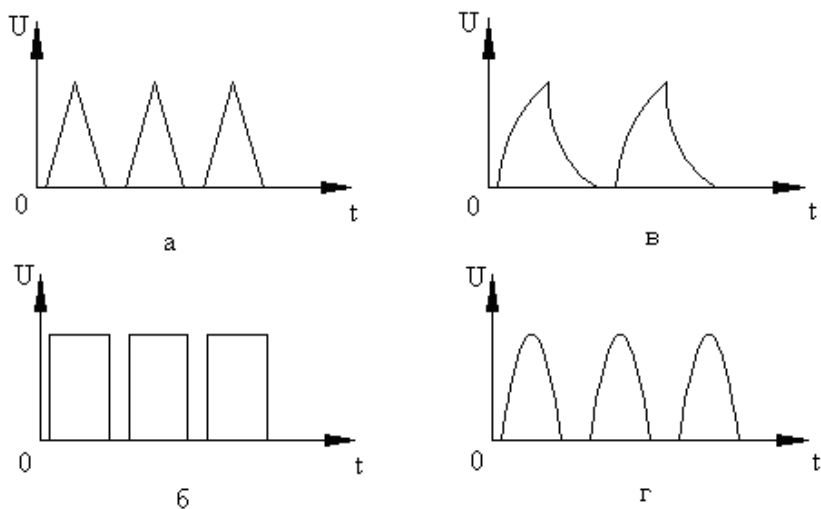


Рисунок 1.2 - Графічне зображення основних видів імпульсних струмів, використовуваних для електростимуляції:

- а – струм трикутної форми;
- би – струм прямокутної форми;
- у – струм експоненціальної форми;
- г – струм синусоїдальної форми

Чим нижча здатність м'яза до акомодації, тим більше фізіологічними для неї будуть імпульси з поступово наростаючою крутизною - експоненціальні. Поріг роздратування ними нижче, ніж прямокутних, дія їх менш хворобливо, не викликає виснаження м'яза.

При електростимуляції слід чергувати, модулювати посилку імпульсів з паузами, оскільки тривале скорочення веде до порушення живлення м'яза, виснаження і посилення атрофії. Частота модуляцій і тривалість імпульсів, як і вид струму, визначаються функціональним станом нервово-м'язового апарату. Чим глибше порушення іннервації, тим менша частота модуляцій і триваліші імпульси.

Основними свідченнями до електростимуляції очних м'язів є: співдружність косоокості, а також його форми, що виникають повторно, після оперативного втручання; прогресуюча короткозорість; паралітична косоокість.

Таким чином, електростимуляція - це метод дії імпульсним електричним струмом на очний м'яз, що приводить до її скорочення.

Ортоптика - об'єднує комплекс заходів по розвитку бінокулярного зору. Мета ортоптики - відновити спільну діяльність фовеальних ретино-кортикальних елементів обох очей, завдання - ліквідувати функціональну скотому, тобто усунути придушення одного з монокулярних зображень, виробити в зоровій корі здібність до біфовеального злиття (фузія), а за наявності такої здатності - розвинути резерви злиття (фузійні резерви).

Основні ортоптичні вправи можливі тільки при стійкому підвищенні гостроти зору кожного ока (з корекцією) мінімум до 0,3 і, оскільки вони вимагають від дитини певних навиків і розуміння поставлених перед ним завдань, то призначаються, як правило, дітям з 3 - 4 - літнього віку після першого етапу плеоптичного лікування.

Вони проводяться на спеціальному приладі для розвитку бінокулярного зору - синоптофорі, принцип дії якого заснований на розділенні полів зору кожного ока (гаплоскопія.) Апарат складається з двох труб з окулярами, через які кожному оку окремо пред'являють малюнок, причому встановити ці окуляри можна під різними кутами, направивши зображення безпосередньо в центр макулярної області очного дна (тобто у фовеолу) незалежно від кута косоокості за умови відсутності ністагму або інших розладах зорової фіксації. Синоптофор застосовується з діагностичною і лікувальною метою: з його допомогою можна визначити величину суб'єктивного і об'єктивного кутів косоокості, здібність до біфовеального злиття зображень, наявність фузійних резервів і величину функціональної скотоми. З лікувальною метою синоптофор застосовується для усунення функціональної скотоми, розвитку біфовеального злиття зображень, фузійних резервів і рухливості очей.

Ортоптика розвиває не дійсний бінокулярний зір, а зір в умовах гаплоскопії (розділення полів зору), цього недоліку позбавлений новий метод лікування косоокості – диплоптика, мета якої – викликати у хворого з косоокістю, співдружності, феномен двоїння, виробити підсвідомий рефлекс долати двоїння за рахунок установки очей, тобто оптомоторний фузійний рефлекс і розвинути основу нормального бінокулярного зору – саморегульований механізм біфіксації. Диплоптичні вправи можливі у дітей з 2 – 3 – літнього віку і дозволяють відновити бінокулярний зір в середньому у 45 – 75% дітей, проти 25 – 30% за наслідками ортоптичного лікування

Обов'язковою умовою для застосування диплоптики є симетричне положення очей (при вугіллі косоокості близькому до нуля), досягнуте попереднім терапевтичним, хірургічним лікуванням

або штучно створене призначенням призматичних окулярів. Диплоптічне лікування є завершальним етапом лікування косоокості. Принцип диплоптики полягає в тому, щоб викликати у хворого в природних умовах відчуття двоїння предмету, що розглядається двома очима. Двоїння (диплопія) служить стимулом для фузії - біфовеального злиття зображень. Завдання диплоптики - розвинути у пацієнта здатність подолати двоїння, що відчувається їм, за рахунок відновлення механізму бінокулярної зорової фіксації (біфіксації), лежачої в основі нормального бінокулярного зору людини.

1.6 Лікувально-діагностична фізіотерапія

Термін "фізіотерапія" походить від двох грецьких слів природа і терапія, в буквальному перекладі лікування хворих природними (фізичними) факторами. Таке лікування зародилося на зорі формування людської цивілізації. Пізніше, разом з природними фізичними факторами, для лікування хворих стали використовувати різні види фізичної енергії, джерелом якої були людина або створені їм апарати. Такі фактори стали називати штучними. В даний час фізіотерапію розглядають як область медицини, що вивчає дію на організм природних і штучно створюваних фізичних факторів, вживаних для лікування і профілактики захворювань, а також медичної реабілітації.

Предметом вивчення фізіотерапії є лікувальні фізичні фактори. Відповідно до видів енергії і типів її носіїв до фізичних факторів відносяться: природні, кліматолікувальні, бальнеолікувальні, грязелікувальні, до лікувальних чинників відносяться: штучні, електролікування, магнітолікувальні, світлолікувальні, механолікувальні, термолікувальні, гідролікувальні, радіолікувальні.

Об'єктом вивчення фізіотерапії є людина, що піддається дії фізичних факторів, з лікувальною, профілактичною і реабілітаційною метою. Об'єкти можуть бути досліджені як безпосередньо, так і опосередковано, шляхом екстраполяції даних експерименту, проведеного на тваринах, або за допомогою математичного моделювання лікувальної дії.

Переваги фізіотерапії звичайно розглядають як альтернативу хіміо - або фармакотерапії, не дивлячись на те, що в лікуванні більшості захворювань часто застосовують комплекс фізичних факторів і лікарських речовин. Разом з тим при використанні лікувальних фізичних факторів:

суттєво розширюється діапазон лікувальних методів дії і скорочуються терміни лікування;

- не виникають алергія і лікарська хвороба;
- покращується дія більшості лікарських речовин;
- не спостерігається лікарських залежностей;
- часто відсутня побічна дія на інші органи і тканини;
- виникають м'які безболісні лікувальні ефекти;
- використовують неінвазивні методи і способи лікувальної дії;
- маєтся тривалий період ремісії хронічних захворювань.

По методах дослідження фізіотерапія відноситься до групи терапевтичних дисциплін і використовує клінічні методики оцінки різних систем організму. Вони засновані на діалектико-матеріалістичному методі, що є основою наукового пізнання і у фізіотерапії. Разом з ними, механізми дії лікувальних фізичних чинників при різних видах патології досліджують шляхом спеціальних методів: морфологічних, фізико-хімічних, клінічних, біофізичних, біохімічних, фізіологічних, імунологічних і багатьох інших. Оцінку

отриманих результатів досліджень проводять методами діалектичної логіки (аналізу, синтезу, абстрагування, індукції, дедукції, формалізації і ін.).

Не дивлячись на самостійний характер, фізіотерапія тісно пов'язана з іншими науками. Молекулярні і клітинні механізми дії лікувальних фізичних чинників є також предметом вивчення ряду наук, що становлять природничонаукову основу фізіотерапії: біофізики, біохімії, нормальної і патологічної фізіології, імунології і інших. Крім цього, фізіотерапія визначає органи - "мішені" виборчої дії, залежність у відповідь реакцій організму від кількості поглиненої енергії, встановлює свідчення і протипоказання для їх застосування, а також роль реактивності організму у формуванні лікувальних ефектів фізичних факторів.

Результати лікування хворого фізичними факторами обумовлюють найбільш тісний зв'язок фізіотерапії з відповідними клінічними спеціальностями, в рамках яких вони застосовуються. Сукупність виникаючих при цьому наукових проблем складає зміст фізіотерапії як науки. Відповідно до лікувальних факторів, що вивчаються, виділяють її різні розділи: електротерапію, магнітотерапію, фототерапію, гідротерапію, термотерапію і т.д.

Дослідження найбільш ефективних фізичних методів лікувальної дії на організм хворого і способів їх раціонального використання в реабілітаційних і профілактичних цілях проводять по наступних основних напрямках наукових досліджень сучасної фізіотерапії:

- визначення чутливості тканин організму до фізичних факторів і пошук "мішеней" їх безпосередньої дії;

- розробка оптимальних методик застосування лікувальних фізичних факторів при конкретних нозологічних формах захворювань;
- дослідження механізмів комплексної дії лікувальних фізичних факторів;
- фізіотерапевтичні аспекти медичної реабілітації;

Відомо, що в організмі людини протікають фізіологічні струми до 10 - 11 мікроампер. Багато дослідників проводили експерименти за визначенням впливу "внесених" мікрострумів на організм людини і кореляції одержаних даних - в результаті дії цих мікрострумів на визначені БАТ і зони, - з фізіологічним станом організму досліджуваних. Діапазон впливаючих сигналів (напруг і струмів) був достатньо великим (але, в розумних межах): від декількох мікрвольт і до декількох десятків вольт; від десятих доль мікроампер і до сотень мікроампер. Роботи проводилися як з постійними, так і із змінними струмами (параметри: частота, форма, шпаруватість, полярність, модуляція). Серйозні дослідження проводилися в Японії і інших країнах.

Особливу увагу фахівців Східної медицини викликали дослідження характеристик БАТ, що привело до створення ряду спеціалізованих приладів. За допомогою нових інструментів проводилися повноцінні дослідження як електричних характеристик БАТ, так і віддаленого впливу "зовнішньої" дії на систему меридіанів, окремі АТ і організм людини в цілому.

1.7 Методи практичної аудіології

Функціональна характеристика слухового аналізатора людини грає важливу роль в діагностиці його порушень і реабілітації

слабослухаючих і глухих, оскільки проведенню медикаментозного лікування або операційного втручання з метою покращання слуху, сурдопедагогічного навчання або слухопротезування, як правило, передує процедура дослідження слухової функції обстежуваного. Кожне із згаданих завдань має певний обсяг і свій метод дослідження функцій звукового аналізатора. Картина захворювання іноді настільки ясна, що використовуються тільки самі нескладні прийоми, що дозволяють отримати достатні відомості про функціональні здібності вуха.

У інших випадках необхідно застосовувати весь арсенал способів дослідження слуху, аж до найскладніших, для вирішення питання про характер і рівень поразки.

Для дослідження слуху окремими тонами (тональна аудіометрія) потрібні джерела звуків, які давали б можливість одержати чисті тони широкого діапазону чутних частот будь-якої сили. В даний час користуються як камертонами, так і електричними генераторами звуків — аудіометрами.

Основною умовою всіх аудіологічних досліджень є визначення порогу чутності чистого звуку. За допомогою добре проведеного дослідження за визначенням порогу чутності однозначно визначається повноцінний і неповноцінний слух, ступінь зниження порогу чутності і його характер. Значення порогу чутності одночасно є базою для досліджень різних надпорогових слухових явищ і оцінки їх результатів.

Клінічна аудіологія в даний час має в своєму розпорядженні великий фактичний матеріал по диференціально-діагностичних методах дослідження слухової функції.

Аудіометри всіх типів є по суті генераторами спеціальних вимірювальних звукових стимулів і механічних коливань разом з пристроями для фіксації і документування реакції обстежуваного на ці сигнали.

Сучасна тональна аудіометрія в тому вигляді, в якому вона широко використовується в клінічній практиці, розрахована на дослідження слухової чутливості, як при повітряному, так і при кістковому проведенні звуків в діапазоні частот від 100 Гц до 8 кГц, і це істотним чином обмежує її діагностичні можливості. Для того, щоб з необхідною повнотою відповісти на запити клініки, аудіологічна діагностика повинна включати визначення слухової чутливості на всьому діапазоні частот, що сприймаються людським вухом. Для впровадження в практичну аудіологію сучасних методів дослідження слуху створений і постійно удосконалюється ряд приладів і пристроїв.

2.2 Літературний аналіз методів і приладів у напрямі проведення досліджень

Розділ має смислову назву, відповідну темі і меті курсового проекту. У ньому висловлюються результати і короткий критичний аналіз найбільш важливих джерел інформації по темі, розглядаються можливі напрями рішення поставленої задачі, обґрунтовуються і вибираються шляхи і методики її рішення.

Розділ завершується формулюванням мети і конкретних завдань, які треба вирішити для досягнення цієї мети. Виклад повинен супроводжуватися посиланнями на джерела інформації і містити

необхідний ілюстративний матеріал у вигляді малюнків, графіків, таблиць і д.р.

2.3 Схемотехнічне моделювання розробляемого приладу.

Розрахунок елементної бази

На підставі наявних відомостей дається теоретичне уявлення про проєктований пристрій, виконуються необхідні розрахунки. Теоретичні викладення і розрахунки покликані обґрунтувати доцільність вибраних конкретних методів і засобів рішення поставлених задач.

1. Схемотехнічне моделювання починається з розробки структурної схеми проєктованого пристрою.

Приклад 1

Пристрій, що розробляється, складається з наступних основних блоків:

- блок живлення + 9В;
- генератор синусоїдальних коливань 5 кГц;
- перебудований генератор від 5 до 100 Гц;
- змішувач;
- ключ;
- формувач «імпульс-пауза»;
- підсилювач.

Взаємодія складових частин пристрою, що розробляється, показана на структурній схемі (рис. 2.1).

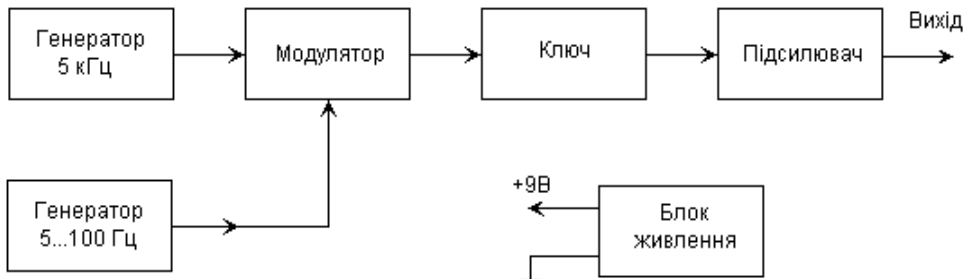


Рисунок 2.1 - Структурна схема пристрою, що розробляється

2. Проводиться опис функціонування, схемне моделювання і розрахунок елементної бази кожного блоку пристрою, що розробляється.

Приклад 2

Схема електрична принципова вихідного підсилювача показана на рис. 2.2. Підсилювач зібраний на елементі DA 1.4 по традиційній схемі з негативним зворотним зв'язком. У ланцюзі негативного зворотного зв'язку включений змінний резистор для установки необхідного рівня вихідної напруги. Резистор R3 вибраний так, щоб забезпечити зміщення на прямий вхід підсилювача і не допустити шунтування сигналу через конденсатори C1, C2.

3. Загальна схема електрична принципова проектованого пристрою формується поєднанням всіх модельованих і розрахованих схем. При цьому виконується остаточний розрахунок параметрів. Побудова схеми виконується в програмних додатках sPlan 5.0 (рис. 2.3), Electronics Workbench 5.12 (рис. 2.4), Multisim.

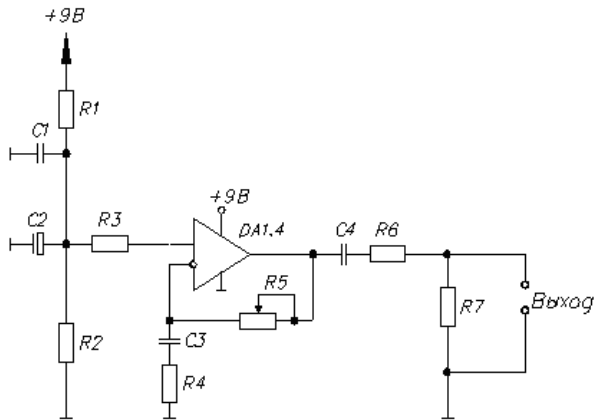


Рисунок 2.2 - Схема вихідного підсилювача

Приклад 3

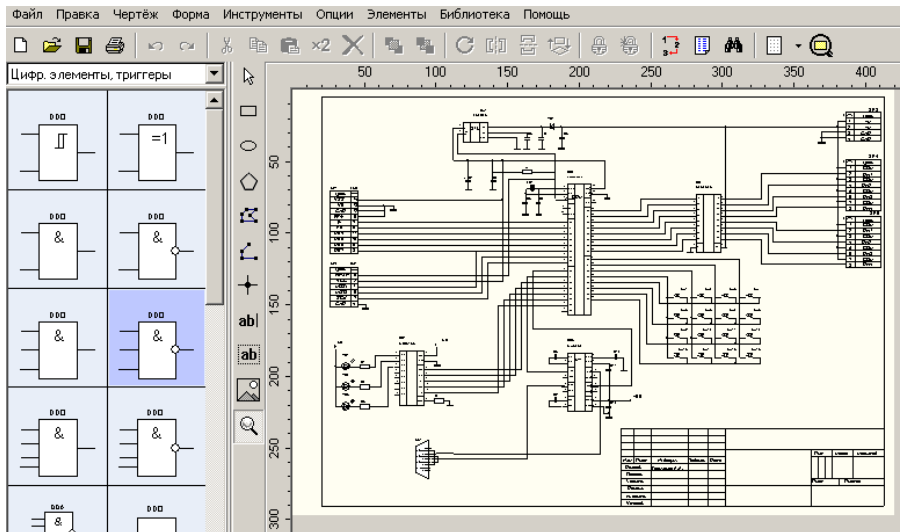


Рисунок 2.3 - Приклад побудови розробленої схеми пристрою в програмному додатку sPlan 5.0

Рисунок 2.4 - Приклад побудови розробленої схеми пристрою в програмному додатку Electronics Workbench 5.12.

В цілях зменшення кількості технологічних операцій виготовлення пристрою і усунення паразитних ємностей, в комутаційній схемі відсутні перетини провідників. Провідники розташовані рівномірно за всією площею плати. У схемі допускаються перетини провідників з резисторами, а також з балочними виведеннями мікросхем з ізоляцією шаром діелектрика. Така конструкційна особливість не робить вплив на працездатність схеми.

Топологія розробляемого пристрою проектується в прямокутній системі координат, в масштабі, за допомогою програмних додатків. Наприклад Sprint-Layout 4.0 (рис.2.5)

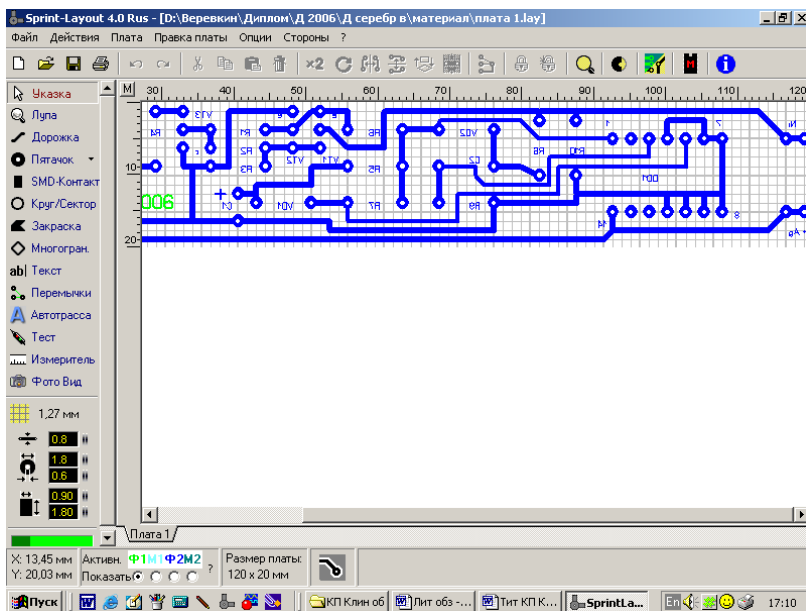


Рисунок 2.5 - Приклад побудови топології розробленої схеми пристрою в програмному додатку Sprint-Layout 4.0

При розробці топології необхідно враховувати конструктивні і технологічні обмеження. Для пристроїв, що виконуються за тонко плівковою технологією масочним методом, існують наступні обмеження:

- мінімально допустима відстань між плівковими елементами 0,3 мм;
- мінімальна відстань від плівкових елементів до краю підкладки 0,5 мм;
- мінімальна ширина плівкових провідників 0,1 мм;
- мінімальна відстань між контактними майданчиками для приварювання і припаювання дрітятих виведень 0,2 мм;
- максимальна довжина гнучкого виведення без додаткового кріплення 3,0 мм;
- мінімальна відстань від краю навісного компоненту до краю підкладки 0,4 мм;
- мінімальна відстань від краю навісного компоненту до краю іншого компоненту 0,4 мм;
- мінімальна відстань від краю навісного компоненту до краю контактного майданчика, призначеного для приварювання дрітятих виведень 0,4 мм;
- мінімальні розміри контактних майданчиків для приварювання дрітятих провідників або дрітятих виведень навісних компонентів при діаметрі дроту $\varnothing$ 0,03 мм 0,150,1 мм.

Для складання топологічного креслення необхідно заздалегідь розрахувати площу підкладки S.

Орієнтовно її обчислюють за формулою:

$$S=K(\sum SR_i + \sum SC_i + \sum SA_i + NSK), \quad (2.1)$$

де K – коефіцієнт використання площі підкладки (звичайно приймають $K \approx 2.3$);

SR_i – площа резистивного i -го елемента;

SC_i – площа i -го елемента ємності;

SA_i – площа навісного i -го компонента;

N – число контактних майданчиків;

SK – площа одного контактного майданчика.

Розробка попередніх варіантів топології полягає у виготовленні ескізних креслень, виконаних в масштабі 10:1 або 20:1. Розміри і розташування плівкових елементів задають координатною сіткою з кроком 0,1 або 0,2мм, а також способом прямокутних координат. Грані елементів і компонентів повинні розташовуватися паралельно осям координат. Початковими даними для цього етапу є комутаційна схема, розраховані геометричні розміри плівкових елементів. Окрім загального топологічного креслення, в комплект конструкторської документації входять топологічні креслення окремих шарів (пошарові креслення). На рис.2.6 як приклад представлена топології розробленого пристрою в масштабі 20:1.

Наступним етапом формування пристрою є установка дискретних елементів. Для з'єднання навісних компонентів і виведень безкорпусних напівпровідникових приладів з контактними майданчиками застосовується паяння низькотемпературними припоями, що виключає пошкодження приладів і порушення адгезії металізованих ділянок підкладки із-за перегріву. Паяння проводиться мініатюрними механізованими паяльниками з автоматичним дозуванням припою і авторегулюванням температури нагріву зони з'єднання. Рекомендується при паянні дотримуватися температури 235°C і здійснювати процес протягом 2,5 секунд.

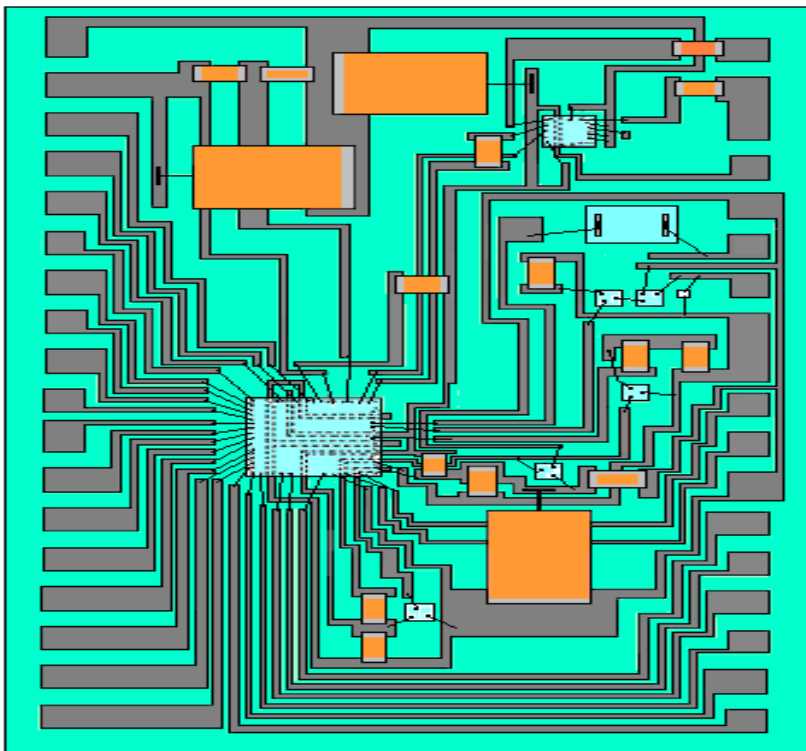


Рисунок 2.6 - Приклад топології розробленого пристрою з навісними елементами

Для кріплення до підкладки приладів з гнучкими виведеннями використовується поліамідний клей. Гнучкі виведення розварюються на контактні майданчики методом термокомпресійної зварки. Розварювання зовнішніх виведень виконується аналогічно з використанням алюмінієвого дроту діаметром 0,25 мм і завдовжки 15 мм.

2.5 Аналіз характеристик розробленого приладу та методик його застосування для діагностики або лікування

Аналіз функціонування пристрою, що розробляється, проводиться віртуально за допомогою програмних додатків (рис. 2.7) або на виготовленому макеті, використовуючи вимірювальну апаратуру.

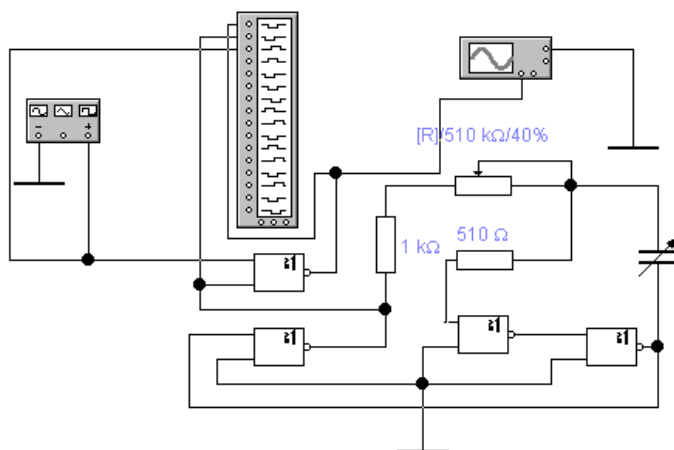


Рисунок 2.7 – Приклад електронної моделі схеми обробки сигналів одержаних з датчика тонометра

Данні аналізу систематизуються і представляються у вигляді таблиць, графіків та залежностей, діаграм функціонування (рис. 2.8). Методики використання розробленого пристрою повинні відповідати вимогам до використання медичної апаратури при діагностиці та лікуванні. Необхідно показати елементи новизни, та визначити рекомендації що до використання.

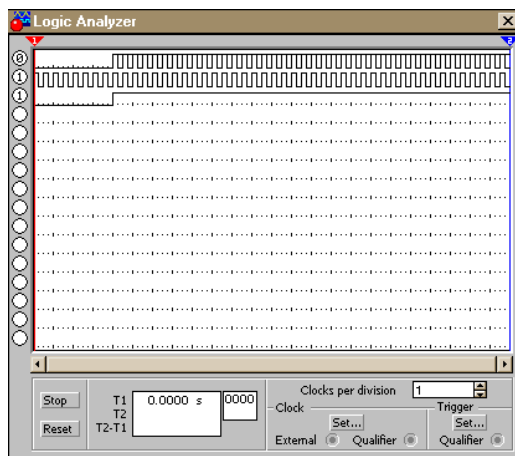


Рисунок 2.8 – Аналіз діаграми функціонування розробляемого приладу