

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем  
(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота**  
другий (магістерський)  
(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження та розробка ібридного  
магній-титанового каналу заток  
електронного графа

Виконав: студент II курсу, групи \_\_\_\_\_  
спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна  
техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Мікроелектронні інформаційні  
системи

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації \_\_\_\_\_

(код і назва спеціалізації)

О. М. Терновський

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к.т.н. Підслюк О.Ю.

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

Рецензент заст. начальника цеха ПАТ "Укрфазіт"

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

Підслюк О.Ю.

Запоріжжя  
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем  
Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
Спеціальність 153 «Мікро- та наносистемна техніка»  
(код і назва)  
Освітня програма Мікроелектронні інформаційні системи  
(код і назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри Критська Т.В.  
" 6 " 12 мг 2021 року

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Гершавану Олгу Максимівну  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Реалізація та розробка гибридної модуля математичного каналу даних електронікардиографа

керівник роботи Небесник Д.Ю., доцент, к.т.н.  
(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від "30" 12 2021 року № 974-С

2 Строк подання студентом роботи 01.12.2021

3 Вихідні дані до роботи адаптивний модуль математичного каналу даних електронікардиографа: STPIC12F645; INA116; CD4051BC; LP2950; V6903

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологія розробки в Україні. 2. Складові частини модуля математичного каналу даних електронікардиографа. 3. Метод-еквівалентне об'єднання. 4. Особливі риси та технології безпеки.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових кре

А1: Елементи бази модуля телевізійного каналу для електромонтажу: Структура телевізійної мережі; Розрахунок потужності 100 інтервалів КВЧ з ЕКГ навантаження; Розрахунок шумів; Модування середньо-аудіої системи модулю розробки телевізійного каналу для електромонтажу: Модування диференційного підсилювача першої послідовності; Модування диференційного підсилювача з відокремленою середньою послідовністю.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	за п
I	доц. Небеснюк О.Ю.	01.06	16
II	доц. Небеснюк О.Ю.	17.08	04
III	доц. Небеснюк О.Ю.	5.10	26
IV	доц. Небеснюк О.Ю.	27.10	23

7 Дата видачі завдання 01.06.2011

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи
1	Аналіз матеріалу за темою дипломного р.	14.06 - 30.06
2	Написання першого розділу	01.07 - 16.07
3	Розробка схеми електронної мережі	19.07 - 16.08
4	Модування середньо-аудіої системи	17.08 - 01.09
5	Написання другого розділу	02.09 - 04.10
6	ТЗД	05.10 - 26.10
7	Вибірка праці Тестування безколекторного двигуна	27.10 - 19.11
8	Вибірвання матеріальної бази для проекту	22.11 - 29.11

Студент [підпис] Верховський О.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) [підпис] Небеснюк О.Ю.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер [підпис] Верховський О.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## Реферат

Дипломна робота містить 96 стор., 32 рис., 20 табл., 27 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – методика вимірювання та контролю стану серцево-судинної системи.

Мета роботи – розробка та дослідження компактного, бюджетного та надійного щодо електробезпеки модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа.

Задачі роботи - розробити математичну модель серцево-судинної системи людини та провести аналіз ЕКГ за RR інтервалом; розробити схему електричну принципову модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа; провести моделювання схеми в програмному середовищі Electronic Workbench; розробити топологію друкованої плати модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа.

Методика досліджень – математичне та схемотехнічне моделювання в Electronic Workbench V5.12.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблено електричну схему гібридного модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа. Моделювання в Electronic Workbench підтвердило працездатність запропонованої розробки.

Результати впровадження – пристрій пройшов випробування на кафедрі мікроелектронних та електронних інформаційних систем.

Прогнозні пропозиції – рекомендується подальші роботи по розробці макету запропонованого модуля.

ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЯ, ТЕЛЕМЕТРИЯ, ТЕЛЕМЕДИЦИНА, РАДІОКАНАЛ, МІКРОКОНТРОЛЕР, МОДЕЛЮВАННЯ, ТОПОЛОГІЯ, МАСКА, ГІБРИДНИЙ МОДУЛЬ.

Кваліфікаційну роботу виконано на кафедрі мікроелектронних та електронних інформаційних систем в період з 14.06.2021 р. по 01.12.2021 р.

## Зміст

ВСТУП .....	4
1 ТЕЛЕМЕДИЦИНА. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ.....	6
1.1 Історія телемедицини .....	6
1.2 Телемедицина в Україні.....	7
1.3 Телемедицина у світі .....	8
1.4 Клінічне використання біотелеметрії в кардіології .....	10
1.5 Структура цифрових кардіографів.....	11
1.6 Обробка даних діагностичних вимірів .....	15
2 СХЕМОТЕХНІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІБРИДНОГО МОДУЛЯ ТЕЛЕМЕТРИЧНОГО КАНАЛУ ДАНИХ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФА .....	19
2.1 Елементи ЕКГ .....	19
2.2 Дослідження серцево –судинних захворювань за ЕКГ .....	21
2.3 Організація обміну даними в системах комп'ютерної кардіографії.....	28
2.4 Конструкторсько-технологічні варіанти цифрових кардіографів .....	35
2.5 Концепція організації центра дистанційної діагностики .....	44
2.5.1 Задачі регіональної телемедичної мережі .....	44
2.5.2 Завдання, які вирішуються ТММ .....	45
2.5.3 Логічна структура ТММ.....	46
2.5.4 Структура апаратного забезпечення ТММ.....	48
2.6 Розробка схеми електричної принципової гібридного модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа .....	51
2.7 Дослідження розробленої схеми .....	58
2.8 Розробка топології гібридного модуля.....	62
2.8.1 Вибір елементної бази .....	62
2.8.2 Створення міжелектродних з'єднань.....	62
2.9 Моделювання серцево-судинної системи людини .....	64
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ .....	67
3.1 Огляд електрокардіографів.....	67
3.2 Порівняльний аналіз електрокардіографів за критеріями.....	70

3.3 Розрахунок витрат на елементи електричної схеми .....	74
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА .....	75
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів при монтажі радіо-електронних компонентів .....	75
4.2 Розрахунок необхідного повітрообміну приміщення з виділенням шкідливих речовин .....	82
4.3 Заходи з поліпшення умов праці та виробнича санітарія.....	83
4.4 Електробезпека .....	86
4.5 Пожежна безпека .....	88
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	92
Література .....	93
Додаток А.....	96

## ВСТУП

Досвід експлуатації електрокардіографів показав, що вони мають ряд недоліків, обумовлених передачею електрокардіосигналів (ЕКС) від хворого до кардіомонітору за допомогою кабелю відведень [1].

Кабель відведень сковує рухи хворого, який знаходиться під безперервним контролем тривалий час (5-10 діб), викликаючи у нього почуття занепокоєння і дискомфорту. З'єднання хворого з кардіомонітором ускладнює медперсоналу проведення деяких лікувальних і гігієнічних процедур на час яких практично переривається контроль ЕКС. При рухах хворого можливо зміщення електродів, що є причиною помилкових тривог і порушень роботи кардіомонітору. Незважаючи на дотримання всіх вимог по електробезпеці завжди залишається ймовірність ураження струмом при несправності ізоляції ланцюгів в кардіомоніторі. Тому зрозумілий інтерес фахівців до бездротових каналів передачі ЕКС, які в значній мірі вільні від зазначених недоліків.

Радіотелеметричний канал передачі біопотенціалів вже давно використовується в космічній і спортивної медицині, в клінічній практиці для контролю хворих в період реабілітації та в експериментах на тваринах для вивчення їх фізіології тобто там, де необхідний контроль фізіологічних параметрів в умовах вільної поведінки людини і тварин. У літературі за бездротовими системами передачі біопотенціалів закріпився термін «біорадіотелеметричні (БРТС) системи».

Доцільно поділяти біорадіотелеметричні системи на системи далекої (кілька кілометрів), ближньої (в межах одного приміщення) та сверближної (до 1 метра) дії, що відрізняються потужністю передатчика, частотою і чутливістю приймача.

Оптимальною по зручності експлуатації, простоті технічних рішень і вартості є БРТС передачі ЕКС від хворого до кардіомонітору, що знаходиться біля ліжка хворого, а від кардіомонітору сигнал й дані його обробки вже

передаються на центральний пост по провідному каналу [2].

Щороку в Україні стається 40 тисяч інфарктів, 20 тисячам людей потрібна невідкладна допомога. Коли фельдшер приїде у село до хворого, зможе зробити йому кардіограму на місці, але сумніватись, чи варто везти пацієнта до лікарні. Тому він одразу передає кардіограму до фахівця, який моментально починає його консультувати. Для цього потрібно мати сучасний кардіологічний комплекс, який забезпечує віддалену висококваліфіковану ЕКГ-діагностику. З допомогою такого обладнання можна здійснити якісну реєстрацію електрокардіограми, її передачу для аналізу і віддаленої консультації спеціаліста, незалежно від місця знаходження пацієнта і медичного працівника.

Тому достатньо актуальним є питання розробки модуля телеметричного каналу даних для електрокардіографа.



## 1 ТЕЛЕМЕДИЦИНА. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ

### 1.1 Історія телемедицини

Офіційно термін «телемедицина» був вперше використаний у 1974 році. Проте телемедицина – не нове явище, як могло б здатися. Насправді, ідея надання дистанційної медичної допомоги виникла ще 100 років тому. Саме тоді, після винаходу телефону, люди намагалися передати звучання тонів серця, щоб фахівець зміг оцінити стан здоров'я пацієнта телефоном. Навряд чи варто говорити, що такі спроби не досягли успіху.

Коли у другій половині двадцятого століття почалося активне освоєння космосу, виникла потреба віддаленого моніторингу фізіологічних параметрів космонавтів. Саме тоді з'явилися перші телеметричні системи, які потім знайшли своє застосування у спорті, авіації, військовій медицині.

У 1959 році канадський лікар Альберт Ютрас вперше передав відеозображення з лікарні на свій домашній приймач. Згодом він створив телемедичну систему, що зв'язала дві лікарні в Монреалі з метою здійснення телерадіологічної діагностики.

У тому ж 1959 році вперше була проведена віддалена демонстрація пацієнтів з неврологічними захворюваннями студентам-медикам Психіатричного інституту Небраски. Але, мабуть, найяскравіше досягнення того року – передача рентгенограми легенів із США до Канади по коаксіальному кабелю. У 60-70-і роки минулого століття було створено велику кількість телеметричних систем і приладів для різних областей медицини. В основному, це були експериментальні пристрої, що використовувалися в окремих випадках.

Важливим етапом розвитку телемедицини стала поява мобільних медичних станцій, що дозволяли надавати дистанційну допомогу у віддалених ре-

гіонах завдяки використанню супутникових технологій. Цей проект був організований NASA та отримав назву STARPAHS (Space Technology Applied to Rural Parago Advanced Health Care, програма використання космічних технологій для забезпечення медичного обслуговування в сільських районах Папаго). Завдяки цьому проект медичну допомогу отримали майже 4000 осіб, які, швидше за все, її не отримали б, якби не розвиток технологій.

Не дивлячись на певні прориви у сфері телемедицини в другій половині двадцятого століття, спостерігати справжній бум цієї галузі медицини можна було лише ближче до кінця минулого століття і на початку нового тисячоліття. Цьому сприяв глобальний розвиток інформаційних технологій і реалізація ряду міжнародних програм і документів, що регламентують їх використання в медицині.

## 1.2 Телемедицина в Україні

З поширенням смартфонів і вебкамер телемедицина вже давно стала звичною практикою в професійному медичному середовищі України. Вона дає багато додаткових можливостей, яких не було до появи ІТ технологій та гаджетів. Наприклад, пацієнт може відправити лікарю результати аналізів в месенджері і йому не потрібно їхати, сидіти в черзі, щоб почути, що просто треба здати аналізи повторно через місяць.

Активно телемедичні системи почали розвиватися в Україні на початку 2000-х. Спочатку в Одеській області, згодом Дніпропетровській та Харківській. Пізніше, телемедичні мережі почали будувати та приватні клініки.

Поштовх для активного розвитку відео консультацій по всій країні надала професійна телемедична мережа Medinet. Всеукраїнська платформа почала своє функціонування на базі Одеської області у 2019 році. Менш ніж за рік роботи лікарі, що працюють в цій мережі, надали понад 10 тис. телеконсультацій. Вийти на обсяги регіону дозволило відкриття першого в Україні

обласного центру телемедицини у квітні 2019 року на базі Одеської обласної клінічної лікарні.

В умовах боротьби з COVID-19 все більше медзакладів України долучаються до формату дистанційних відеоконсультацій, що дозволяє зберегти здоров'я лікарів і пацієнтів, а також взаємодіяти лікарям з колегами в особливо складних випадках. Це відбувається завдяки ініціативам ІТ-активістів, які швидко реагують на виклики часу. Попит на телемедицину в Україні лише набирає обертів, що відкриває можливості якісно змінити систему охорони здоров'я в країні [3].

### 1.3 Телемедицина у світі

Різні країни світу підтримують розвиток телемедицини, щоб надавати більш якісну і швидку допомогу своїм громадянам. У першу чергу в цьому питанні важливий акцент на законодавство і розвиток відповідної інфраструктури. Найбільший розвиток даний напрям отримав у США, Австралії та країнах Європи.

У США і країнах Європи медична допомога досить вартісна, і телемедицина отримала свій розвиток завдяки тому, що людям вигідно отримувати консультації і виписувати рецепти, використовуючи дистанційну допомогу і дистанційні консультації з лікарем. Це дешевше і для пацієнта, і в цілому для страхових компаній, які, як правило, покривають ці витрати. Тут телемедичні продукти, як правило, вже інтегровані і закладені в страхові пакети.

Практично половина всього ринку телемедицини (46%) знаходиться зараз у США. Далі йдуть Канада, Китай, країни Скандинавії. До речі, однією з причин, що послужила драйвером розвитку телемедицини в країнах Скандинавії, є географічний чинник. Наприклад, Норвегія – досить велика країна, що має чималу складну північну територію, де багато важкодоступних регіонів, в яких існує брак медичної допомоги. Тут телемедицина і приходить на допомогу. Канада має приблизно такі ж характеристики, що сприяють розви-

тку телемедицини технологій. Те саме стосується і Китаю, що володіє величезною територією і дуже високою кількістю населення.

З країн Європи найбільший попит на телемедицину спостерігається у Великобританії. Тут причиною для розвитку цієї сфери є старіння населення, тому що, як і в Японії, багато літніх людей, і в цій ситуації телемедичні рішення і консультації допомагають лікарям і пацієнтам поліпшити медичну допомогу.

У США телемедицина практикується ще з кінця 60-х років, коли була відкрита перша спеціалізована клініка в Массачусетсі. В Америці можливо частково відшкодувати витрати на послуги телемедицини зі страховки. Також тут існують суворі норми із захисту даних пацієнта. Популярністю користуються послуги віддаленої психотерапії, моніторинг здоров'я людей, які проживають у сільській місцевості. Регулювання телемедицини щороку доповнюється новими поправками й законами, при цьому в кожному штаті діють свої правила.

Телемедицина у Німеччині офіційно дозволена і підтримується на рівні держави. Але існує невелике обмеження для консультацій «пацієнт – лікар»: фахівець має право призначати і проводити відеоконсультації лише після особистого огляду. При цьому телемедичні послуги покриває страховка. Популярна телемедицина у діабетиків, де пацієнтові потрібно регулярно спостерігатися у лікаря, стежити за рівнем цукру в крові та вагою.

Норвегія, країна, в якій вже давно задалися питанням, як надати медичну допомогу людям, що живуть у віддаленій місцевості. У 1993 році рішення було знайдене. У країні почався процес впровадження технологій телемедицини. Тут система охорони здоров'я рухалась у двох напрямках — консультації лікар-лікар і лікар-пацієнт. У першому випадку, лікарі консультували колеги у глибинці, в другому — лікарі надавали допомогу пацієнтам безпосередньо. Стартували вони з шести осіб персоналу і локалізації на півночі країни. Зараз це великий загальнодержавний health проект. І для громадян вже звичні

ситуації — прийти на консультацію до лікаря, викликати його додому або проконсультуватися по відеозв'язку.

У європейських країнах телемедицина — поняття вже знайоме і звичне. Окрім Норвегії успішні проекти є в Данії, Естонії, Фінляндії, Франції й Італії. У багатьох країнах телемедицина працює і в комерційному секторі. Яскравий приклад — наш сусід Польща. Польські медики зазначають, що 8 з 10 звернень пацієнтів по допомогу вони можуть обробити онлайн.

Система охорони здоров'я Австралії – одна з найефективніших у світі згідно з дослідженнями Bloomberg. Телемедицина цієї країни поряд з іншими нововведеннями отримує активну підтримку від держави. Розробками стратегій розвитку і регулювання займається Австралійське агентство цифрової медицини. Згідно з даними компанії CSIRO, використання телемедицини для лікування хронічно хворих людей дозволяє заощадити австралійській охороні здоров'я приблизно \$2,1 млрд на рік.

Японії телемедицина і дистанційний моніторинг життєво важливих функцій і хвороб були можливі та потрібні з двох причин: по-перше, країна володіє розвиненою технологічною інфраструктурою і, по-друге, вік понад 20% населення Японії перевищує 65 років і доля літніх людей в структурі населення продовжує зростати. При наданні медичної допомоги літнім людям вдома все більшого значення набувають можливості телемедицини і дистанційного моніторингу.

Проекти телемедицини можна знайти не лише в розвиненій Європі, Канаді, США, Китаї або Японії. Але і в різних варіаціях в Індії, Єгипті, Замбії, Мадагаскарі, Перу, Конго, Бурунді, Західній Африці, Іраку, Афганістані, Пакистані та Кувейті [4].

#### 1.4 Клінічне використання біотелеметрії в кардіології

Біотелеметрія в умовах стаціонарних відділень лікувально-

профілактичних установ застосовується для оперативного спостереження за пацієнтами з погрозою різкого порушення вітальних функцій (найбільше часто - з боку серцево-судинної системи). Прилад пацієнта включає вимірювальні, записуючі й передавальні пристрої. Функція сигналу тривоги забезпечує оповіщення медичного персоналу про життєзагрозливий стан (іноді навіть до появи клінічних симптомів і погіршення стану пацієнта, що відчувається). Накопичені дані використовуються для уточнення діагнозу, вивчення динаміки стану пацієнта. Для передачі даних використовуються радіоканали: УКВ, ISM Band (Industrial Scientific Medical Band) 902-928 МГц, 2,4- 2,5 ГГц, цифрові канали Wi-Fi, IEEE 802.11, bluetooth. Особливостями сучасних клінічних систем є їхня мала вага, ергономічність, алгоритми цифрової обробки даних для максимального усунення артефактів і впливу перешкод. У клінічній практиці біотелеметрія використовується для ранньої активізації пацієнтів з ризиком раптового загострення серцево-судинної патології, при необхідності моніторингу ритму серця й сатурації. У пацієнтів зі штучними водіями ритму останнє є обов'язковим. У даній групі пацієнтів біотелеметрія використовується й у комплексі домашньої телемедицини. Біотелеметрія 12-канальної ЕКГ застосовується в пацієнтів з коронарним синдромом, а також при клінічних випробуваннях медикаментів.

### 1.5 Структура цифрових кардіографів

Електрокардіографи - це прилади, що реєструють зміну різниці потенціалів між двома точками в електричному полі серця (наприклад на поверхні тіла) під час його збудження.

Для того, щоб отримати і зафіксувати інформацію про стан і параметрах медико-біологічної системи, необхідно мати сукупність пристроїв.

Первинний елемент сукупності - чутливий елемент засобу вимірювань, що називається пристроєм зйому - неодмінно контактує або взаємодіє з

самою системою, решта приладів знаходяться обособлено, в деяких випадках можуть бути навіть віднесені на значну відстань від об'єкта вимірювань (рис 1.1).

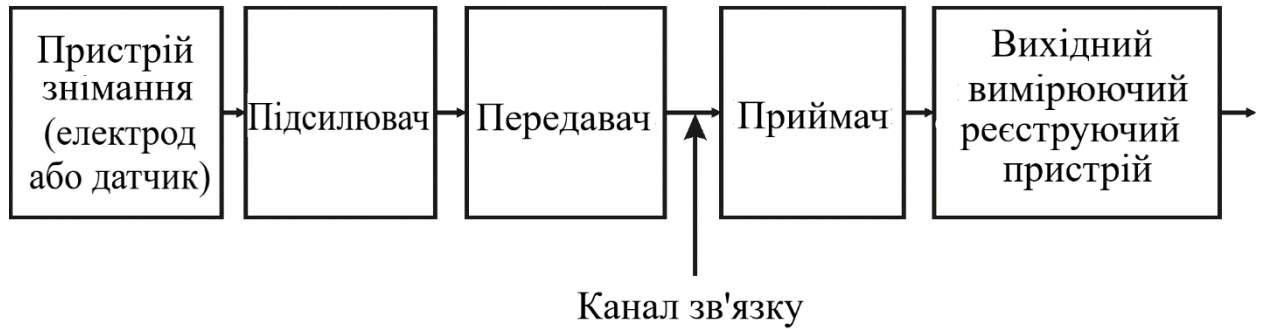


Рисунок 1.1 – Схема отримання медико-біологічної інформації

Напруга електричного поля (різниця потенціалів) знімається з поверхні тіла за допомогою металевих електродів, укріплених на різних ділянках тіла гумовими ременями або грушами. Потім через входні провідники, марковані різними кольором, електричний сигнал подається через комутатор відведення на вхід підсилювача.

Мала напруга сприймається електродами і не перевищує 1-3 mV, потім подається на систему підсилювачів електрокардіографа, які складаються з катодних ламп, тріодів або інтегральних схем. В результаті цього невеликі коливання напруги посилюються у багато разів і подаються в реєструючий пристрій приладу. Тут електричні коливання перетворюються в механічні зміщення якоря електромагніту гальванометра і тим або іншим способом записуються на спеціальній рухомій стрічці з паперу. В даний час найчастіше використовують безпосередню механічну реєстрацію цих переміщень якоря електро-магніту за допомогою дуже легкого (малоінерційного) пісчика, до якого підводиться чорнило. У цьому випадку запис проводиться зазвичай на електрокардіографічній паперовій стрічці, що нагадує міліметровку. У деяких пристроях електрокардіограма здійснюється за рахунок теплового запису

ЕКГ за допомогою пісчика, який нагрівається і як би випалює відповідну криву на спеціальному тепловому папері.

Нарешті, існують також електрокардіографи капілярного типу (мінгографи), в яких запис ЕКГ здійснюється за допомогою тонкого струменя чорнил, що розбризкуються на поверхню паперу.

Незалежно від технічної конструкції кожен електрокардіограф має пристрій для регулювання і контролю посилення. Для цього на підсилювач подається стандартна калібрована напруга, що дорівнює 1mV. Посилення електрокардіографа зазвичай встановлюється таким чином, щоб ця напруга викликала відхилення системи, що реєструється на 10мм. Таке калібрування посилення дозволяє порівнювати між собою ЕКГ, зареєстровані у пацієнтів в різний час або різними приладами.

Стрічкопротяжні механізми протягування стрічки у всіх сучасних електрокардіографах забезпечують рух паперової стрічки з різною швидкістю: 25,50,100 мм<sup>c-1</sup> і т.інш. Залежно від обраної швидкості руху стрічки змінюється форма кривої, що реєструється: ЕКГ записується або розтягнутої, або більш вузькою. Найчастіше в практичній електрокардіології швидкість реєстрації складає 50 або 25 мм<sup>c-1</sup>.

Електрокардіографи повинні встановлюватися в сухому приміщенні при температурі не нижче 10°C і не вище 30°C. Під час роботи електрокардіограф, а також металеве ліжко або екрануюча сітка, на якій лежить пацієнт, повинні бути заземлені [5].

Для узгодження датчиків з мікро-ЕОМ необхідні різноманітні периферійні схеми. Спочатку температура, тиск і інші фізичні величини, які є об'єктом контролю в системі, перетворюються за допомогою датчиків в електричні сигнали. Вихідні сигнали датчиків зазвичай представляють собою аналогову величину, яку обробити безпосередньо в ЕОМ неможливо. Попередньо вихідні сигнали датчиків необхідно піддати аналого-цифровому перетворенню і представити їх з високою точністю в цифровому вигляді. Часто вихідний сигнал датчика дуже незначний, а повний опір самого датчика великий.



У таких випадках ще до аналого-цифрового перетворення потрібна попередня обробка: посилення сигналу і перетворення вихідного опору. Коли в системі багато датчиків, то може знадобитися мультиплексор, що дозволяє одному аналогово-цифровому перетворювачу ефективно обслуговувати декілька датчиків відразу. Для правильного перетворення в цифрову форму аналогових сигналів, що швидко змінюються, необхідні також схеми вибірки - запам'ятовування (рис.1.2) [6].

Для введення цифрових сигналів від аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) в ЕОМ необхідні також схеми узгодження. В якості таких узгоджувальних пристроїв часто використовуються БІС, програмовані периферійні інтерфейси. Правда, зараз вже випускаються АЦП, які можна приєднувати до мікро-ЕОМ безпосередньо через її інформаційну шину, а в деяких однокристальних мікро-ЕОМ є навіть свої вбудовані АЦП з усіма погоджувальними схемами [7].

Різноманітні датчики мають найрізноманітніші вихідні сигнали. Наприклад, візьмемо три температурних датчика: в термопарі в залежності від температури змінюється напруга, а в терморезисторі - опір, в фотодіоді - електричний струм. Це так звані датчики з аналоговим вихідним сигналом. Є датчики з цифровим, або бінарним та квазіцифровим сигналом на виході, що працюють подібно перемикачу, як, наприклад, біметалеві вимикачі - запобіжники. Крім того датчики реєструють зміна таких параметрів, як частота (доплерівській вимірювач швидкості), часовий інтервал (ультразвуковий далекомір) і інші [8].

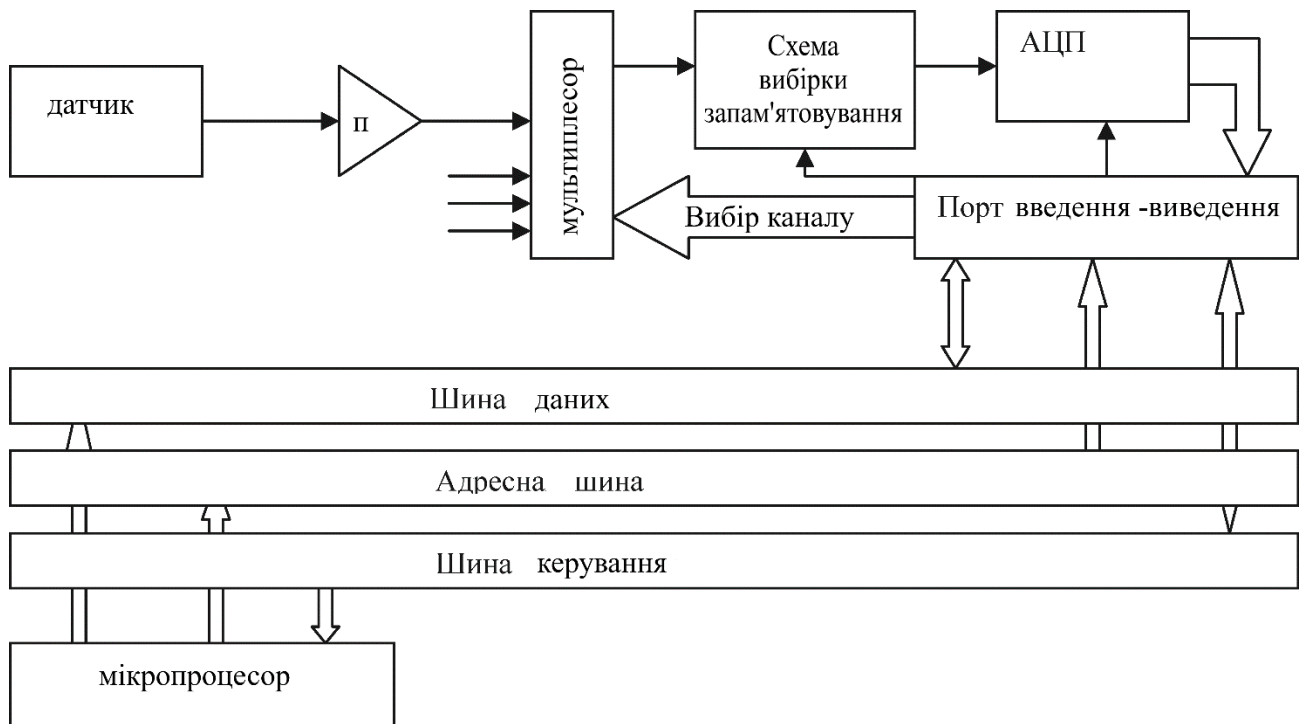


Рисунок 1.2 – Структурна схема системи, що має датчики та мікро-ЕОМ

Перед введенням різних сигналів датчиків в мікро-ЕОМ часто потрібна попередня обробка, яка спрощує і полегшує подальші операції над цими сигналами. Характер попередньої обробки майже повністю залежить від виду датчика.

Коли вихідні сигнали датчиків дуже малі, схема попередньої обробки являє собою просто підсилювач. В даний час випускаються операційні підсилювачі (ОП) у вигляді інтегральних схем з різноманітними характеристиками. Тому завжди, за винятком деяких випадків, для посилення сигналів датчика можна підібрати відповідну ІС операційного підсилювача [8].

## 1.6 Обробка даних діагностичних вимірів

Захворювання серця - одна з найбільш важливих проблем медицини

сьогоднішнього дня. Сучасні дослідження серця не можуть обійтися без комп'ютерної техніки. Виділяють дві основні області досліджень, в яких використовуються комп'ютери (рис.1.3) [9].

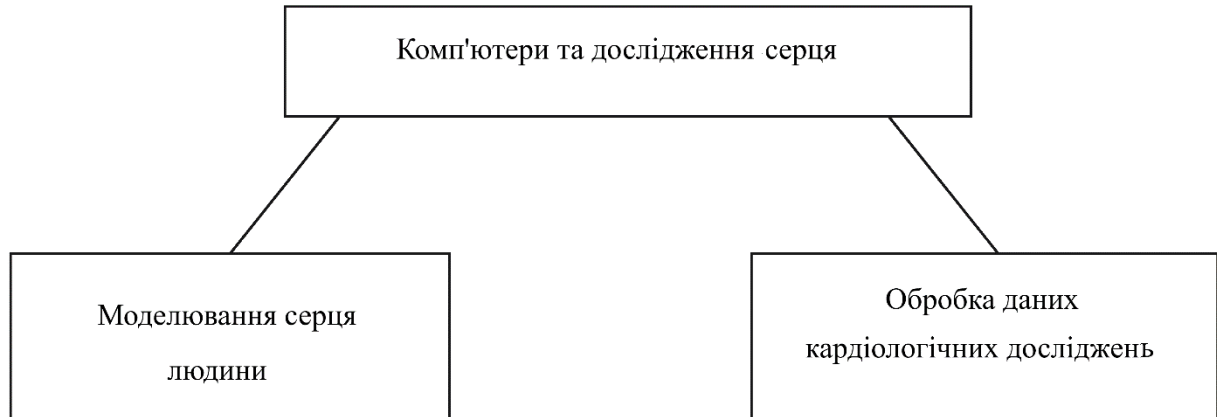


Рисунок 1.3 – Використання комп'ютера при дослідженні серця

Перша - це моделювання серця людини з метою більш глибокого проникнення в сутність функціонування і будови цього органу. Очевидно, що за відсутності комп'ютерного забезпечення проблема моделювання навряд чи може бути вирішена.

Друга область - аналіз даних кардіологічних дослідження. Мета таких робіт - постановка діагнозу, складання прогнозу і лікування. У деяких випадках обробка кардіологічних параметрів можлива і вручну, проте автоматичний розрахунок їх за допомогою комп'ютера дає великі переваги і вимагає менше зусиль. Найбільш важливі переваги автоматичної обробки даних полягають у наступному:

- обробка даних здійснюється за однаковою схемою;
- результати представляються в стандартному вигляді;
- можна використовувати стандартну термінологію.

Деякі ж показники просто не можуть бути отримані шляхом ручної обробки і в цих випадках переваги комп'ютера абсолютно очевидні.

Різні типи даних, що отримуються найбільш поширеними сучасними

діагностичними методами в кардіології, представлені на рис.1.4. При обробці таких даних комп'ютери виконують такі завдання: введення даних, зберігання, пошук, переробка та видача інформації. Переробка інформації в свою чергу підрозділяється на наступні підзадачі: фільтрація і розпізнавання образів, вимірювання параметрів і інтерпретація даних.

Реєстрація електрокардіограми (ЕКГ) - це дуже інформативний і широко поширений в клініці діагностичний метод. Залежно від цілей дослідження можна виділити три категорії ЕКГ [6].

1. ЕКГ спокою. Реєструється при амбулаторному обстеженні пацієнтів в стані спокою і служить для простої і швидкої оцінки роботи серця, а також для контролю за результатами лікування.

2. ЕКГ навантаження. Записується у пацієнтів, що піддаються навантаженні за певною схемою і використовується в основному для виключення або підтвердження діагнозу ішемічної хвороби серця [10].

3. ЕКГ - моніторинг аритмій. Проводиться хворим у критичному стані в коронарному відділенні або в блоці інтенсивної терапії, а також амбулаторним хворим - головним чином для виявлення аритмій.

Процес отримання з ЕКГ діагностичної інформації називається ЕКГ-аналізом. Зазвичай він виконується в чотири етапи:

- введення ЕКГ;
- фільтрація ЕКГ;
- розпізнавання характерних елементів ЕКГ і вимір відповідних параметрів;
- інтерпретація і класифікація ЕКГ.

Перші спроби автоматизувати цей процес за допомогою комп'ютера були зроблені в кінці 50-х років. Очікувалося, що крім тих переваг, які дає автоматизація, вдасться також підвищити діагностичну точність аналізу завдяки застосуванню статистичних методів, які не можуть бути використані при обробці вручну.

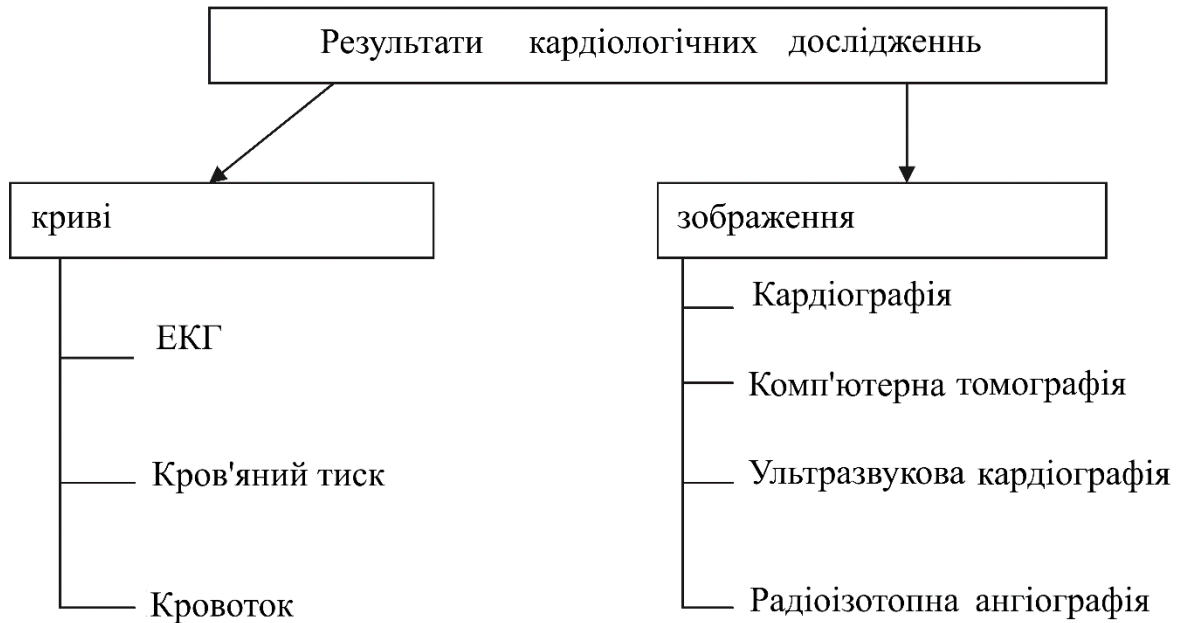


Рисунок 1.4 – Категорії об'єктивних кардіологічних даних

Тому метою роботи є розробка та дослідження компактного, бюджетного та надійного щодо електробезпеки модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа.

Задачі роботи:

- розробити математичну модель серцево-судинної системи людини та провести аналіз ЕКГ за RR інтервалом;
- розробити схему електричну принципову модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа;
- провести моделювання схеми в програмному середовищі Electronic Workbench;
- розробити топологію друкованої плати модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа.

## 2 СХЕМОТЕХНІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІБРИДНОГО МОДУЛЯ ТЕЛЕМЕТРИЧНОГО КАНАЛУ ДАНИХ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФА

### 2.1 Елементи ЕКГ

ЕКГ - це сукупність кривих, які зазвичай називаються відведеннями. Кожна з цих кривих є записом електричної активності за певний проміжок часу.

Імпульси циклічно виникають у синоатріальному вузлі (СА-вузол). Цей вузол розташований в правому передсерді. Закінчується збудження в шлуночках. Виниклий імпульс викликає хвилю деполяризації клітин міокард, яка охоплює обидва передсердя і призводить до їх скорочення. Скорочення передсердь сприяє наповненню кров'ю шлуночків. Далі хвиля збудження приходить до атріовентрикулярного (АВ) вузла і тут на деякий час затримується. Така затримка дозволяє завершитися механічній систолі передсердь. Потім збудження поширюється до міокарда шлуночків. Коли по клітинах шлуночків проходить хвиля деполяризації, вони скорочуються і кров виганяється в малий і великий круг кровообігу.

Після скорочення шлуночків слідує період відновлення (реполяризації), який триває до тих пір, поки серце знову не перейде в початковий стан. До цього моменту серцевий цикл закінчується і імпульс від СА-вузла може запустити новий цикл. На ЕКГ серцевий цикл зазвичай представляється у вигляді трьох комплексів (рис.1.5) Р - комплекс відповідає деполяризації передсердь; QRS - комплекс - шлуночків, Т - комплекс - їх реполяризації. Реполяризація передсердь на ЕКГ не проявляється.

Кожен комплекс містить кілька різноспрямованих піків. Число піків

(зубців) в кожному комплексі не однаково в різних відведеннях і у різних пацієнтів. Р - і Т - комплекси зазвичай містять один або два зубці, а QRS - комплекс - від одного до семи.

Характерні елементи ЕКГ, які необхідно розпізнати на третьому етапі ЕКГ - аналізу - це комплекси, сегменти (відстані між зубцями) і інтервали (рис.2.1).

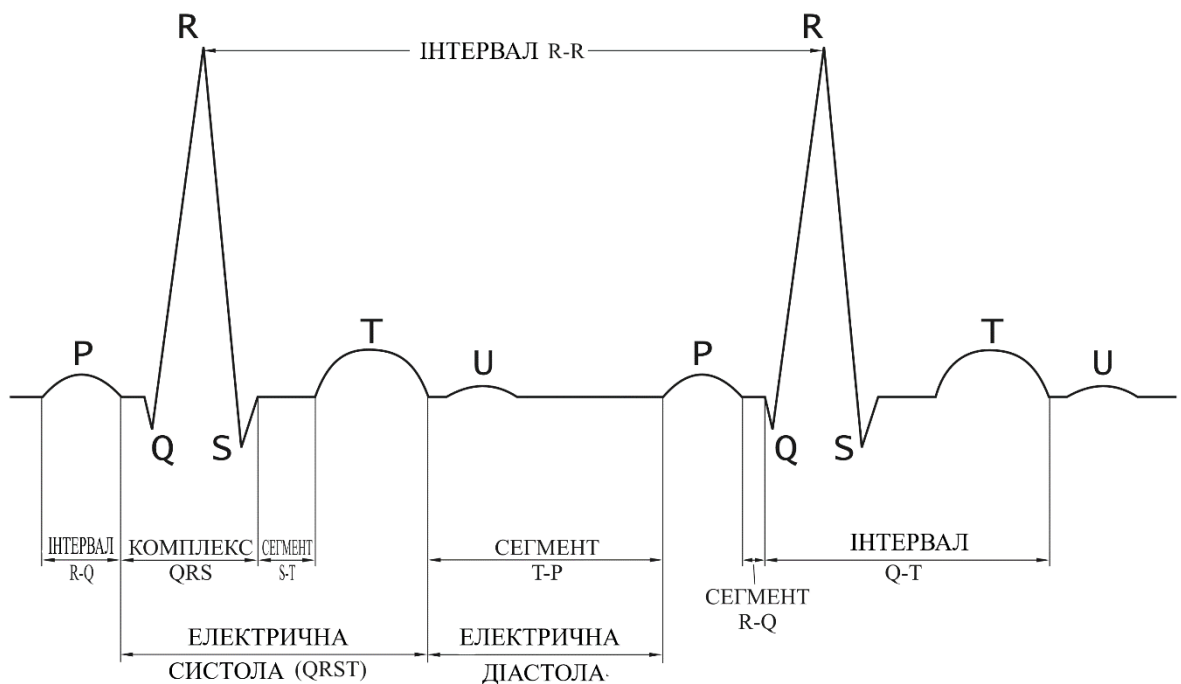


Рисунок 2.1 – Серцевий цикл і його характерні елементи

До параметрів ЕКГ, що підлягають вимірюванню, відносяться висота зубців і тривалість комплексів, а також величина сегментів і інтервалів. Таким чином, необхідно виконати два типи вимірювань: тимчасові і амплітудні. Часові виміри проводити складніше.

При вимірюванні амплітуд як «точки відліку» використовується нульова лінія ЕКГ [11].

## 2.2 Дослідження серцево –судинних захворювань за ЕКГ

Проведено дослідження серцево –судинних захворювання за результатами вимірювання тривалості інтервалів RR.

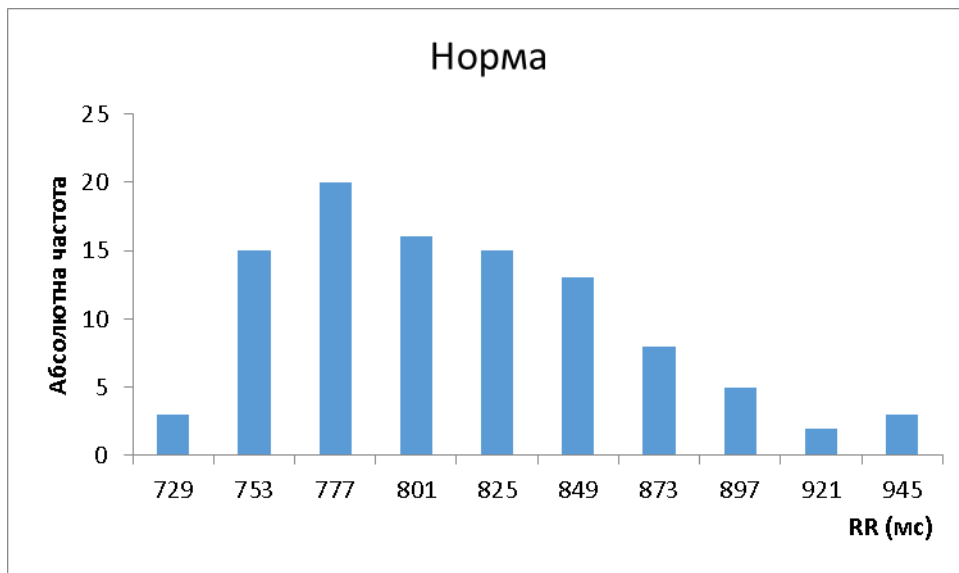
а) Норма

Вимірювання тривалості 100 інтервалів RR (у мс) по ЕКГ здорової людини приведені нижче.

RR (мс):

787	801	869	923	872	764	822
943	868	918	881	771	827	907
843	826	826	763	775	873	883
887	896	802	816	925	854	857
764	802	839	822	831	762	755
841	836	799	824	799	773	757
743	819	788	792	752	732	769
864	777	816	734	757	850	805
798	755	807	741	764	799	775
743	780	799	823	757	815	748
778	790	734	788	832	801	728
706	718	744	827	730	753	775
845	791	755	828	773	793	821
730	740	749	808	829	894	824
773	746					
Номер інтервалу	Діапазон, МПа	Абсолютна частота, шт	Відносна частота		Кумулятивна частота, %	
			долі	відсотки		
1	705;729	3	0,03	3	3	
2	729;753	15	0,15	15	18	
3	753;777	20	0,2	20	38	
4	777;801	16	0,16	16	54	
5	801;825	15	0,15	15	69	
6	825;849	13	0,13	13	82	
7	849;873	8	0,08	8	90	
8	873;897	5	0,05	5	95	
9	897;921	2	0,02	2	97	
10	921;945	3	0,03	3	100	
Всього		100	1	100		





### б) Аритмія

Вимірювання тривалості 100 інтервалів RR (у мс) по ЕКГ хворого з діагнозом “Аритмія” приведені нижче.

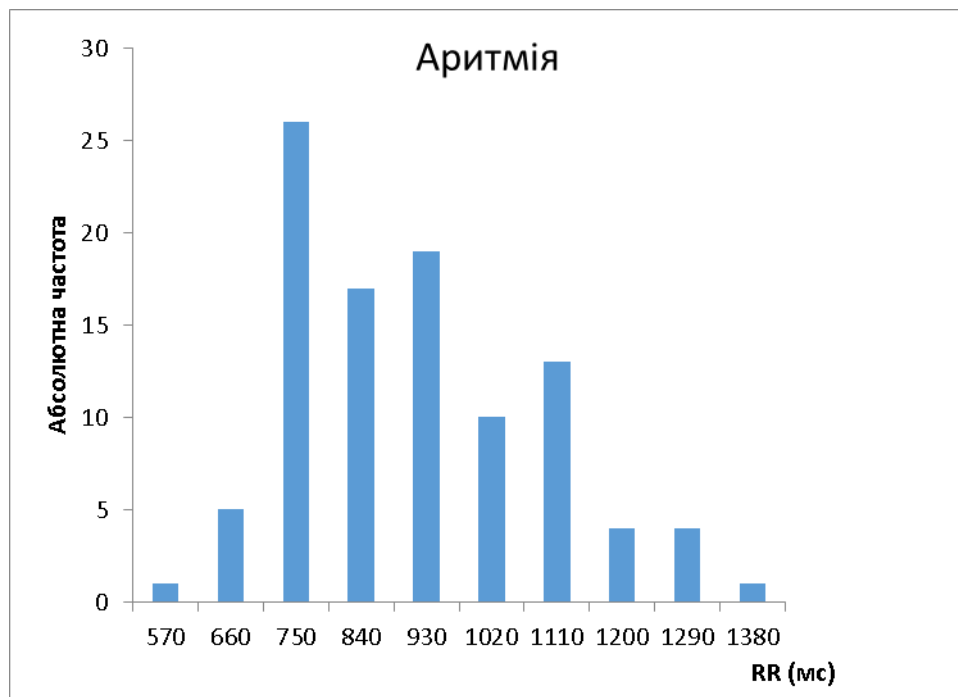
RR (мс):

676	793	827	734	955	730	489
1051	1074	846	757	921	856	785
741	1020	805	875	712	1036	928
861	802	844	715	743	651	1075
902	668	948	727	681	774	698
876	1268	980	861	748	819	637
1085	753	756	773	772	1086	1376
881	950	854	902	718	646	1156
1200	1016	1028	660	715	809	1025
812	946	882	742	911	797	1078
1249	691	697	1047	1034	690	789
1046	760	1075	843	844	681	743
1175	903	856	725	1018	741	1209
1001	723	631	1169	708	739	690
1219	985					

Аритмія виникає в результаті мерехтіння передсердя (мерехтіння шлуночків несумісні з життям, і потрібні термінові реанімаційні заходи, включаючи дефібриляцію), при якому загальна систола передсердя замінена збудженням і скороченням окремих груп м'язових волокон. При мерехтінні передсердя шлуночкові скорочення аритмічні. Частина серцевих скорочень,

при слабкому наповненні шлуночків, неефективні, тобто супроводжуються відсутністю пульсової хвилі. В результаті цього число серцевих скорочень буде більше, ніж число пульсових хвиль (дефіцит пульсу). Негативна дія на кровообіг при аритмії обумовлена зменшенням наповнення шлуночків, а також порушенням шлуночкового ритму.

Номер інтервалу	Діапазон, МПа	Абсолютна частота, шт	Відносна частота		Кумулятивна частота, %
			долі	відсотки	
1	480;570	1	0,01	1	1
2	570;660	5	0,05	5	6
3	660;750	26	0,26	26	32
4	750;840	17	0,17	17	49
5	840;930	19	0,19	19	68
6	930;1020	10	0,1	10	78
7	1020;1110	13	0,13	13	91
8	1110;1200	4	0,04	4	95
9	1200;1290	4	0,04	4	99
10	1290;1380	1	0,01	1	100
Всього		100	1	100	



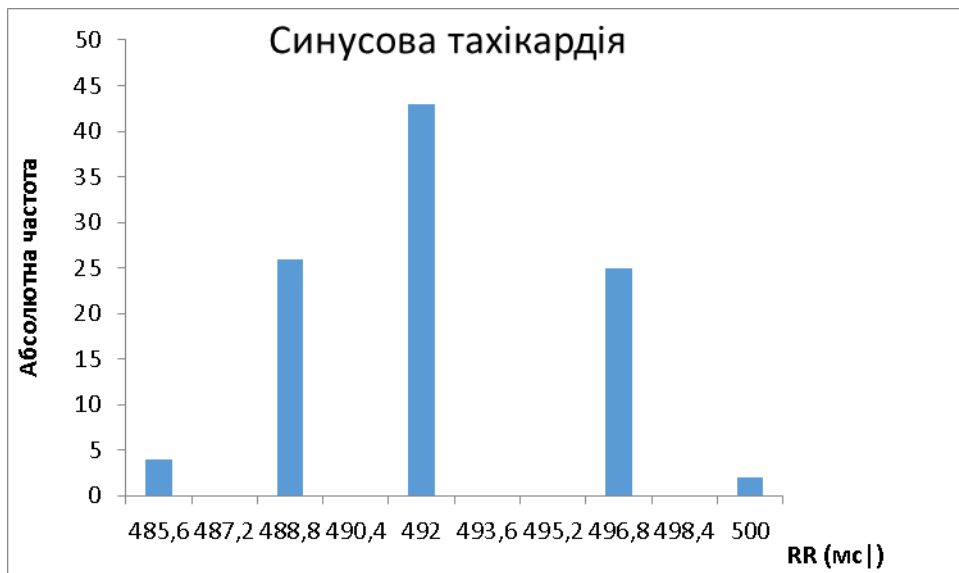
в) Синусова тахікардія

Вимірювання тривалості 100 інтервалів RR (у мс) по ЕКГ хворого з діагнозом “Синусова тахікардія” (хворий на 6-у добу після нейрохірургічного втручання) приведені нижче:RR (мс):

500	492	492	496	496	496	500
496	496	492	496	496	492	496
492	492	492	492	492	488	488
492	492	492	492	492	488	492
492	492	488	492	488	488	492
492	488	488	488	488	488	488
488	492	488	492	488	488	488
492	492	492	492	492	492	492
492	496	492	492	496	496	496
496	496	496	496	496	496	492
496	488	492	488	496	492	492
492	492	492	496	496	496	492
492	496	492	496	488	488	488
484	484	484	488	488	488	492
488	484					

Синусова тахікардія в умовах патології зустрічається при інтоксикаціях, неврастенії і т.д. Синусова тахікардія супроводжується збільшенням числа скорочень серця від 90 і більш в хвилину.

Номер інтервалу	Діапазон, МПа	Абсолютна частота, шт	Відносна частота		Кумулятивна частота, %
			долі	відсотки	
1	484;485,6	4	0,04	4	4
2	485,6;487,2	0	0	0	4
3	487,2;488,8	26	0,26	26	30
4	488,2;490,4	0	0	0	30
5	490,4;492	43	0,43	43	73
6	492;493,6	0	0	0	73
7	493,6;495,2	0	0	0	73
8	495,2;496,8	25	0,25	25	98
9	496,8;498,4	0	0	0	98
10	498,4;500	2	0,02	2	100
Всього		100	1	100	



г) Шлуночкова екстрасистолія

Вимірювання тривалості 100 інтервалів RR в мсек по ЕКГ хворого з діагнозом “Шлуночкова екстрасистолія” (хворий на 6-у добу після нейрохірургічного втручання) Приведені нижче.

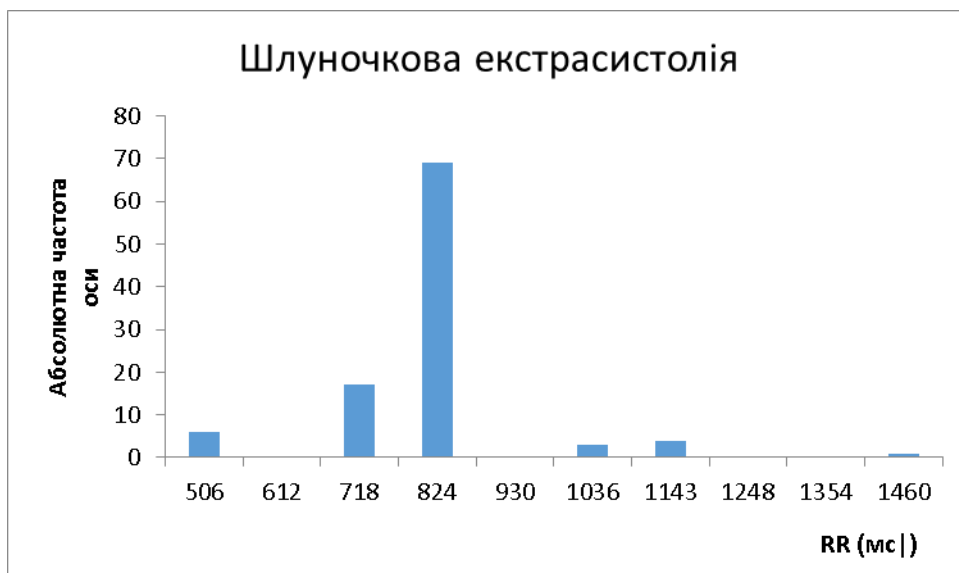
RR (мс):

720	724	720	420	1004	728	724
728	728	440	1044	752	748	740
740	728	1096	776	736	740	740
424	1096	760	728	744	736	744
736	732	736	748	748	748	728
736	732	748	736	736	736	736
736	728	720	404	1028	716	704
700	692	688	676	680	688	696
708	708	704	708	716	724	720
712	724	720	728	416	1028	720
716	724	732	1452	732	716	728
720	724	740	744	748	744	732
744	420	1080	740	724	728	736
736	728	744	748	744	748	752
760	764					

Екстрасистолія характеризується передчасним збудженням і скороченням серця в результаті появи додаткового місця підвищеної збудливості в серцевому м'язі. Уточнення локалізації місця збудження (передсердя, шлуночки) можливо тільки при електрокардіографічному, дослідженні. Після такого передчасного скорочення черговий імпульс, що виникає в синусовому ву-

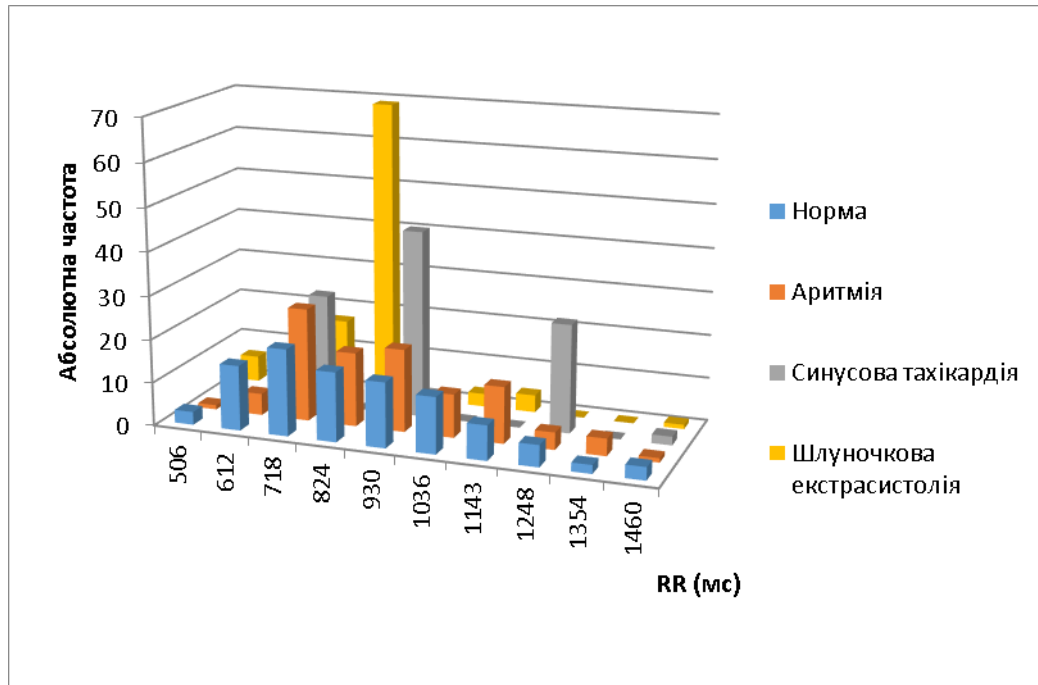
злі, не реалізується, і тому слідує довша пауза, яку хворі нерідко відчують як “завмирання”, перебої в роботі серця. Екстрасистоли можуть виникати при всіх органічних захворюваннях серця, перш за все при ішемічній хворобі, пороках і т.д., але можуть спостерігатися і без органічної патології, перш за все при неврастенії.

Номер інтервалу	Діапазон, МПа	Абсолютна частота, шт	Відносна частота		Кумулятивна частота, %
			долі	відсотки	
1	400;506	6	0,06	6	6
2	506;612	0	0	0	6
3	612;718	17	0,17	17	23
4	718;824	69	0,69	69	92
5	824;930	0	0	0	92
6	930;1036	3	0,03	3	95
7	1036;1142	4	0,04	4	99
8	1142;1248	0	0	0	99
9	1248;1354	0	0	0	99
10	1354;1460	1	0,01	1	100
Всього		100	1	100	



Для порівняння даних деяких серцевих аритмій з даними в нормі складемо таблицю:

Вид серцевої аритмії	Мінімальне значення x <sub>min</sub>	Максимальне значення x <sub>max</sub>	Величина інтервалу Δ x	Середнє значення	Середнє квадратичне відхилення σ <sub>v</sub>	Частота ритму серця
Норма	706	943	237	802,88	51,60354251	0,001245516
Аритмія	489	1376	887	868,99	183,8811083	0,001150761
Синусова тахікардія	484	500	16	491,8	309,6235865	0,002033347
Шлуночкова екстрасистолія	404	1452	1048	740,84	149,6441646	0,001349819



### 2.3 Організація обміну даними в системах комп'ютерної кардіографії

Використання комп'ютерних технологій в клінічних функціональних дослідженнях дозволяє значно підвищити точність і швидкість обробки інформації про стан пацієнта.

Застосування персональних комп'ютерів забезпечує надійне знаходження і розпізнавання інформативних графоелементів в записах електрокардіограм різних органів і систем організму, підвищує точність вимірювальних процедур виділених елементів сигналу, а також прискорює процес ідентифікації отриманих даних з показниками норми або з різними видами патології. Однак для вирішення цих питань необхідна наявність відповідного алгоритмічного і програмного забезпечення, що моделює процес проведення функціональних досліджень грамотним лікарем - експертом. Таким чином, однією з основних цілей застосування комп'ютерних технологій в функціональних дослідженнях є підвищення надійності діагностики за рахунок застосування математичних методів, що забезпечують високоякісне вимірювання і обчислення комплексних електрофізіологічних характеристик та формалізують процес прийняття рішень з урахуванням досвіду провідних фахівців у цій галузі.

Апаратне забезпечення комп'ютерної системи аналізу електрокардіограм включає в себе наступні основні пристрої (рис.2.2).

Пристрої знімання електричних сигналів - електроди, які закріплюються безпосередньо на тілі пацієнта і являють собою провідники спеціальної форми, покриті зверху шаром хлористого срібла. За своїми характеристиками вони близькі до неполярізуючих електродів. Між електродом і шкірною поверхнею існує перехідний опір, при збільшенні якого зменшується амплітуда сигналу, що знімається і збільшується сигнал мережного наведення. Для зменшення перехідного опору застосовують марлеві прокладки, змочені фізіологічним розчином або спеціальну електродний пасту.

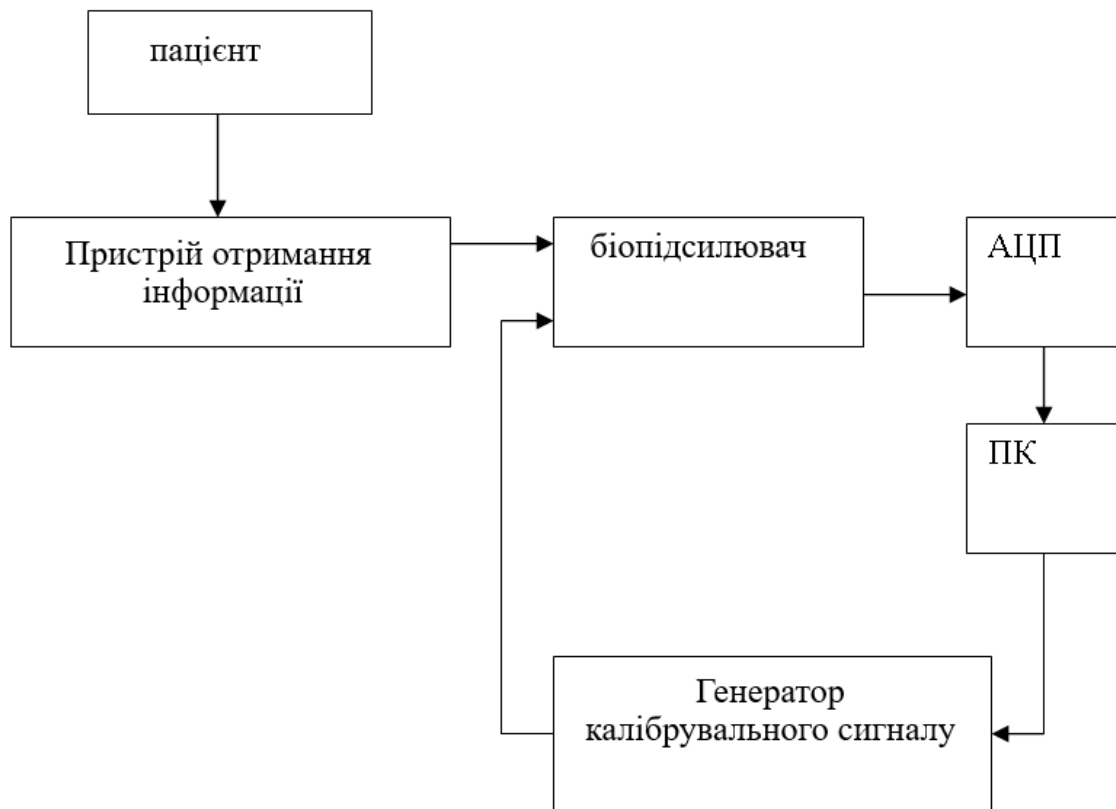


Рисунок 2.2 – Структурна схема комп'ютерної системи функціональної діагностики

Біопідсилювача призначений для посилення сигналів до рівня порядку  $\pm 1\text{В}$ ;  $\pm 5\text{В}$ ;  $\pm 10\text{В}$ ; необхідного для роботи аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Крім посилення, біопідсилювачі здійснюють фільтрацію сигналів з метою видалення низькочастотних і високочастотних складових, а також зниження рівня мережевих перешкод. Для видалення синфазних перешкод в біопідсилювачі застосовуються диференціальні підсилювачі, які посилюють корисний сигнал і послаблюють сигнал наведення. Крім того, в біопідсилювачі є фільтри нижніх і верхніх частот, а також смугові режекторні фільтри. Фільтр нижніх частот пропускає тільки частоти, що лежать нижче певної заданої частоти - частоти зрізу. Такі фільтри застосовуються для ослаблення високочастотних перешкод. Фільтр верхніх частот пропускає тільки частоти, що лежать вище частоти зрізу. Такі фільтри застосовуються для зменшення



впливу низькочастотних артефактів, наприклад, електроміограму дихання. Смугові режекторні фільтри послаблюють частоти, розташовані між двома частотами зрізу. Зазвичай вони використовуються для видалення вузької смуги частот в області 50 Гц, тобто сигналу мережного наведення. Слід зазначити, що фільтрація сигналу може здійснюватися і програмним шляхом, використовуючи методи цифрової фільтрації.

Аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) здійснює перетворення вхідних аналогових сигналів в цифрову форму для введення і подальшої обробки в ПК. В процесі цього перетворення безперервний сигнал перетворюється в сукупність дискретних рівнів напруг, які вимірюються з певною точністю і надходять на вхід ПК. Важливими характеристиками АЦП є частота квантування і точність перетворення сигналу. Частота квантування визначається максимальною частотною складовою аналізованого сигналу і повинна перевищувати її в два рази. Зазвичай в комп'ютерній кардіографії використовують 256 або 512 відліків в секунду, що дозволяє вводити ЕКГ практично без спотворень.

Точність перетворення сигналу визначається розрядністю АЦП. Якщо використовується 8-розрядний АЦП, то вихідний сигнал має 256 градацій і точність перетворення становить 0.4%. Зазвичай використовуються 8-12 розрядні АЦП.

Генератор калібрувальних сигналів призначений для визначення справжнього значення рівня біосигнала, що знімається шляхом порівняння зі значенням каліброваного сигналу (зазвичай 1мВ).

Персональний комп'ютер з набором периферійних пристроїв і спеціальних програмним забезпеченням аналізу ЕКГ.

Програмне забезпечення КСФД призначене для автоматизації наступних основних етапів проведення комплексного функціонального обстеження пацієнта:

- Попередня підготовка.
- Проведення дослідження, запис ЕКГ.

- Відбір і редагування записів.
- Виділення характерних графоелементів і вимірювання параметрів ЕКГ.
- Інтерпретація результатів аналізу і оформлення висновку.
- Документування дослідження.

Попередня підготовка полягає у виборі методики і режимів дослідження. навантажень і функціональних проб, додаткової апаратури (наприклад, велоергометра). На цьому етапі здійснюється настройка комп'ютерної програми шляхом визначення кількості реєстрованих каналів, системи відведення біопотенціалів, коефіцієнта посилення і частоти дискретизації сигналу, величини каліброваного імпульсу, смуги пропускання біопідсилювача і т.інш. В базу даних вводиться інформація про пацієнта: паспортні дані, попередній діагноз, відомості про прийом ліків, дата реєстрації. Крім того проводиться підготовка пацієнта до обстеження, закріплюються електроди, підключається кабель відведень [12].

Запис ЕКГ включає зазвичай 12 відведень: три стандартних (1.2.3), три посилені однополюсних відведення від кінцівок (avR; avL; avF) і шість грудних однополюсних відведень (V1-V6). Реєстрований сигнал відображається на моніторі, що дозволяє візуально виділити і зареєструвати записи, вільні від артефактів і наведень. На екрані монітора сигнал відображається в реальному масштабі часу, що ускладнює детальний візуальний аналіз досліджуваних сигналів, тому здійснюється надлишковий запис в базу даних, що передбачає їх подальшу реакцію.

Відбір і редагування даних проводиться після запису ЕКГ в базу даних і призначені для виділення ділянок сигналів з метою подальшого аналізу. На цьому етапі можливо більш повільне відтворення сигналів на екрані монітора з зупинками картинки з метою виявлення артефактів, пов'язаних з рухом пацієнта, диханням і т. п. Монітор є основним інструментом візуального вивчення записів, ручного вимірювання і редагування. Вікно монітора займає більшу частину екранного простору і містить записи ЕКГ в порядку каналів

відведень зверху вниз.

На екрані монітора можуть бути поставлені різні вісі, наприклад горизонтальна (вісь часу) і вертикальна (вісь амплітуди). У будь-якому місці екрану може бути поставлений маркер і візир (вертикальна лінія), щоб за допомогою відповідної команди видалити ділянку записи, розташовано між ними. Таким чином прибираються ділянки, що мають артефакти і мережеві наведення. Передбачена цифрова фільтрація кожного каналу і всіх каналів одночасно для зниження рівня мережевих перешкод або сигналу електроміограми в запису ЕКГ.

Виділення характерних графоелементів і вимірювання параметрів ЕКГ. Найбільш важливим етапом роботи програми є розпізнавання зубців P, Q, R, S, T.

Завдання розпізнавання полягає у визначенні точок початку і закінчення кожного зубця, знаходження максимуму висоти зубців і їх ідентифікації. Для вирішення цього завдання фірми, що випускають комп'ютерні кардіоаналізатори, використовують різні математичні методи. Широке поширення отримав метод обчислення першої і другої похідних. За допомогою першої похідної можна отримати точки перегину і зламу кривої, а знак другої похідної в цих точках вказує на максимум або мінімумом значення.

За мінімального значення першої похідної можна знайти місце можливого розташування комплексу QRS. Це значення припадає на спадну гілку лінії, що з'єднує піки зубців R і S, тобто лінію, що має найбільшу кривизну. Потім в кожному комплексі QRS визначається місце положення вершини зубця R. Воно знаходиться як максимальне значення ЕКГ в межах інтервалу часу 0.064 с, що передує точці мінімуму першої похідної. Зубець S визначається як найменше значення сигналу на інтервалі 0.046 с після точки мінімуму першої похідної. Зубець Q знаходиться як найменше значення сигналу, попереднє зубця R. Початок комплексу QRS визначають за значенням похідною на ділянці довжиною 0.18 с, попереднього зубця Q. Від цієї точки вважається ізопотенційна лінія, щодо якої розраховуються амплітуди зубців.

Пошук зубців Р і Т проводиться в заздалегідь заданих діапазонах: зубець Р на відрізьку 0.26 с вліво від зубця R. зубець Т вправо від комплексу QRS.

Розглянутий алгоритм спрямований на аналіз морфоструктури ЕКГ здорових випробовуваних, так як при різних видах патології спостерігається значна зміна структури сигналу, виникає розщеплення зубця Р (Р 'і Р "); з'являються додаткові піки R', S ', R", S "; можлива інверсія зубців і т. п. Все це призводить до ускладнення алгоритму виділення і вимірювання графоелементів сигналу ЕКГ.

Для усунення численних дрібних зубців маскують справжні точки перегину і максимуми сигналу ЕКГ, використовують апроксимації сигналу сплайн-функціями або поліномами різних порядків. Це завдання вирішується також методом цифрової фільтрації високочастотних складових. Слід зазначити, що всі методи фільтрації і апроксимації спираються на апріорне знання структури досліджуваного сигналу і маскує шуму. Виділені точки початку і кінця кожного зубця є основою для вимірювання тривалості комплексів, інтервалів і сегментів (відстані між зубцями).

- Порушення функції синусового вузла.
- Ектопічні імпульси і ритми.
- Синдром прискореного передсердно-шлуночкового проведення збудження.
- Тріпотіння і фібриляція передсердь і шлуночків.
- Положення електричної осі серця.
- Гіпертрофія і гострі перевантаження різних відділів серця.
- Порушення проведення імпульсів (блокади).
- Зміни ЕКГ при порушенні коронарного кровопостачання міокарда.
- Зміни ЕКГ при хронічній коронарній недостатності та загостренні ішемічної хвороби серця.

ЕКГ-укладення формуються на основі ідентифікації та аналізу характерних для тієї чи іншої патології змін електрокардіосигналів. Наприклад,

висновок про гіпертрофії лівого передсердя можливо за наявності таких ознак: зубець P в 1, 2, aVL, V (5-6) відведеннях розширені, більше 0.10 с, розщеплений; в V1 відведенні збільшення індексу термінального відхилення > 0.03 мм / с. Час внутрішнього відхилення для P > 0.06 с. Індекс макруза > 1.6.

Для постановки висновку про гіпертрофії правого передсердя необхідні наступні ознаки: зубець P у 2, 3, aVR відведеннях гострий, що не розширені, амплітуда > 2.5 мм. Індекс Макруза I 1.0. У v1 зубець P негативний або гострий позитивний. При вираженій гіпертрофії правого передсердя збільшується число грудних відведень з високим загостреним зубцем P. При «легеневому» серці зубець P може дорівнювати або бути вище зниженого в цих же відведеннях зубця R.

Гіпертрофія обох передсердь ставиться за наявністю поєднання ознак при гіпертрофії лівого передсердя і гіпертрофії правого передсердя в різних варіантах, що залежать від переважання гіпертрофії лівого або правого передсердь.

Документування дослідження полягає у видачі на друк числових, графічних результатів і комп'ютерного ЕКГ висновку. Якщо комп'ютерний висновок верифікований тільки по ЕКГ, то для створення лікарського висновку необхідно зіставлення ЕКГ і клінічних даних.

В даний час вітчизняними і зарубіжними фірмами випускається велика кількість комп'ютерних електрокардіографів («Медітек», «Інтрон», «Техноцентр», Siemens, Hewlett Packard, Fukuda, NEC і ін.) більшість з яких працює за своїми корпоративними стандартами, закритим для інших виробників. Тому досить актуальним є питання стандартизації представлення інформації для передачі даних ЕКГ як між цифровим електрокардіографом і комп'ютеризованою системою управління, так і між комп'ютерними системами різних виробників. Зараз найбільш опрацьованим для обміну цифровими ЕКГ вважається стандарт SCP-ECG, розроблений Європейським інститутом стандартизації (CEN). Стандарт розбиває логічну послідовність ЕКГ даних на секції і визначає зміст і формат представлення кожної секції [13].

Секція 1: дані про пацієнта - ім'я, ідентифікатор, стать, дата народження, дані про обстеження (дата, час, умови).

Секція 2: кодування ЕКГ по Хаффману або будь-якого алгоритму архівації та різницевого сигналу.

Секція 3: перерахування відведень, переданих в поточному записі.

Секція 4: розташування QRS-комплексів.

Секція 5: репрезентативний комплекс для кожного відведення.

Секція 6: вихідний сигнал для кожного відведення або різницевий сигнал, отриманий шляхом вирахування репрезентативного комплексу з вихідного сигналу.

Секція 7: загальні вимірювання кожного комплексу в запису для всіх відведень (тривалості, кути повороту електричних осей і ін.).

секція 8: текстовий діагноз від інтерпретуючого пристрою.

секція 9: діагностичні дані, специфічні для виробника.

секція 10: вимірювання, зроблені для кожного відведення окремо.

секція 11: уніфікований закодований висновок.

Використовуючи стандарт SCP-ECG, все прикладні програми Windows можуть обмінюватися даними про пацієнта, проведених дослідженнях, стислими ЕКГ-даними і текстовим діагнозом. Можливий обмін ЕКГ по всесвітній мережі [14].

## 2.4 Конструкторсько-технологічні варіанти цифрових кардіографів

Електрокардіограф Альтон-03 являє собою нове покоління цифрових електрокардіографів, що вдало поєднують сучасну технологію, елегантний дизайн, зручність в роботі і надійність, універсальність.

Стандартна комплектація:

Кабель пацієнта, зарядний пристрій, комплект електродів (4 кінцевий і 6 грудних) електродний гель, термопапір, сумка для зберігання і перевезення.

Додаткові можливості:

Програмне забезпечення Кардіс, кабель зв'язку з персональним комп'ютером, передавач ЕКГ по телефону.

Технічні характеристики:

Синхронна реєстрація 12 відведень. Формат друку по 3 відведення, АЦП 12 біт, частота дискретизації на канал 500 Гц. Коефіцієнт ослаблення синфазних сигналів не менше 100 дБ. Максимальна напруга поляризації електродів  $\pm 300$  мВ. Верхня частота смуги пропускання підсилювачів 150 Гц. Програмно-керована постійна часу підсилювачів 3.5 і 1.2 сек. Мережевий і антиреморний фільтри. Електробезпека клас 2, тип ВF. Швидкість подачі паперу 12.5, 25 або 500 мм / с. Розмір термопапіру (рулон) 110 мм х 30 м. Розміри електрокардіографа 175 х 150 х 170 мм. Маса з кабелем пацієнта і акумулятором 1.6 кг. Маса комплекту в сумці не менше 3.5 кг.

Комп'ютерний електрокардіограф Кард - 12-канальний цифровий комп'ютерний електрокардіограф, створений з використанням найсучаснішої комп'ютерної бази провідних фірм - 22-розрядних паралельних сигма-дельта перетворювачів, мікро потужних програмованих логічних матриць, модульних джерел живлення.

Електрокардіограф серії КАРД володіє унікальними технічними і експлуатаційними характеристиками, що дозволяють ефективно застосовувати прилад в різних областях медицини. Повне виключення елементів регулювання плюс автоматична діагностика апаратури в процесі роботи і як наслідок, висока надійність і відсутність необхідності в планових перевірках. Реалізовано варіанти, як для стаціонарних комп'ютерних комплексів, так і для мобільних систем на базі комп'ютерів класу NoteBook.

Технічні характеристики:

Частота оцифровки 512 кГц синхронно по всіх каналах, далі цифрова фільтрація і проріджування. Дозвіл не гірше 2 мкВ. Динамічний діапазон  $\pm 600$  мВ (22 розряду АЦП). Смуга пропускання 0-150 Гц (за рівнем -3 дБ) програмні ВЧ фільтри 0.02, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1 Гц, режекторний на 50 Гц, інте-

лектуальна система поканального утримання ізоляції. Вхідний опір не менше 90 МОм. Коефіцієнт ослаблення синфазних сигналів не менше 110 дБ. Захист від дефібрилятора є. Електробезпека клас 2-CF згідно МЕК 601-1. Сполучення з комп'ютером - ISA адаптер для стаціонарного комп'ютера, PCMCIA карта для NoteBook. Контроль якості накладення електродів безперервно в процесі знімання. Розміри 100 x 65 x 23 мм.

#### Комплектація:

Базовий комплект карт - 12-канальний ЕКГ-підсилювач постійного струму, комплект електродів, ПК Pentium, 17-дюймовий монітор, кольоровий принтер, ZIP - дисковод, базове програмне забезпечення, керівництво користувача, гарантія 24 місяці - вартість 3100 USD.

Програмний модуль ЕКГ високого дозволу - 890 USD.

Програмний модуль аналізу варіабельності серцевого ритму - 300 USD.

Програмний модуль епікардіальної електрокардіографії і векторокардіографії - 650 USD.

Електрокардіограф Cardisuny 3 110, Fukuda M-E, Японія - портативний, легкий і компактний 1-2 канальний цифровий кардіограф. Зручний для транспортування, дозволяє знімати ЕКГ в кабінеті лікаря або на виїзді. Працює від мережі і акумулятора. Просте управління електрокардіографом супроводжується автоматичними функціями і звуковими сигналами. Система тривоги, автоматичний запис Р-хвилі, авто калібрування базисної лінії. Термопринтер високого дозволу виводить на друк, а також калібрує сигнали і додаткову інформацію, таку як: назва відведень, ЧСС і маркування. Роздруківка даних про пацієнта.

#### Технічні характеристики:

Загальні розміри - ширина 280 x 202 x 67 мм. Тип 1-2 канальний портативний, 12 відведень. Екран РК-індикатор. Режим роботи автоматичний / ручний. Принтер термічний, 8 точок на 1 мм, папір Z-образний в рулонах, 50 мм x 30 м. Швидкість паперу 25/50 мм / сек. Живлення 200-240 В, 50/60 Гц.



Акумулятор 60 хв. Роботи після 7 години підзарядки. Вага 2 кг.

Стандартна комплектація:

Шнур живлення, кабель пацієнта-електрода для кінцівок, 6 грудних електродів, акумулятор, рулон паперу, ЕКГ гель, 1 інструкція.

Трьох / Шестиканальний електрокардіограф FUKUDA M-E CARDISUNY C 300BX - 6-канальний електрокардіограф з великим сенсорним екраном 23 см (touch screen). Можливість для лікаря внести будь-які коментарі на Мето сторінку за допомогою ручки, які потім будуть роздруковані на принтері. Повна інтерпретація електрокардіограми російською мовою за всіма кардіологічним параметрам (розрахунок інтервалів, амплітуди зубців і ін.). Попередній діагноз російською мовою. Функція введення інформації про пацієнта, пам'ять на зберігання ЕКГ (10/15 сек). Дискетод для дискети 3.5 дюйма, на якій можна зберігати всю отриману інформацію. Безкоштовне програмне забезпечення. Вивід на екран 3, 6, 12 кривих ЕКГ, домінант, збільшеного QRS - комплексу. Можливість зупинки зображення на екрані. Вивід на екран пульсу, електронного годинника. Робота від мережі і акумулятора. Автоматичне / ручне управління, яке супроводжується автоматичними функціями, звуковими та візуальними сигналами в реальному часі. Термопринтер з високою роздільною здатністю.

Технічні характеристики:

Загальні розміри 318 x 213 x 76 мм. Тип 3/6 канальний, 12 відведень. Режим роботи ручний / автоматичний. ЕКГ вимірювання H.R., QRS, вісь-QRS, PR, час QT, QTC. Принтер термічний: 8 точок на 1 мм, папір в рулонах 145 мм x 60 м. Швидкість паперу 5/10/25/50 мм / сек. Живлення 200-240 В, 50/60 Гц. Вага 3.5 кг.

Стандартна комплектація:

Шнур живлення, кабель пацієнта, кабель заземлення, 4 електрода для кінцівок, 6 грудних електродів, сумка для електродів, акумулятор, пачка паперу, ЕКГ гель, 2 запасних запобіжника, сумка для електродів, дискета на 3.5 дюйма, коди інтерпретації.

Трьохканальний електрокардіограф FUKUDA M-E CARDISUNY C 120 - портативний переносний 3-х канальний електрокардіограф. Міцний корпус. Трьохрядковий рідкокристалічний дисплей. Менш ніж за 40 секунд - роздруківка всіх 12 каналів, вимірювання та клінічні коментарі (попередній діагноз). Інтерпретація ЕКГ. Зупинка виведення інформації на папір в разі від'єднання електродів від тіла пацієнта. Пам'ять на 60 секунд ЕКГ. Русифікований. Екран рідкокристалічний графічний. Принтер термічний, папір в рулонах. Режим роботи автоматичний і ручний, аналіз і інтерпретація. Швидкість протягання паперу 25 і 50 мм / сек. Електроживлення від мережі, акумулятора. Розміри 274 x 210 x 69 мм. Вага 2.8 кг.

Nihon Kohden ECG-9320 (серія 9 300) - 3/4/6/12 - канальний електрокардіограф з повним набором функцій. Вбудований сенсорний 12 - канальний монохромний рідкокристалічний дисплей з високою роздільною здатністю (640 x 480 пікселів). При відображенні 12 - каналів тривалість кривих по 5 сек, при відображенні 3/6 каналів тривалість по 10 сек. Крім кривих ЕКГ відображення таких даних: інформація про пацієнта, установки реєстрації, режими роботи, ЧСС, синхромітки QRS, повідомлення про помилки, від'єднанні електродів, шуми. 12-канальна роздруківка на термопринтері високого дозволу (папір формату А4). Швидкість подачі паперу - 5, 10, 12.5, 25, 50 мм / сек. Наявність блоку оцифровки сигналу для зменшення шуму. Інтерпретація ЕКГ (одночасно всі 12 каналів), 200 діагноз критеріїв і 5 категорій висновків для пацієнтів старше 3 років. Аналіз рівня ST сегмента. Можливість автоматичного запису кривих ЕКГ і їх перегляд після передачі даних на персональний комп'ютер або інший ECG-9320K (RS-232C порт). Збереження і огляд даних (зведені звіти включно), можливість перегляду до 4 картотек одночасно. Можливість здійснення пошуку по базі даних. «Інтелектуальні» індикатори діалогового блоку вказують не приєднані електроди. Різні варіанти електродів і довжини кабелів. Живлення від мережі змінного струму або вбудованого акумулятора. Вага 13.8 кг.

Додаткові функції:

24-годинна реєстрація по 1 каналу на ІС-картці; поряд з 2-х каналним трендом сегмента ST, окремим каналом у вигляді кривої, що відображається 24-х годинний запис рухів тіла; стрес-тест, широкий спектр інших додаткових функціональних можливостей.

Електрокардіограф Nihon Kohden ECG-9130 - 6/12 каналний кардіограф з вимірами і інтерпретацією на екран, вивід 12 каналів ЕКГ в реальному часі. Автоматичне / ручне управління. Програма для стрес тестів. Вивід 3, 4, 6, 12 кривих на папір. Зображення на екрані ЧСС і артефактів. Термопринтер з високою роздільною здатністю з папером 210 мм. Вивід 1 хвилини ритму в форматі 1 сторінки. Функція копіювання. Наявність послідовного інтерфейсу RS-232C. Безшумний. Пам'ять на 10-секундні відрізки для 8 пацієнтів. Живлення від мережі батарей.

Технічні характеристики:

Тип 6/12 каналний, 12 відведень. Режим роботи ручний / автоматичний. Принтер термічний, папір - 210 мм. Живлення 200-240 В, 50/60 Гц. Вага 4.3 кг.

Стандартна комплектація: шнур живлення, кабель пацієнта, кабель заземлення, 4 електрода для кінцівок, 6 грудних електродів, пачка паперу. ЕКГ гель для електродів, коди інтерпретації.

Додатково:

Програмне забезпечення для передачі інформації на ПК і її зберігання, диск 40 МБ для зберігання інформації.

3/6 - каналний електрокардіограф FUKUDA CARDIO FX-3010 - дозволяє точно знімати ЕКГ пацієнта по 12 відведенням. Вибір режимів і параметрів натисканням на екрані (режим touch-screen). Екран РКІ 320 x 240 точок з підсвічуванням. Принтер термічний високої щільності. Вибір формату паперу В5 або А4. Рулон 145 мм x 30 м. Пачка 145 мм x 20 м. Режим роботи автоматичний і ручний, аналіз аритмії, аналіз інтервалів, стрес-тест. Швидкість протягання паперу 1 і 50 мм / сек. Електроживлення від мережі і акумулятора (70 хвилин роботи після 3 годин зарядки). Розміри 9.7 x 29.7 x 6.5 см.

Вага близько 4.5 кг. Інтегрований RS - 232 порт. Використання ІС-карт. Можливе підключення до велоергометрії.

Система комп'ютерної телефонної електрокардіографії TELECARD являє собою цифровий 12-канальний транс телефонний електрокардіограф, призначений для передачі ЕКГ в дистанційно-діагностичний центр (ДДЦ). Може також використовуватися для реєстрації зберігання, аналізу та друку електрокардіограм безпосередньо на місці реєстрації, т. інш. Працює як стаціонарний електрокардіограф з одночасною передачею ЕКГ по телефону в ДДЦ, що дозволяє забезпечити негайну консультацію пацієнта фахівцями в режимі on-line. Система ТЕЛЕКАРД близько 3-х років успішно використовується в ЦКБ 5 м Харкова для забезпечення внутрішньолікарняної передачі ЕКГ, а також для роботи в міжміському режимі. Активно використовується бригадами швидкої допомоги.

В даний час закінчена розробка системи передачі ЕКГ на базі радіотелефонів Senao і мобільних телефонів стандарту NMT і GSM, що дозволяє істотно розширити сферу застосування системи ТЕЛЕКАРД. Фактично пацієнт отримує можливість дійсно в будь-який момент, де б він не знаходився, зв'язатися з дистанційним діагностичним центром і отримати кваліфіковану консультацію. При необхідності до нього може бути терміново направлена спеціалізована бригада швидкої допомоги, подібний вид медичного обслуговування є унікальним не тільки для України, але і для всіх країн Східної Європи.

Передача електрокардіограм по телефону є одним з перших прикладів масового практичного використання телемедичних технологій в охороні здоров'я. У 1970-х в нашій країні була розгорнута і активно працювала мережа центрів ЕКГ по телефону, що дозволили зробити ЕКГ-дослідження доступними для пацієнтів дільничних лікарень, ФАПів, сільських лікарських амбулаторій. Число приймальних станцій ЕКГ системи «Хвиля» в колишньому СРСР сягала кількох сотень, а число оброблених ЕКГ обчислювалася сотнями тисяч щорічно.

Зараз, після періоду відносного затишшя, інтерес до цього напрямку знову зріс, що зумовлено як появою ряду нових підходів в комп'ютерній техніці і мережевих технологіях, так і розвитком вітчизняної телемедицини, яка прагне використовувати високоефективні і дешеві технології.

Сучасний комплекс дистанційного аналізу ЕКГ являє базову станцію на базі персонального комп'ютера, що дозволяє здійснювати прийом, аналіз і архівування ЕКГ від реєстраторів як мінімум основних типів: професійних 12-канальних електрокардіографів, індивідуальних кардіореєстраторів. Ці прилади дозволяють будь-якому пацієнтові самостійно знімати ЕКГ і передавати її в консультативний пункт.

Прикладом такої системи є комплекс «Альтоніки», що успішно застосовується в Росії, медичних установах армії. Комплекс дозволяє організувати роботу центру діагностичної кардіологічної діагностики. забезпечувати консультації ЕКГ для ЛПУ і медичних бригад, які не мають штатних кардіологів або лікарів функціональної діагностики. спостереження за значним числом амбулаторних кардіологічних хворих.

Професійний реєстратор є електрокардіографом, що забезпечує синхронну реєстрацію 12 відведень, має пам'ять для неї і обладнаний передавачем. Електрокардіограф дозволяє зареєструвати ЕКГ на папері, перед використанням передавача по телефонних каналах в віддалений центр.

Індивідуальний реєстратор є портативний прилад, який забезпечений пам'яттю збереження до двох хвилин одноканального ЕКГ. Пластинчасті електроди на корпусі реєстратора дозволяють пацієнтові самостійно записувати ЕКГ в стандартних і грудних відведеннях. Оскільки індивідуальний реєстратор практично не вимагає підготовки для реєстрації ЕКГ, з його використанням можна отримати верифікацію багатьох видів дискомфорту у пацієнтів.

Дослідження, проведені в Клініці Гулі (Тбілісі) і ін. Показали високу ефективність системи, що забезпечують якісну передачу і зручність для користувачів (і медичного персоналу, і пацієнтів).

Нові технічні рішення, використані в обладнанні «Альтоніка», дозволяють організувати напівавтоматичний або автоматичний режими роботи приймального центру, що дозволяє підвищити пропускну здатність системи в цілому. Час обробки однієї телеЕКГ з передачею укладення може бути доведено до 8 хвилин. Істотно, що ЕКГ передавалися як борт-лікарями санітарної авіації та лікарями комплексних виїзних бригад обласної консультативної поліклініки, так і штатним персоналом медустанов сільських районів області.

Спектр кардіологічної патології і показань до використання комплексу досить широкий і крім традиційних показань (підозра на транзиторну ішемію міокарда, порушення ритму, синкопальні стани неясної етіології і т. д.) дозволяє ефективно використовувати індивідуальні реєстратори, наприклад для амбулаторного моніторингу хворих з імплантованими кардіостимуляторами, що було реалізовано в Грузії і Росії.

В даний час розроблено прототип системи віддаленого доступу до ЕКГ інформації, що базується на передачі даних по протоколу TCP / IP і використовує звичайні засоби перегляду сторінок WWW на стороні консультанта. Система здатна автоматично сповіщати консультантів про надходження нових ЕКГ, посилаючи повідомлення їм на мобільний телефон. Модуль перегляду забезпечує подання списків пацієнтів та ЕКГ, зміну маси і швидкості її розгортки, проведення амплітудних і часових вимірів.

Модульна організація системи створює умови як для подальших її модифікацій без істотних змін її структури в цілому, так і для розширення набору функцій її окремих елементів.

Ця система дозволяє доповнити традиційний прийом ЕКГ по телефону з залученням до консультацій отриманих ЕКГ фахівців, які з різних причин не можуть перебувати біля приймального обладнання [15].

Розглянуті прилади є більш дорогими і перевищують розроблений модуль за своїми розмірами, а також мають меншу ступінь електробезпеки.

## 2.5 Концепція організації центра дистанційної діагностики

Створення телемедичних систем і мереж є складовим елементом інформатизації охорони здоров'я. У новостворені або вже існуючі клінічні та госпітальні автоматизовані інформаційні системи необхідно впроваджувати технології телемедицини. Це пов'язано і з тим, що на кожному етапі діагностики, лікування і реабілітації пацієнта лікар повинен мати можливість звернутися до досвіду колег. Але добре, коли цей колега працює в цьому ж лікувальному закладі, а як бути, якщо проблема настільки специфічна, що для її вирішення необхідно скликати консиліум висококласних фахівців?

### 2.5.1 Задачі регіональної телемедичної мережі

На рис.2.3 представлений процес взаємодії в телемедичній мережі. Регіональна телемедична мережа (ТММ) призначена для вирішення завдань діагностування, лікування і реабілітації хворих, а також поширення знань і досвіду серед медперсоналу різного рівня. Таким чином, ТММ є основою для побудови єдиного інформаційного простору, що об'єднує всі елементи системи регіонального охорони здоров'я [16].

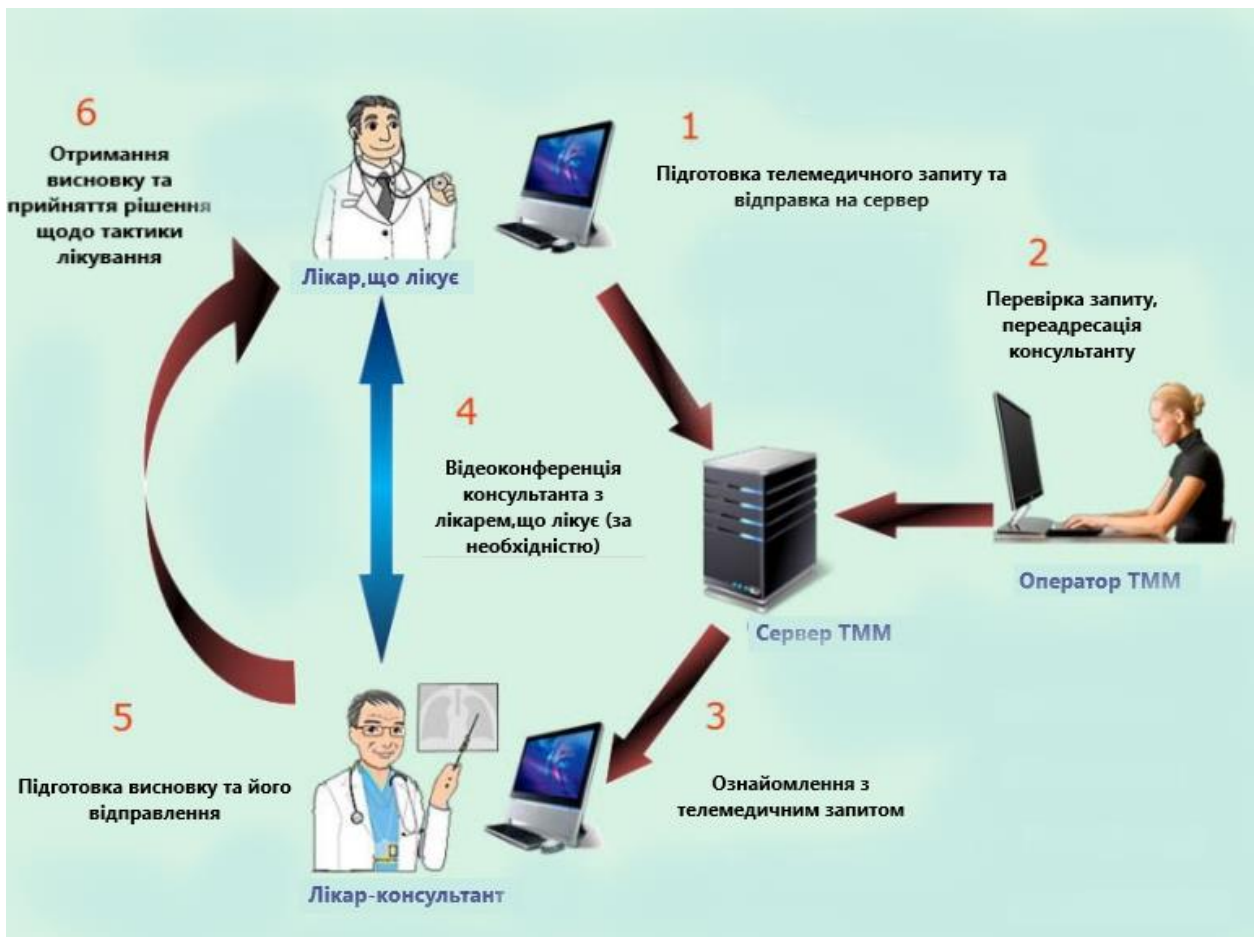


Рисунок 2.3 – Процес взаємодії в телемедичній мережі

### 2.5.2 Завдання, які вирішуюються ТММ

1. Надання допомоги лікарям, які працюють у віддалених стаціонарних або тимчасово розгорнутих медичних пунктах при діагностиці і лікуванні хворих.

2. Полегшення поширення управлінських і методичних документів в структурі регіональної охорони здоров'я.

3. Передача знань і досвіду фахівців провідних медичних лікувальних і навчальних центрів лікарям-практикам, проведення віддалених кваліфікаційних іспитів і сертифікацій.

ТММ об'єднує всі типи закладів охорони здоров'я - центральні і регіональні управління, центральні, обласні та районні клініки і лікарні, медичні



академії і інститути, архіви, бібліотеки та інші лікувально-профілактичні заклади.

ТММ повинна відповідати вимогам до систем подібного типу:

1. Забезпечувати постійний доступ до всіх сервісів.
2. Ефективно захищати всю інформацію і забезпечувати ідентифікацію користувачів.
3. Забезпечувати можливість необхідного географічного та функціонального розширення.
4. Надавати необхідний і достатній набір функцій для вирішення завдань діагностики, лікування і реабілітації хворих, навчання і підвищення кваліфікації медичних працівників, а також збору і поширення управлінської інформації.
5. Об'єднувати об'єкти регіонального охорони здоров'я в єдиний інформаційний телемедичний простір.
6. Базуватися на інформаційній інфраструктурі, що оснований на автоматизованих інформаційних систем (АІС) в лікувальних установах, що об'єднуються в ТММ.

Остання вимога актуально в тому сенсі, що трудомісткість підготовки і проведення телемедичних консультацій істотно знижується, якщо АІС використовується в лікувально-діагностичному процесі, так як в цьому випадку велика частина інформації стає доступна для консультанта в реальному часі. Другий аспект - електронна історія хвороби виявляється доступною в усіх лікувально-профілактичних закладах регіону, що знижує витрати через виключення необхідності проведення повторних досліджень.

### 2.5.3 Логічна структура ТММ

На рис.2.4 показана логічна структура ТММ.

У складі мережі можна виділити чотири типи елементів, взаємодія

яких і утворює телемедичну мережу:

Каналоутворююче середовище - набір апаратних, програмних засобів, носіїв інформації і технологічних рішень (протоколи і стандарти), що забезпечують передачу різномірної інформації в територіально розподіленому середовищі.

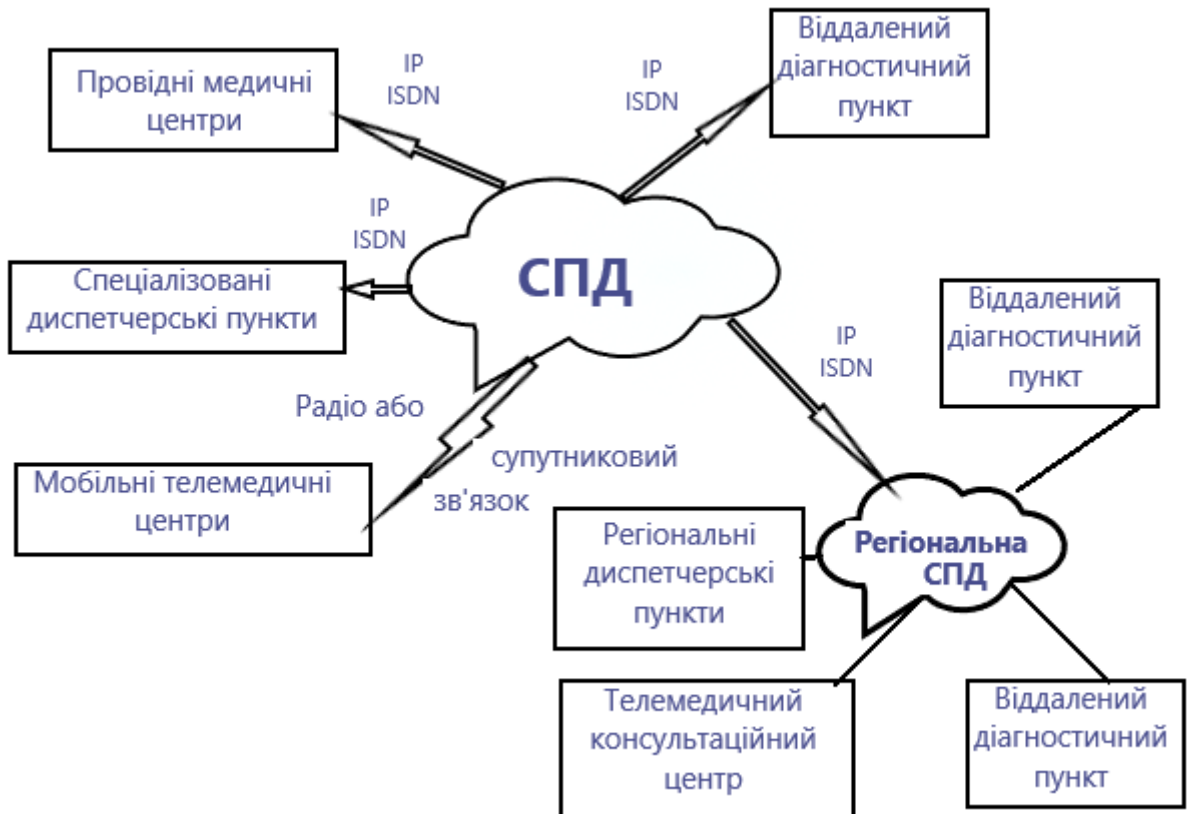


Рисунок 2.4 – Логічна структура ТММ

Консультаційний центр - медичний заклад, що має в штаті висококваліфікованих лікарів з різних напрямків медицини та відповідне обладнання для проведення дистанційних консультацій, консилиумів та лікувально-діагностичних процедур, а також організації навчання (проведення семінарів, лекцій) лікарів на віддалених станціях ТМС.

Диспетчерський пункт - виділена або така, що функціонує в складі інших елементів ТММ структура, яка виконує функції фільтрації запитів на консультування, планування і проведення консультацій, організації консилиумів, а також збору і поширення інформації про можливості консультаційних

центрів. Також містить службу адміністрування, що виконує функції супроводу мережної структури.

Віддалені пункти - особливим чином обладнаний медичний заклад, персонал якого безпосередньо взаємодіє з пацієнтами і виконує комплекс лікувальних, діагностичних, профілактичних і реабілітаційних процедур.

При необхідності в структурі ТММ формуються тимчасові осередки - наприклад, комплекс віддалених медичних підрозділів в місцях бойових дій або техногенних катастроф. Такі станції розгортаються і підключаються до ТММ з метою залучення груп досвідчених фахівців провідних центрів до вирішення оперативних проблем, що виникають в таких місцях. Отримання консультацій можливо цілодобово за рахунок різниці в часі у різних годинних поясах.

Ще одним необхідним елементом мережі телемедицини є служби мобільного телемедичної допомоги, для якої віддалені станції розгортаються на базі транспортних засобів - автомобілі, авіазасоби, засобах водного і залізничного транспорту.

#### 2.5.4 Структура апаратного забезпечення ТММ

У структурі апаратного забезпечення телемедичних систем виділяється 4 основних складових:

- інфраструктура передачі мультимедійної інформації,
- комп'ютерне обладнання загального профілю,
- спеціалізоване комп'ютерне обладнання,
- спеціалізоване медичне обладнання.

Каналоутворююче середовище ТММ (інфраструктура передачі мультимедійної інформації) не залежить від носія інформації - це можуть бути кабельні провідні структури, волоконно-оптичні канали та канали супутникового і радіозв'язку. Устаткування і канали забезпечують передачу різномірної

інформації - алфавітно-цифрова та графічна, відео та аудіо потоків, а також цифрових і аналогових сигналів, що знімаються з датчиків, і переданих на органи управління діагностичної та лікувальної апаратури.

Кінцеве обладнання виконує перетворення і узгодження сигналів, їх перекодування з одного формату в інший, а також здійснює їх компресію / декомпресію. Слід зазначити, що сучасні системи відеоконференцв'язку можуть ефективно працювати в різних мережевих топологіях, побудованих на основі протоколів IP, ISDN, ATM та інших.

В якості служб надання сервісів виступають розподілені сервера додатків і архівації. Організація багатоточкового відеоконференцв'язку, ведення розкладів консультацій і сервісів дистанційного навчання і тестування виконується на серверах додатків. Служби архівації забезпечують довгострокове зберігання великих обсягів інформації, їх каталогізацію і пошук.

Комп'ютерне обладнання загального профілю служить для організації робочих місць лікаря - консультанта і лікаря, пультів централізованого моніторингу, а також для обладнання конференц-залів. До його складу входять комп'ютери різної архітектури і призначення (настільні ПК, робочі станції, мобільні і переносні комп'ютери класу Notebook і PDA, спеціалізовані і вбудовані системи). Крім комп'ютерів сюди входить різне периферійне устаткування - кодеки відеокоференцій, відеокамери, аудіосистеми, різні дигітайзери і принтери.

Склад спеціалізованого комп'ютерного обладнання визначається виходячи з потреб конкретних медичних програм і може містити спеціалізовані сканери, пристрої управління, спеціалізовані системи відображення відеографічної інформації, а також пристрою сполучення комп'ютерного та спеціалізованого медичного обладнання.

Діагностичне, лікувальне та реабілітаційне обладнання може підключатися до ТММ безпосередньо і через пристрої сполучення. При неможливості або недоцільності такого підключення інформація з такого обладнання може перетворюватися в цифрову форму з використанням спеціального об-

ладнання - сканерів, дигітайзерів і т.п. або вводиться з клавіатури.

Для використання в телемедичних мережах оптимально підходить спеціалізоване медичне обладнання, що має візуальний або акустичний зворотний зв'язок з лікарем, а також вбудовану мережеву підтримку. Для кардіології це можуть бути ангіографічні установки і різні ехографи, в пульмонології - це бронхоскоп, в гастроентерології - гастроскопи, в дерматології і ендоскопії - дерматоскопи і відеокамери з ендоскопічними насадками. Також це може бути діагностичне обладнання широкого профілю - апарати для ультразвукового дослідження, ЯМР-томографи, мікроскопи, стетоскопи та інше обладнання.

Захист, збереження переданої інформації, авторизація доступу до ТММ, і нарешті, за забезпечення живучості мережі в різних режимах функціонування (мирний час, надзвичайні події тощо) утворює комплекс програмно-апаратних засобів та управлінських рішень системи безпеки ТММ.

Для забезпечення захисту інформації, що зберігається в архівах та передається по каналах зв'язку, використовуються апаратні та програмні криптографічні засоби.

Авторизація доступу лікарів до обладнання ТММ актуальна як при проведенні телеконсультацій для підтвердження повноважень фахівця, так при роботі з терміналами для запобігання несанкціонованому доступу до медичних даних. Засоби електронного підпису використовуються для верифікації документів, які реєструють результати телеконсультацій, віддаленого тестування тощо.

Доступ до ресурсів ТММ з зовнішніх мереж зв'язку закривається використанням систем - брандмауерів.

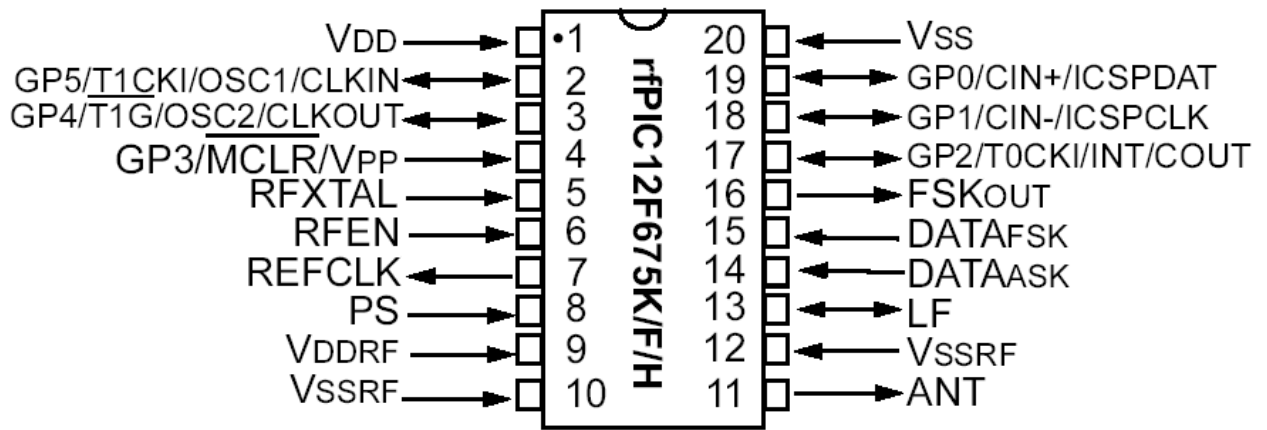
Живучість ТММ забезпечується як топологією ТММ, що має структуру дублюючих каналів різної фізичної природи і інтелектуальних комутаторів, так і заходами по роздільного архівного зберігання інформації [17].

## 2.6 Розробка схеми електричної принципової гібридного модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа

В основу модуля телеметричного каналу даних покладено мікроконтролер фірми Microchip, що має вбудований радіопередавач rfPIC12F675. Характеристики даного мікроконтролера представлені нижче [18]:

- має 35 інструкцій;
- прецизійний вбудований тактовий генератор 4МГц відкалібрований з точністю 1%;
- наявність зовнішніх переривань;
- 8-ми рівневий апаратний стек;
- безпосередній, непрямий і відносний режими адресації;
- програмований захисту коду;
- 6 ліній введення-виведення загального призначення з високою навантажувальною здатністю;
- аналоговий компаратор з 16-ю внутрішніми опорними напруженнями;
- 10-бітний аналого-цифровий перетворювач на 4 канали;
- один 8- і один 16-розрядний таймер -лічильник;
- підтримка внутрисхемного послідовного програмування;
- низьке споживання електричної енергії;
- широкий діапазон напруг живлення: від 2 до 5.5В;
- вбудований генератор, кільцевий фільтр і підсилювач потужності для передавача;
- швидкість передавача при амплітудної модуляції 0-40Кб / с;
- швидкість передавача при частотної модуляції 0-40Кб /с.

Распінювка мікроконтролера rfPIC12F675та зовнішній вигляд мікросхеми представлені на рис.2.5.



Распиновка мікроконтролера rfPIC12F675

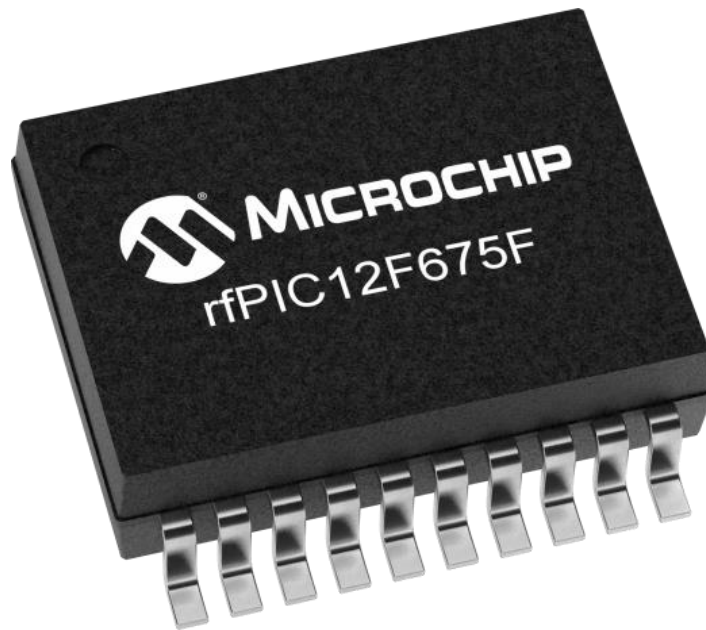


Рисунок 2.5 – Распиновка мікроконтролера rfPIC12F675та зовнішній вигляд мікросхеми

Електричне живлення модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа здійснюється як від акумуляторів, так і від мережі. Для забезпечення електричної безпеки при роботі від мережі змінного напруги 220В частотою 50Гц використаний мініатюрний ізольований нерегульований DC-DC перетворювач DCP020515. Характеристики перетворювача представлені нижче:

- ККД - до 89%;
- температурний захист;
- можливість синхронізації при каскадному включенні;

- розсіює потужність 106Вт / дюйм<sup>2</sup>.

Структура перетворювача DCP020515 представлена на рис.2.6.

Для посилення електрокардіографічного сигналу, що знімається з електродів, використано диференційний операційний підсилювач з низьким входним струмом фірми Texas Instruments INA116. Основні характеристики даного підсилювача представлені нижче:

- низьке значення входного струму: 3фА;
- захисний ланцюг;
- низьке значення напруги зсуву: 2мВ максимум;
- захист від перенапруги до 40В.

Структура підсилювача INA116 представлена на рис.2.7.

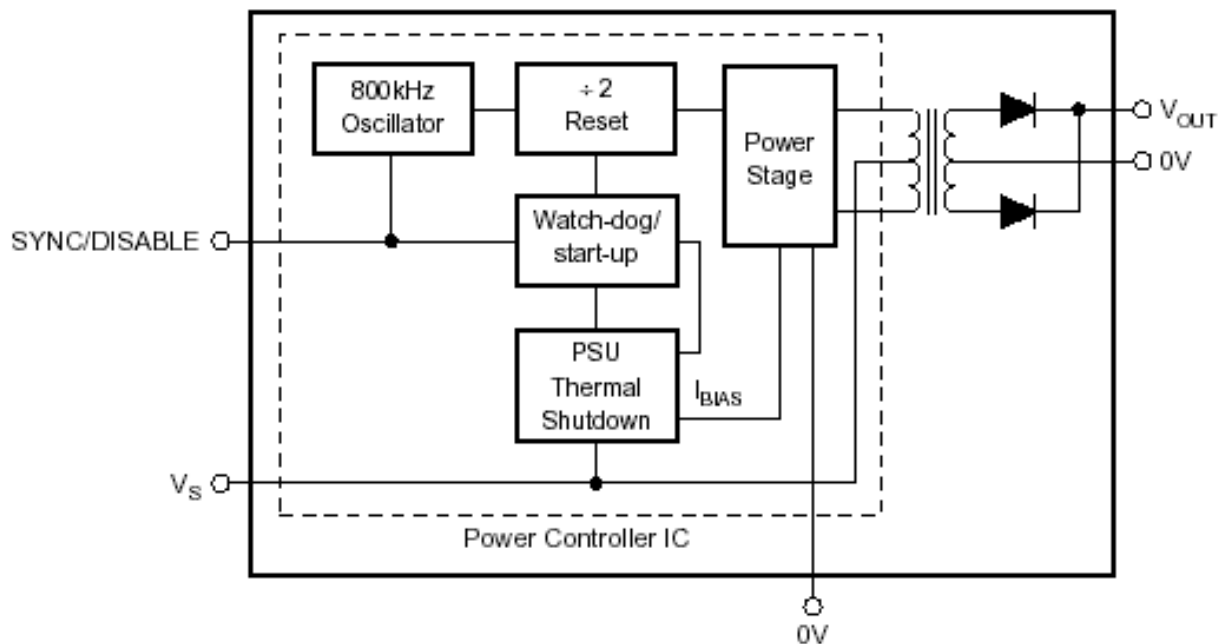


Рисунок 2.6 – Структура перетворювача DCP020515



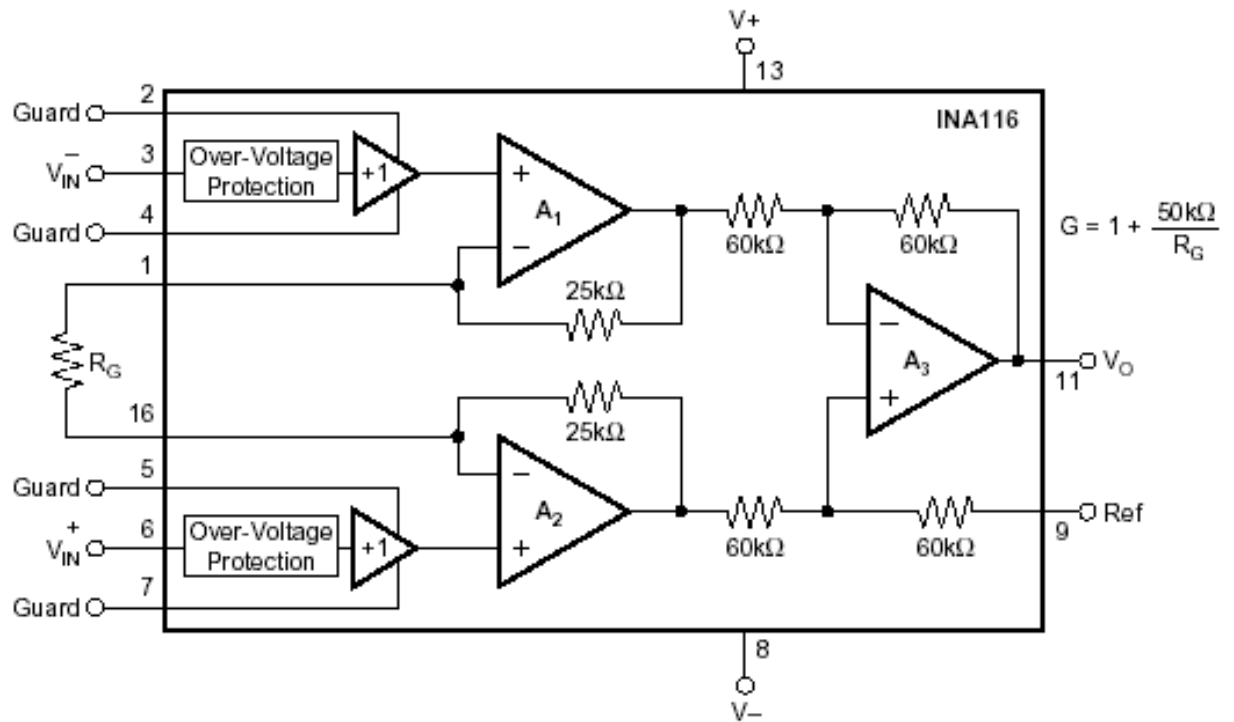


Рисунок 2.7 – Структура підсилювача INA116

Щоб уникнути збоїв в роботі модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа в ланцюзі живлення мікроконтролера встановлений супервізор напруги V6309. Основні характеристики супервізора наведені нижче:

- прецизійний моніторинг 3, 3.3, 5В джерел напруги;
- температурний діапазон від -40°C до + 125°C;
- струм споживання: 16мкА;
- немає необхідності в зовнішніх компонентах.

Распінровка мікросхеми V6309 представлена на рис.2.8.

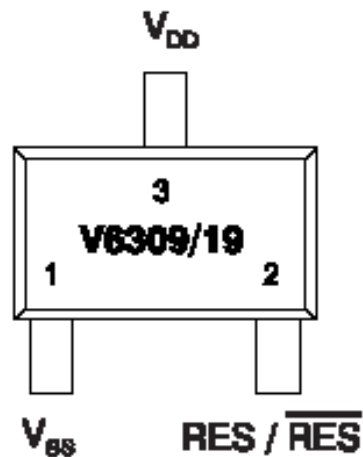


Рисунок 2.8 – Распінровка мікросхеми V6309

Для підключення восьми каналів відведень в модулі телеметричного каналу даних електрокардіографа використаний 8-канальний аналоговий мультиплексор CD4051BC. Основні характеристики мультиплексора CD4051BC представлені нижче:

- широкий діапазон вхідних цифрового і аналогового напруги;
- низьке значення опору включення: 80 Ом;
- високе значення опору виключення:  $\pm 10$  пА.

Распінровка мультиплексора CD4051BC представлена на рис.2.9.

Розроблена електрична принципова схема модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа представлена на рис.2.10. Перелік елементів (Додаток А).

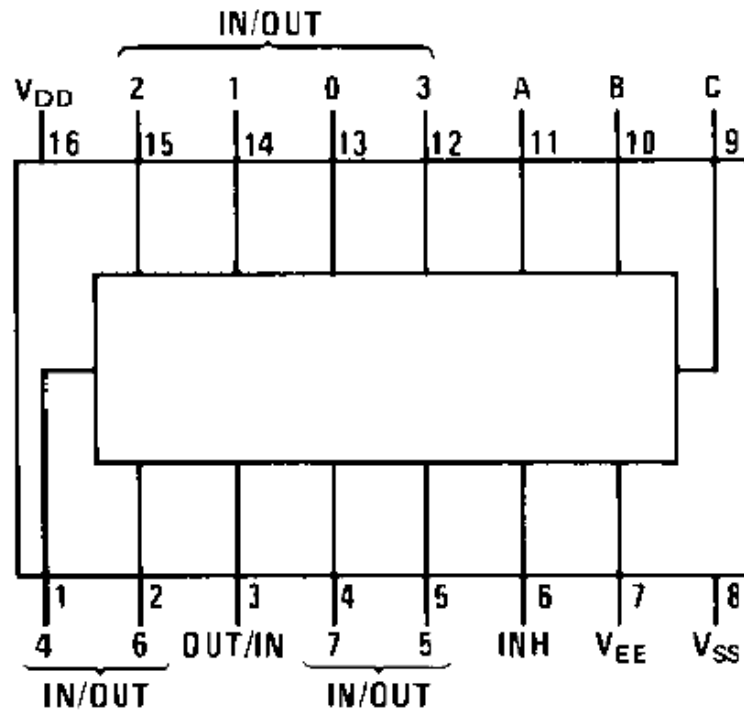


Рисунок 2.9 – Распиновка мультиплексора CD4051BC

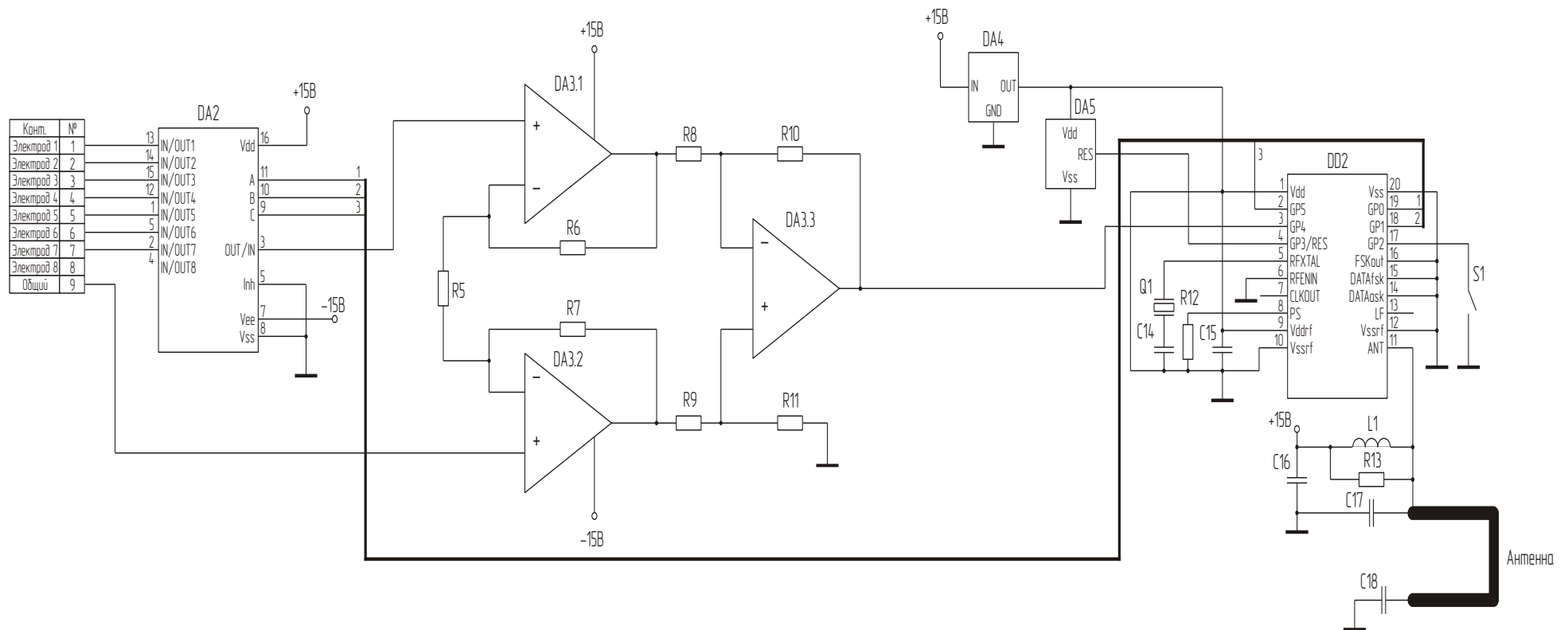


Рисунок 2.10 – Электрична принципова схема модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа

## 2.7 Дослідження розробленої схеми

Дослідження розробленої схеми проводилося в програмному середовищі Electronic Workbench. Моделювання піддавалася схема диференціального підсилювача електрокардіографічного сигналу з електродів.

Моделювання підсилювача проводилося для двох випадків: при подачі сигналу 5мВ частотою 50 Гц на неінвертуючий вхід підсилювача, і при подачі сигналів 5мВ 50Гц на неінвертуючий і інвертуючий входи підсилювача. Перше дослідження проводилося з метою перевірки працездатності підсилювача із заданим коефіцієнтом посилення. Друге дослідження проводилося з метою перевірки вибіркової диференційної здатності підсилювача.

Електричні моделі для першого і другого дослідження представлені на рис.2.11, 2.12.

Результати моделювання спостерігалися на екрані віртуального осцилографа і представлені на рис. 2.13 а, б.

Як видно з рис.2.13 а коефіцієнт посилення підсилювача склав 250.

З рис.2.13 б видно, що коефіцієнт посилення синфазної перешкоди становить 0.

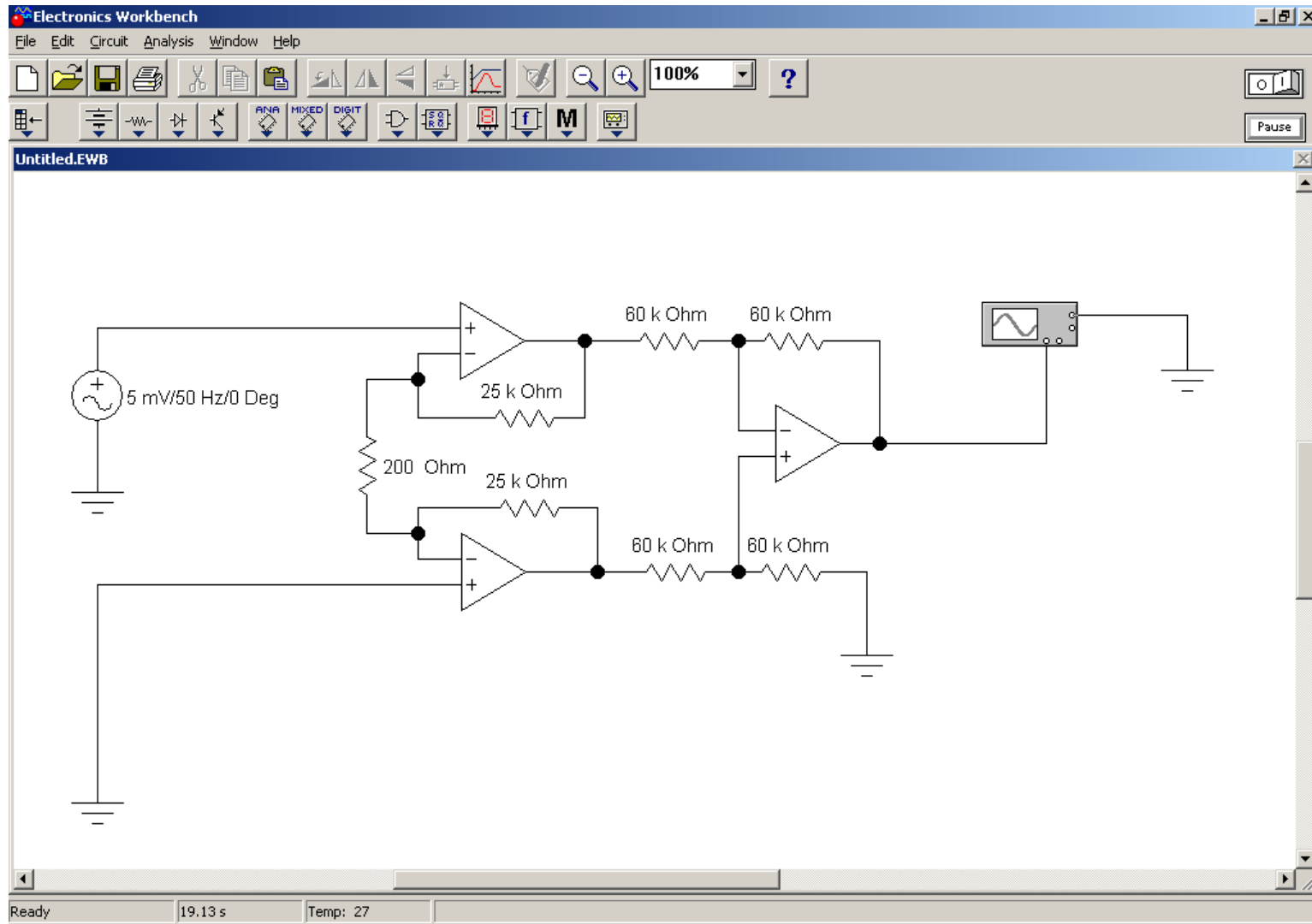


Рисунок 2.11 - Електрична модель диференційного підсилювача в режимі посилення

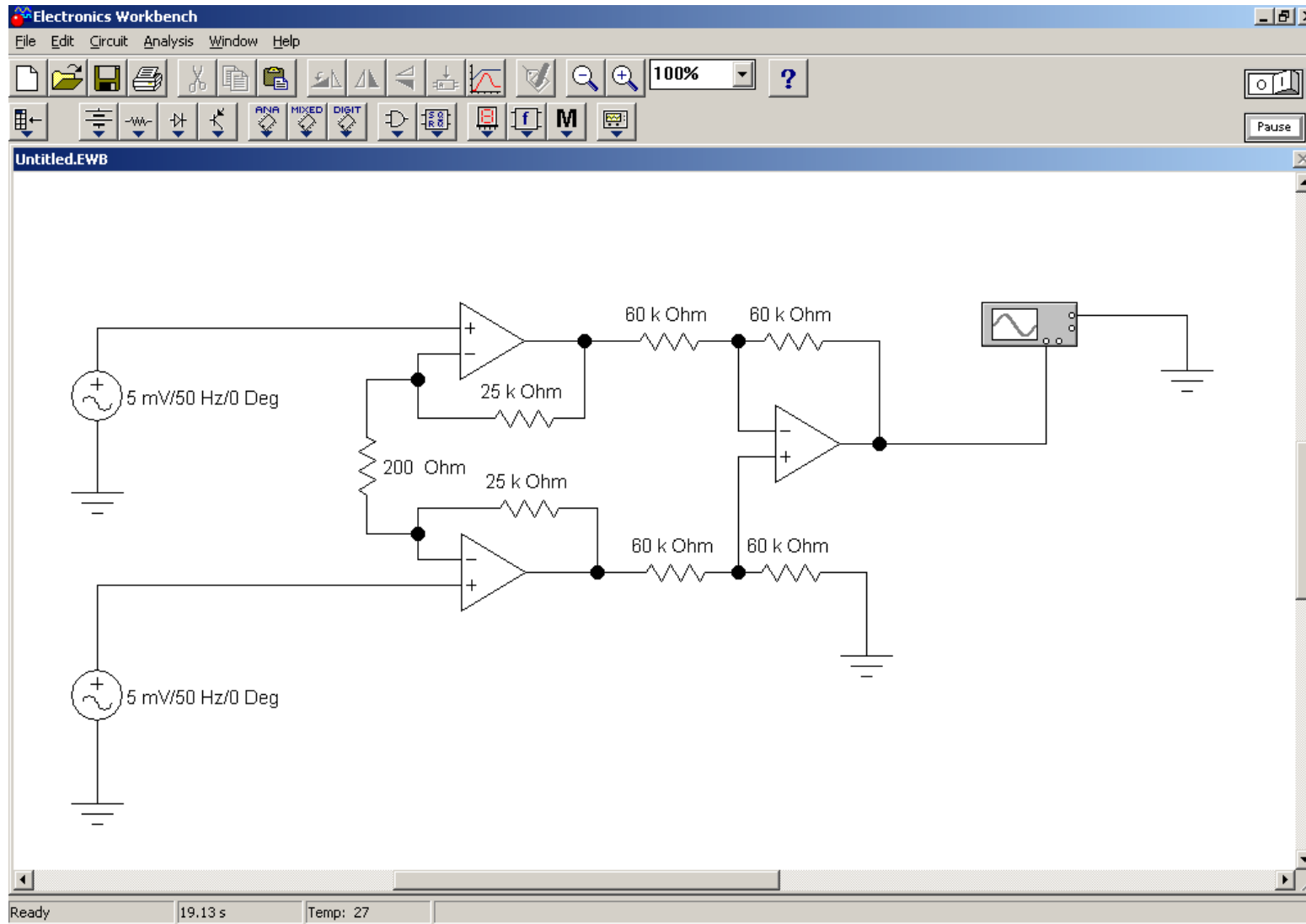
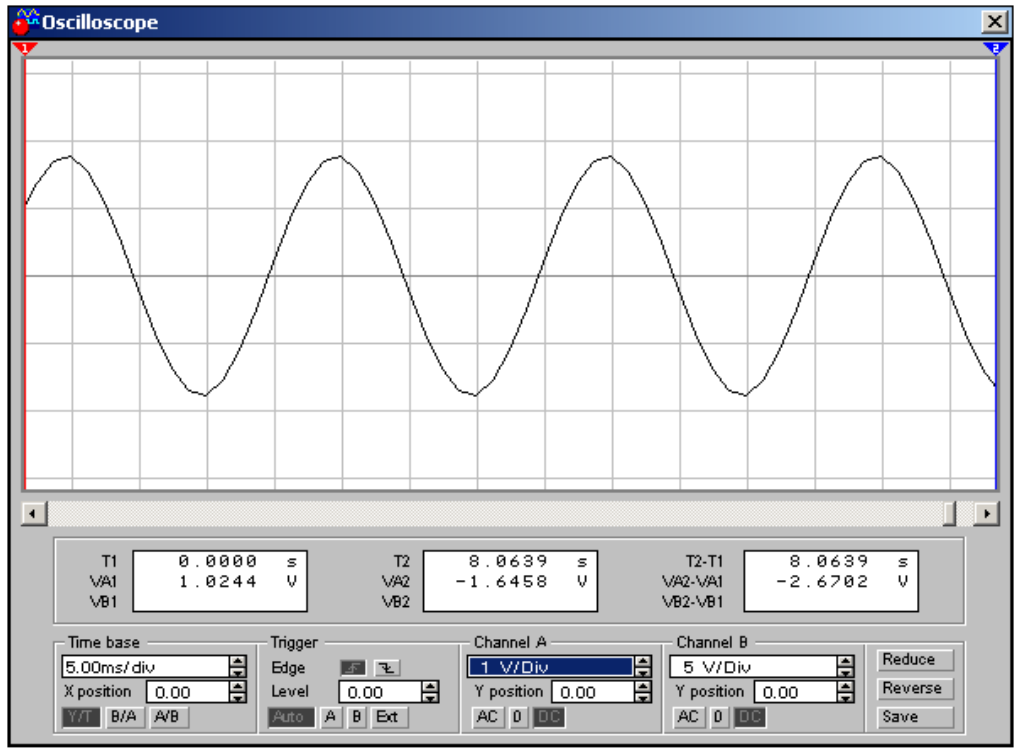
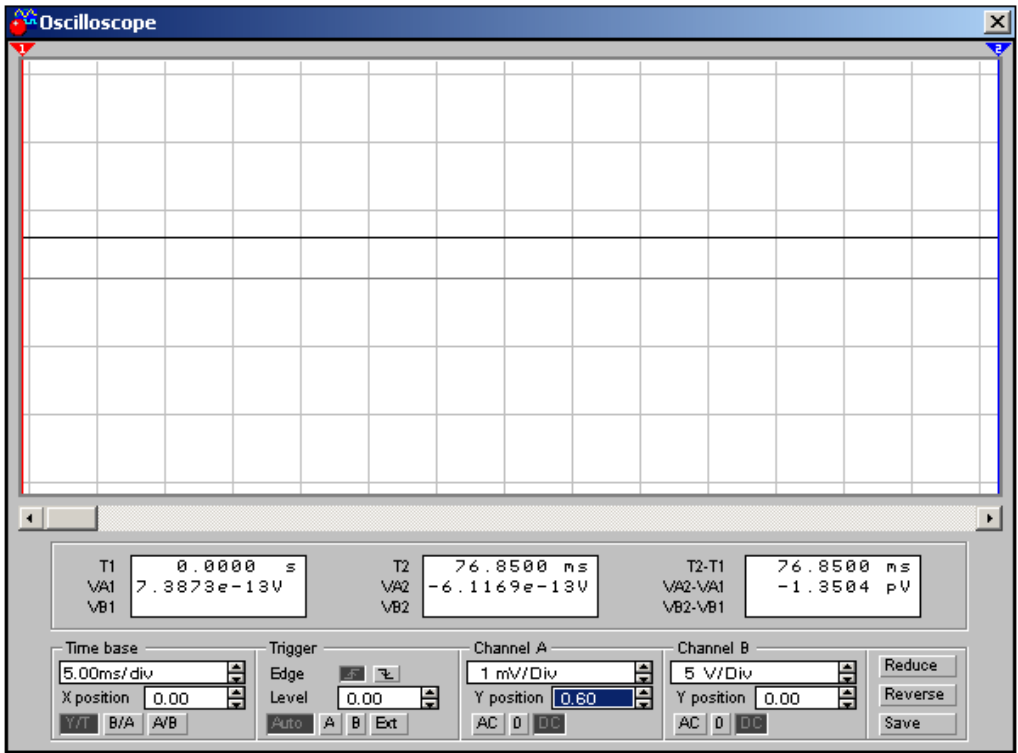


Рисунок 2.12 - Електрична модель диференційного підсилювача в режимі відсічення синфазної перешкоди



a)



б)

а) - режим посилення

б) - диференційний режим

Рисунок 2.13 – Результати моделювання



## 2.8 Розробка топології гібридного модуля

### 2.8.1 Вибір елементної бази

Для реалізації гібридного модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа вибираємо безкорпусні версії кристалів наступних мікросхем:

- rfPIC12F675: кристал - rfPIC12F675NS-4I
- INA116: кристал - INA116WS
- CD4051BC: кристал - CD4051BC -WP
- LP2950: кристал - LP2950-SSO
- V6903: кристал - V6903-I3

Розпайка виводів даних мікросхем проводиться на контактних майданчиках, розташування яких вибиралося виходячи з геометричної форми і розмірів кристала.

### 2.8.2 Створення міжелектродних з'єднань

Розміщення компонентів, що входять до складу гібридного модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа виконувалося з міркувань мінімальної площі, а також зручності створення міжелектродних з'єднань. Середнє значення відстані між елементами склало 1.5 мм. Після розміщення компонентів на пластині було проведено створення міжелектродних з'єднань відповідно до терморегуляції кристала та розробленої електричної схеми. З огляду на складність електричної схеми модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа, а також значне число міжелектродних з'єднань було прийнято рішення про створення двох провідних шарів.

Результати розробки топології модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа представлені на рис.2.14 - 2.16.

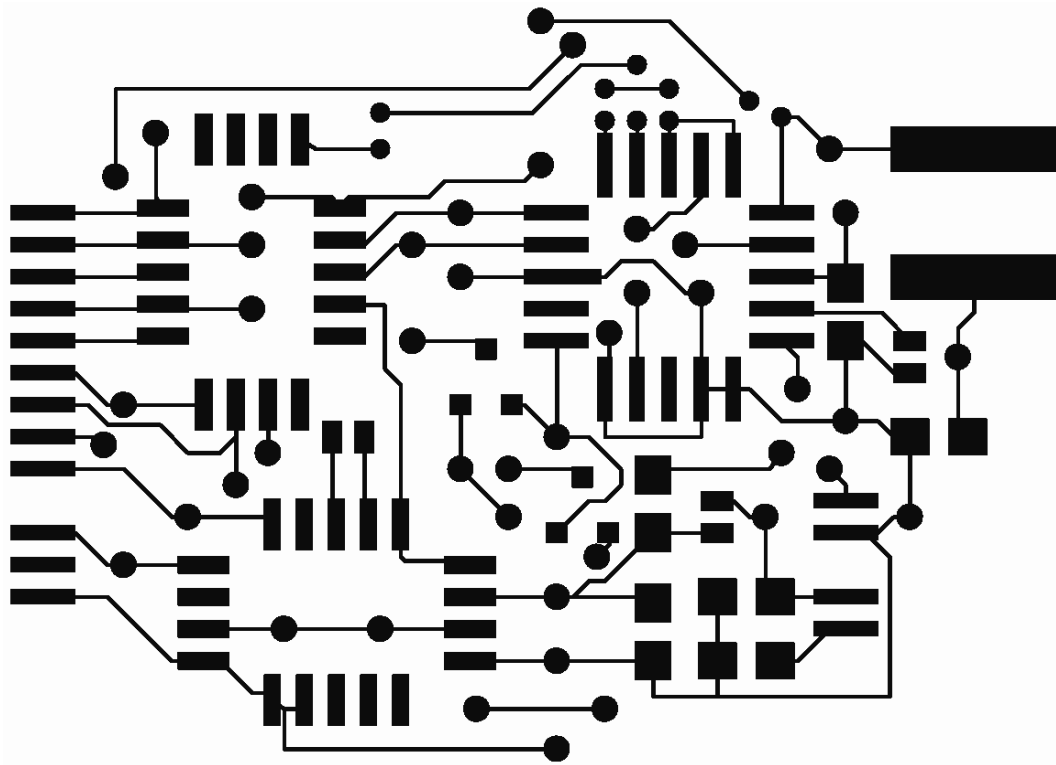


Рисунок 2.14 – Перший провідний шар гібридного модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа

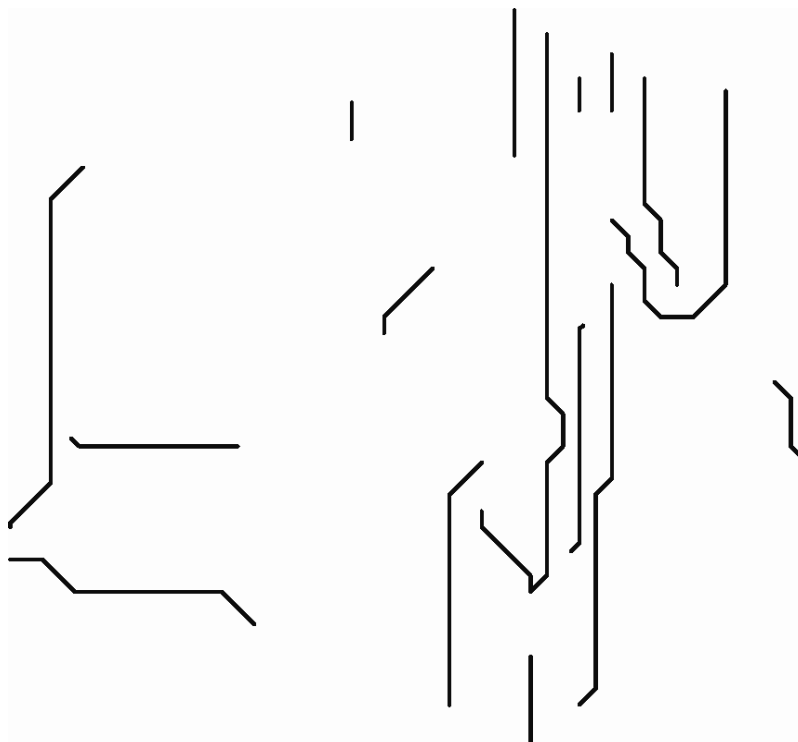


Рисунок 2.15 – Другий провідний шар гібридного модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа

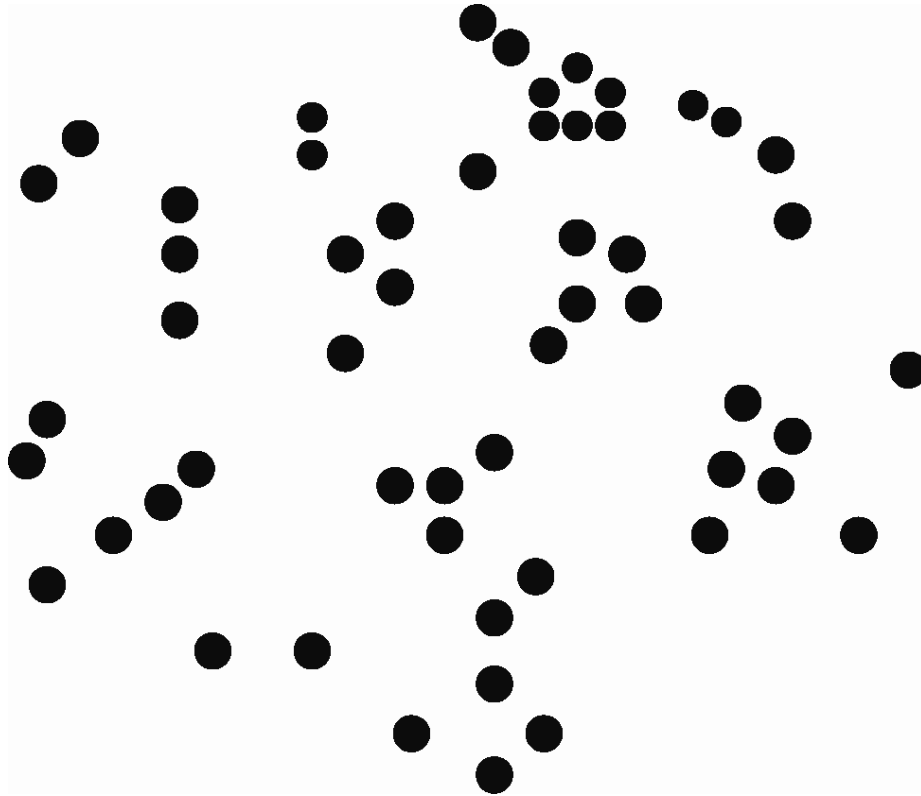


Рисунок 2.16 – Маска для нанесення міжшарових з'єднань

Моделювання розробленої схеми в програмному симуляторі Electronics Workbench показало повну її працездатність.

## 2.9 Моделювання серцево-судинної системи людини

Розглянемо просту модель роботи серцево-судинної системи, побудовану на основі поняття «еластичного резервуару» Франка [19].

Диференціальне рівняння, що приблизно описує процес кровоструму з лівого шлуночку серця в аорту (систола) і з аорти впериферичні судини організму (діастола), має вигляд:

$$C \cdot \frac{dP}{dt} + \frac{P}{R} = Q(t) \quad (2.1)$$

де  $C$  - еластичність стінок камери аорти,

$P$  - тиск в камері аорти,

$R$  - гідравлічний опір периферичної судинної системи,

$Q(t)$  - імпульси потоку крові з лівого шлуночка серця в камеру аорти.

У цій моделі лівий шлуночок серця є джерелом імпульсів потоку крові, а аорта є камерою з еластичними пружними стінками. Під дією пружних сил стиснення стінок аорти кров видавлюється в периферичні судини організму і в результаті відбувається її відтік з аорти. При цьому процес відтоку крові з аорти походить не миттєво, а із затримкою за часом, яка є складною функцією пружності стінок аорти, в'язкості крові, гідравлічного опору судинної системи то що.

Рівняння моделі перетворимо у вигляд, зручний для структурного моделювання:

$$\frac{dP}{dt} = K_1 \cdot Q(t) - K_2 \cdot P(t - \tau) \quad , \quad (2.2)$$

де  $K_1, K_2$  – коефіцієнти, що встановлюються в процесі розв'язання задачі.

Розроблено структурну модель процесу в програмному середовищі Electronic Workbench. Вихідний сигнал  $X$  поступає на віртуальний осцилограф. Вибір параметрів схеми відбувається з урахуванням частоти пульсу 1-1.5 Гц. Частота пульсацій потоку крові із лівого шлуночку моделюється позитивними півхвилями джерела синусоїдальної напруги з бібліотеки програм.

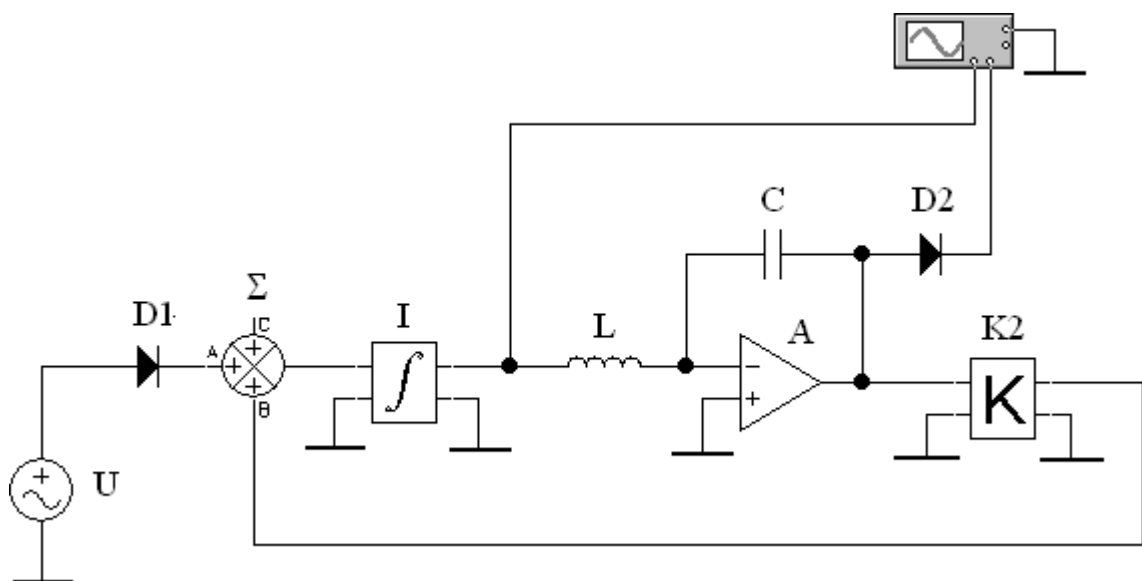


Рисунок 2.17 - Структурна схема простої моделі серцево-судинної системи людини

Параметри елементів структурної схеми:

$$U = K_1 \cdot Q(t) = K_1 \cdot Q_m \sin(2\pi f t), D_1-D_2-\text{ідеальні діоди, } \Sigma -\text{підсумкова ланка, } -$$

інтегруюча ланка,  $L=1\text{Гн}$ ,  $C=1000\text{ мкФ}$ ,  $A$  – ідеальний операційний підсилювач ланки транспортного запізнення,  $K_2$ –підсилювальна ланка, коефіцієнт підсилення якої складає 0,8.

Інтегральні криві та фазовий портрет поведінки системи в динаміці представлені на рисунках 2.18, 2.19. Виходить, що в даній системі протягом певного часу встановлюється стійкий коливальний режим, що узгоджується з існуванням в живому організмі періодичних повторювальних змінних процесів.

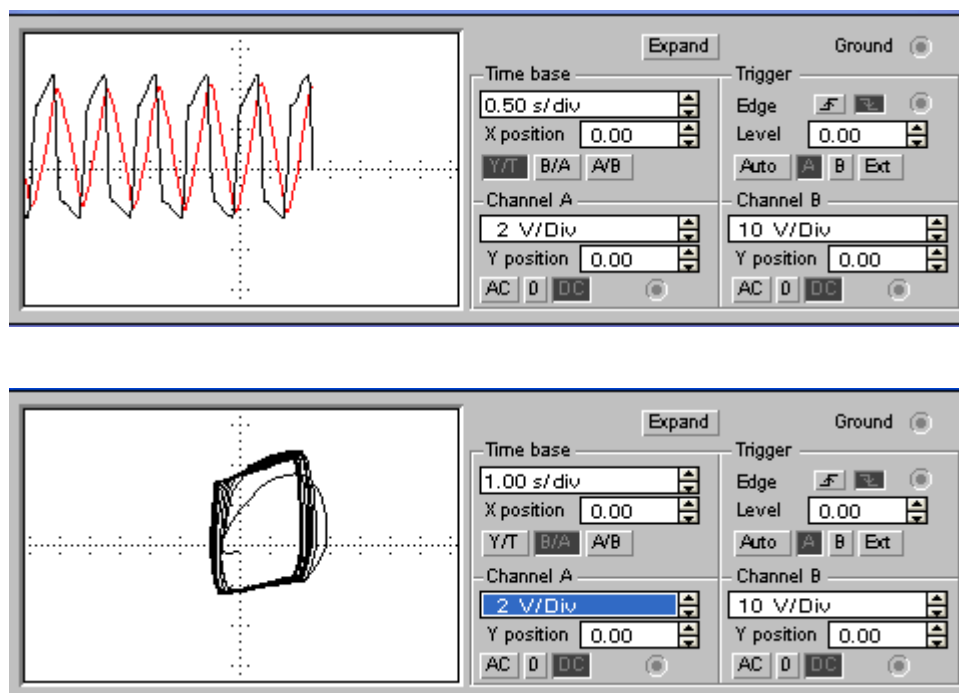


Рисунок 2.18- Інтегральні криві (а) та фазовий портрет (б) поведінки моделі серцево-судинної системи людини в динаміці

### 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

До початку ХХІ століття електрокардіографія стала одним з найпоширеніших і найбільш доступних методів дослідження серцевої діяльності. Досить зазначити, що в США щорічно реєструється понад 20 млн. ЕКГ [20]. У той час як в умовах поліклініки або стаціонару реєстрація ЕКГ спокою є рутинною процедурою, запис ЕКГ в домашніх умовах, особливо в ургентній ситуації, пов'язана з відомими труднощами.

Ці труднощі, перш за все, пов'язані з стійким уявленням про необхідність виконання цієї процедури спеціально навченим медичним персоналом і відсутністю у пацієнта в момент раптово нападу необхідного обладнання для запису і передачі електрокардіосигналу (ЕКС).

Подолання цих труднощів стало можливим, завдяки виникненню і бурхливому розвитку телемедицини та одного з її напрямків - ЕКГ-телеметрії. Вже створені і є у продажу пристрої знімання інформації (УСІ), що дозволяють зареєструвати і передавати ЕКГ по телефонному каналу в дистанційний консультативний центр (ДКЦ), де пацієнт або лікар може отримати необхідну консультацію. Досвід роботи таких консультативних центрів, які надають пацієнтові можливість мати при собі УСІ і при необхідності передавати ЕКГ лікарю ДКЦ, показав принципову можливість включення пацієнта в діагностичний процес і перспективність широкого використання ЕКГ-телеметрії.

#### 3.1 Огляд електрокардіографів

Стандартний електрокардіограф ЮКАРД-100 (рис.3.1) є основним функціональним елементом кардіологічного телеметричного комплексу. Електрокардіограф ЮКАРД-100 оснащений усіма необхідними вбудованими модулями для передачі ЕКГ і роботи в системі кардіологічного телеметричного комплексу і не вимагає ніяких зовнішніх пристроїв для комунікації. ЮКАРД-100 може передавати ЕКГ по захищеним цифровим каналам зв'язку (GSM), включаючи

мережевий доступ (GPRS, CDMA), а також по дротових телефонних лініях (Dial-Up). Передати в діагностичний центр можна як тільки що зареєстровану електрокардіограму, так і будь-яку електрокардіограму, яка збережена в незалежній пам'яті електрокардіографа, незалежно від часу її реєстрації.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд електрокардіографа ЮКАРД-100 [20]

### Характеристики

Вхідний опір > 10 МОм

Придушення синфазних перешкод > 100 дБ

Діапазон вимірювань ЧСС 20 - 280 1 / хв

Діапазон вхідних напруг від 0.03 до 5 мВ

Частота дискретизації 1600 Гц

Діапазон частот 0,05-150 Гц

Постійна часу не менше 3.2 з

Швидкість розгортки 10, 25, 50 мм / с

Живлення від мережі змінного струму 220 В, вбудованого акумулятора (2 години роботи) або бортової мережі автомобіля потужність <15 ВА

Захист IEC60601-1, клас II, тип CF

Вихід USB, Dial-Up модем, GSM модем

Габарити 250 x 150 x 65

Вага 2,0 кг

Ціна 48000 грн.

Неасо 300G - це переносний трьохканальний електрокардіограф з дванадцятьма відведеннями (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 –Зовнішній вигляд електрокардіографа Неасо 300G [21]

Він зручний, як для роботи лікарів в кабінетах функціональної діагностики, так і для роботи пересувних машин невідкладної допомоги. Кардіограф 300G оснащений монохромним LCD дисплеєм для моніторингу всіх відведень і принтером для друку електрокардіограми. ЕКГ-апарат 300G включає можливість підключення до комп'ютера (опціонально). 300G може зберігати до 150 обстежень і забезпечує безперервну роботу в умовах без електромережі протягом 90 хвилин при постійній друку. А після закінчення обстеження кожного пацієнта електрокардіограф Неасо 300G виводить короткий діагноз. В цей стаціонарний кардіограф вбудовано сучасну систему фільтрації похибок і систему вирівнювання друку для створення ідеальної кривої. Принтер друкує зі швидкістю 5 мм / с, 6,25 мм / с, 12,5 мм / с, 25 мм / с і 50 мм / с в ручному і автоматичному режимі.

#### Характеристики

Габарити 315 x 150 x 77

Вага 2.250 кг

Живлення АС: 100V ~ 240V, 50 / 60Hz, 150 ВА DC: 7.4V, 3700 mAh перезарядна літієва батарея

Вихід USB, MIDI, цифровий дисплей



Ціна 16500 грн.

Додатково: вбудований динамік, можливість підключення до ПК, звукове сповіщення.

### 3.2 Порівняльний аналіз електрокардіографів за критеріями

Електрокардіографи різних виробників та кожен має свої позитивні та негативні якості. Для порівняння проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів враховуючи шкалу відносної важливості (табл.3.4) [22]

Таблиця 3.1 – Варіанти пристроїв

Технологія	Короткий опис (ФПП)
А	Електрокардіограф ЮКАРД-100
В	Електрокардіограф Неасо 300G
С	Запропонований пристрій

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.

Таблиця 3.3 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	$\sqrt[5]{\prod_{i=1}^5 \omega_i}$	$X_i$
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Діапазон частот	1	5	7	5	1/3	2,25	0,33
2. Чутливість	1/5	1	5	7	1/5	0,67	0,1
3. Живлення	1/7	1/5	1	1/3	1/7	0,27	0,04
4. Габаритні розміри	1/5	1/7	3	1	1/3	0,49	0,07
5. Вартість	3	5	7	3	1	3,15	0,46
$\Sigma$						6,83	1

Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію. Оскільки тепер порівнюються 3 технології по одному критерію, то  $i = 1, 2, 3$ ;

$$X_i = \frac{\sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}}{\sum_{i=1}^3 \sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}}, \quad (3.1)$$

де  $\Sigma$  - сума по стовпцю  $\sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}$ .

Таблиця 3.4 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «діапазон частот»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}$	$X_i$
A	1	5	1/3	1,18	0,29
B	1/5	1	1/5	0,34	0,09
C	3	5	1	2,46	0,62
$\Sigma$				3,98	1

Таблиця 3.5 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «чутливість»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X <sub>i</sub>
A	1	1/3	1/3	0,47	0,14
B	3	1	1/3	1	0,28
C	3	3	1	2,08	0,58
$\Sigma$				3,55	1

Таблиця 3.6 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «живлення»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X <sub>i</sub>
A	1	3	1/3	1	0,26
B	1/3	1	1/5	0,4	0,11
C	3	5	1	2,46	0,63
$\Sigma$				3,86	1

Таблиця 3.7 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «габаритні розміри»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X <sub>i</sub>
A	1	3	1	1,44	0,43
B	1/3	1	1/3	0,48	0,14
C	1	3	1	1,44	0,43
$\Sigma$				3,36	1

Таблиця 3.8 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X <sub>i</sub>
A	1	1/2	1/3	1,22	0,26
B	2	1	1/3	1,5	0,32
C	3	3	1	1,91	0,41
$\Sigma$				4,63	1

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт.

Таблиця 3.9 – Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	Глобальний
Вага	0,33	0,1	0,04	0,07	0,46	
Електрокардіограф ЮКАРД-100	0,29	0,4	0,26	0,43	0,26	0,2958
Електрокардіограф Неасо 300G	0,09	0,28	0,11	0,14	0,32	0,2191
Запропонований прист- рій	0,62	0,58	0,63	0,43	0,41	0,5065

З порівняння глобальних пріоритетів різних електрокардіографів (табл.3.12) видно, що найбільшим є пріоритет у розробленого пристрою.

Висновки: За допомогою методу аналізу ієрархій проведено порівняння трьох електрокардіографів різних виробників за наступними критеріями:1) частотний діапазон;2) чутливість;3) живлення; 4) габаритні розміри; 5) вартість;

Найбільший локальний пріоритет у критерію «вартість» (табл. 3.6). За даними таблиць глобальний пріоритет за багатьма критеріями є найвищим для запропонованого пристрою.

## 3.3 Розрахунок витрат на елементи електричної схеми

Таблиця 3.13 – Розрахунок вартості покупних виробів

Найменування елемента	Тип	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Мікроконтролер	NR8300FP-CC	1	127,00	127,00
Підсилювач	INA116	1	26,06	26,06
Мультиплексор	CD4051BC	1	0,26	7,26
Регулятор напруги	LP2950	1	19,00	19,00
Супервізор напруги	V6903	1	210,90	210,90
Печатна плата	Одношарова 30x20 мм	1	28,0	28,0
Разом				418,22

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

### 4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів при монтажі радіо-електронних компонентів

Згідно з «ГОСТ 12.0.003-74 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація» небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються за своєю природою дії на наступні групи:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні.

Підвиди фізичних небезпечних та шкідливих виробничі чинників, які зустрічаються в монтажному цеху:

- рухомі машини і механізми; рухомі частини виробничого обладнання; рухомі вироби, заготовки, матеріали; руйнуються конструкції;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- відсутність або нестача природного світла;
- підвищена яскравість світла;
- пряма і відбита близькість;
- гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;

За характером впливу на організм людини хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори поділяються на:

- токсичні;
- дратівливі;
- сенсibiliзуючі. [22]

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів та карта умов праці для робочого місця працівника монтажного відділу представлені в таблиці 4.1.

В даний час майже всі електромонтажні з'єднання радіоелектронної апаратури (РЕА) здійснюються пайкою. Технологічний процес пайки включає в себе випал ізоляції і лудіння.

При виконанні пайки на працюючих можуть впливати наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- наявність інфрачервоних випромінювань від розплавленого припою у ванні або від паяльника;
- наявність електромагнітного випромінювання високої частоти;
- дію ультразвуку на організм монтажника при пайці хвилею, яка утворюється за рахунок дії ультразвуку на розплавлений припій;
- вплив електростатичного заряду;
- незадовільна освітленість робочих місць або підвищена яскравість;
- незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні;
- вплив бризок і крапель розплавленого припою;
- ураження електричним струмом;
- група психофізіологічних шкідливих виробничих факторів: фізичні перевантаження (статичні і динамічні) і нервово-психічні (монотонність праці, емоційні перевантаження).

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу працівника монтажного відділу

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці			Час дії фактора, %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
				Перевищення ГДК у ... раз			
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м <sup>3</sup> : I клас безпеки - свинець II клас безпеки – їдкі луги III-IV клас безпеки	0,01 0,5	0,0105 0,51	0,05 0,02			80 20
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м <sup>3</sup>						
3	Вібрація (загальна і локальна), дБ						
4	Шум, дБ	80	82	0,02			75
5	Інфразвук, дБ						
6	Ультразвук, дБ						
7	Неіонізуючі випромінювання: - радіочастотний діапазон, В/м - діапазон промислової частоти, кВ/м - оптичний діапазон (лазерне випромінювання), Вт/м <sup>2</sup>						
8	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, 0С - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря, % - інфрачервоне випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	21 – 25 не більше 0,2 не більше 75	22 0,1 60				100 100 100
9	Важкість і напруженість праці	категорія важкості праці - легка, категорія напруженості праці - мало напружена					



Операції пайки, залуження та випалу ізоляції супроводжуються забрудненням повітряного середовища в приміщеннях:

- парами свинцю, олова, сурми та інших елементів, що входять до складу припою;
- парами каніфолі і різних рідин, застосовуваних для флюса, змивки і розчинення різних лаків, які застосовуються для покриття друкованих плат;
- парами соляної кислоти; газами (окис вуглецю, вуглеводню) і т.д.

Пари, потрапляючи в атмосферу цеху, конденсуються і перетворюються в аерозоль такої конденсації, частки якої за своєю дисперсності наближаються до диму.

Перебуваючи в запиленій атмосфері, робітники піддаються впливу пилу і парів; шкідливі речовини осідають на поверхні шкірного покриву, потрапляють на слизову оболонку порожнини рота, очей, верхніх дихальних шляхів, зі слиною заковтуються в травний тракт, вдихаються в легені. Поряд із забрудненням повітряного середовища забруднюються робочі поверхні, одяг і шкіряні покриви працюючих.

Особливо шкідливі при пайці олов'яно-свинцевими припоями пари свинцю. Свинець і його сполуки отруйні. Частина свинцю, що надійшов в організм, виводиться з нього через кишечник і нирки, а частина затримується в кістковій речовині, м'язах, мозку, печінки. При несприятливих умовах свинець починає циркулювати в крові, викликаючи явища свинцевого отруєння. Свинець викликає зміни в складі крові, вражає нервову систему, нирки і печінку.

Властивість свинцю накопичуватися в організмі призводить до хронічного отруєння при систематичному надходженні в організм навіть його малих кількостей. Для запобігання гострих і професійних захворювань вміст свинцю в повітряному середовищі не повинен перевищувати гранично допустимої концентрації –  $0,01 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$ .

У виробництві радіоелектронної апаратури крім олов'яно-свинцевих припоїв знаходять застосування припої, до складу яких входять мідь, літій, срібло, кадмій та інші метали. У деяких випадках пайка здійснюється шляхом занурення в розплавлені хлористі солі кадмію, натрію, бору, літію з додаванням активних добавок – фтористих солей. Пари більшості з перерахованих речовин, що утворюються при пайці, можуть мати шкідливий вплив на організм працюючих.

Найбільш небезпечні пари окису кадмію, міді і фтористі з'єднання. Не байдужі для організму також літій і хлористий цинк, які надають подразнюючу дію на шкіру і дихальні шляхи.

Пайка в атмосфері звичайними припоями проводиться із застосуванням флюсів.

Біологічна дія флюсів на організм людини залежить від компонентів, що входять до складу паяльних флюсів. Одні компоненти (каніфоль соснова, етил ацетат, олеїнова кислота та ін.) мають подразнюючу дію; інші (спирт етиловий) – наркотичну, треті (семікарбазид гідрохлорид, етиленгліколь) – високою токсичністю; дію четвертих (кремнійорганічна рідина) на організм ще недостатньо вивчено.

Деякі марки флюсів (ФГСп, ФДФс, ФСкСп і ін.) через високу токсичність рекомендується не застосовувати або обмежувати їх застосування. У всіх флюсах слід етиленгліколь замінювати гліцерином, так як він здатний проникати в організм навіть через неушкоджену шкіру.

Для видалення залишків флюсів після пайки в залежності від марки флюсу застосовуються різні мийні середовища, які володіють токсичними властивостями. [23]

#### 4.2 Розрахунок необхідного повітрообміну приміщення з виділенням шкідливих речовин

Вихідні данні:

- Об'єм монтажного цеху  $V = 20000 \text{ м}^3$ ;
- Паяння та лудіння проводиться м'яким припоєм ПОС-40 (в його склад входить  $t = 40\%$  свинцю);
- За 1 годину роботи витрачається  $m = 0,4 \text{ кг}$  припою;
- Кількість припою, що випаровується  $q = 0,3\%$ ;
- Число працюючих  $n = 25$  чоловік;
- Вміст парів свинцю в зовнішньому повітрі  $C_{\text{приг}} = 0$ ;
- Гранично-допустима концентрацію свинцю в повітрі робочої зони  $\text{ПДК}_{\text{рв}} = 0,01 \text{ мг/м}^3$ .

Визначити:

- Необхідний повітрообмін.

Рішення:

Визначаємо кількість свинцю, яке випарується за 1 годину роботи:

$$W = t \cdot m \cdot q \cdot 10^6 = 0,4 \cdot 0,4 \cdot 0,3\% \cdot 10^6 = 480 \frac{\text{мг}}{\text{год}} \quad (4.1)$$

де  $10^6$  – коефіцієнт для перекладу з кг/год в мг/год.

Визначаємо кількість повітря, яке потрібно подати в робочу зону для того, щоб концентрація свинцю в робочому обсязі не перевищувала значень ГДК:

$$G = \frac{W}{C - C_{\text{приг}}} = \frac{480}{0,01 - 0} = 4,8 \cdot 10^4 \text{ м}^3 \quad (4.2)$$

Визначаємо кількість повітря, яке потрібно подати в робочу зону для того, щоб забезпечити необхідну кількість повітря на працюючого:

$$G_1 = n \cdot G = 25 \cdot 60 = 1500 \text{ —}^3 \quad (4.3)$$

де  $G$  – норма подачі припливного повітря на 1 людину, яка дорівнює  $60 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Порівнюючи норми подачі  $G$  і  $G_1$  для подальших розрахунків приймаємо більшого значення, тобто значення  $G$ . [49]

Знаходимо кратність повітрообміну:

$$k = \frac{G}{v} = \frac{4,8 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^4} = 2,4 \frac{1}{\text{год}} \quad (4.4)$$

#### 4.3 Заходи з поліпшення умов праці та виробнича санітарія

Метеорологічні умови в приміщенні – температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». [24]

З огляду на шкідливість вихідних компонентів, що входять до складу припоїв, флюсів, миючих середовищ, і забруднення атмосфери виробничих приміщень пилом, парами і газами, для досягнення сприятливих умов праці необхідно провести комплекс наступних заходів:

1) Ділянки, на яких зосереджені операції пайки, виділяють в окремі приміщення. Якщо пайки проводяться на потоковій лінії при чергуванні їх з іншими технологічними операціями, виробничі приміщення в цьому випадку розглядають як приміщення, призначені для пайки.

2) Стіни, віконні рами, опалювальні прилади, повітроводи повинні бути гладкими і покриваються олійною фарбою світлих тонів (панелі на рівні 1,5 -

2 м від підлоги краще облицювати плиткою). Підлоги повинні бути водонепроникними, мати підвищену міцність і стійкістю до стирання і займання, без щілин і мати ухили до трапів каналізації. На ділянках пайки їх миють після кожної зміни. Не рідше одного разу на тиждень роблять вологе прибирання всього приміщення.

3. При ручній пайці і випалюванні ізоляції з метою захисту від ураження електричним струмом електропаяльник і електрообпал повинні працювати від електромережі напругою не вище 42 В.

4. Прибирання обладнання проводиться із застосуванням пневмозбиральної системи. Робочі поверхні столів, ящиків для зберігання інструментів та тара в кінці зміни очищаються і обмиваються гарячим мильним розчином.

5. Використані серветки і ганчір'я після зміни повинні спалюватися, повторне їх використання не допускається.

6. Шафи для зберігання робочого одягу та особистих речей щотижня всередині і зовні обмиваються гарячою водою з милом.

7. Експлуатація ділянок пайки, не обладнаних витяжною вентиляцією, забороняється. Вентиляційні установки повинні включатися до початка робіт і вимикатися після їх закінчення.

8. Приміщення, в яких розміщуються ділянки пайки, обладнуються відокремленою припливно-витяжною вентиляцією. Приплив повітря повинен складати 95% обсягу витяжки. Відсутні 5%, припливного повітря надходять із суміжних, більш чистих приміщень.

9. Особи, які не досягли 18-річного віку, до постійної роботи з припоями, що містять свинець і кадмій, не допускаються.

10. Жінки, зайняті паянням, в період вагітності і годування дітей переводяться на роботу, не пов'язану з пайкою.

11. Працівники повинні бути проінструктовані про запобіжні заходи при поводженні з припоями та флюсами. Особлива увага при інструктажі слід приділяти питанням особистої гігієни.

Місця, відведені для куріння, а також кімнати для прийому їжі і виробничі ділянки обладнуються умивальниками, до яких безперебійно повинна подаватися гаряча і холодна вода. Біля умивальників передбачаються банки з 1%-ним розчином оцтової кислоти або змивочні пасти на основі ОП-7 для попереднього обмивання рук з подальшим миттям їх теплою водою з милом. Перед прийомом їжі і курінням обов'язково мити руки і полоскати порожнину рота. Для обтирання рук застосовуються разові серветки. Застосування рушників загального користування не дозволяється.

Для захисту шкіри рук від впливу сенсibiliзуючих речовин, що входять до складу флюсів, застосовують захисні мазі і пасти, казеїнову пасту і біологічні рукавички, які наносять на шкіру перед початком роботи і після обідньої перерви. Після роботи для шкіри рук необхідно застосовувати жирні живильні креми.

Питну воду для працюючих на ділянках пайки слід подавати через фонтанчики, які встановлюються поза паяльних ділянок, але поблизу їх.

Паяльні роботи повинні виконуватися робітниками в передбаченому для цієї мети спецодязі (бавовняний халат, гумові рукавички, тапочки на шкіряній підшві, захисні окуляри), який забороняється забирати додому. У приміщеннях, де проводиться паяння, забороняється зберігати спецодяг, особисті речі, приймати і зберігати їжу, питну воду, а також палити. Перебувати в приміщеннях для прийому їжі, їдальнях та буфетах в робочому одязі забороняється. [25]

#### 4.4 Електробезпека

Оскільки в приміщенні відділу знаходиться електроустаткування, основні заходи щодо техніки безпеки повинні здійснюватись відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Порядок навчання і перевірки знань працівників має бути відповідним до галузевого положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці узгодженого з Держнаглядом охорони праці, а також до вимог до електротехнічної обслуги, які містяться в ПТЕ.

Первинний (під час прийняття на роботу) та періодичний (протягом трудової діяльності) медичний огляд працівників проводиться згідно з Положенням про медичний огляд працівників певних категорій.

Працівники, що обслуговують електроустановки, зобов'язані знати ці Правила відповідно до займаної посади чи роботи, яку вони виконують, і мати відповідну групу з електробезпеки.

Забороняється допускати до роботи в електроустановках осіб, які не пройшли навчання і перевірку знань цих Правил.

Ті працівники, зайняті виконанням спеціальних видів робіт, до яких висуваються додаткові вимоги безпеки, мають бути навчені безпечному виконанню таких робіт і мати відповідний запис про це у посвідченні з перевірки знань з питань охорони праці.

Працівник допускається до роботи в електроустановках до 1000 В або до і вище 1000 В.

Кожний працівник особисто відповідає за свої дії в частині дотримання вимог цих Правил.

У випадку, якщо працівник самостійно не спроможний вжити дійових заходів з усунення виявлених ним порушень Правил, він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника, а у випадку його відсутності – керівника вищого рівня.

В разі нещасних випадків з людьми зняття напруги для звільнення потерпілого від дії електричного струму має бути виконано негайно, без попереднього дозволу.[25]

Електричні мережі і установки у приміщенні відділу виконані так, що струмопровідні частини їх недоступні для випадкового дотику, по периметру приміщення проведено заземлюючий контур, підлога дерев'яна для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики, також передбачена система аварійного відключення електрики в разі поломки або аварійної ситуації.

Розроблений в дипломній роботі модуль є складовою частиною системи, що реалізує концепцію розвитку і експлуатації телемедичних діагностичних комплексів.

Для зниження ризику ураження електричним струмом при експлуатації гібридного модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа нами були передбачені наступні заходи:

- в якості носія електрокардіографічних даних був обраний радіоканал, завдяки чому досягнута повна гальванічна розв'язка пристрою від мережі високої напруги;

- потужність приймача і випромінювача модуля були обрані відповідно до норм, зазначеними в [23].

- в якості елемента живлення використаний автономний елемент живлення - батарея гальванічних елементів напругою 12В.



#### 4.5 Пожежна безпека

Приміщення відділу згідно з ДСТУ Б В.1.1-36: 2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» за пожежною небезпекою відноситься до категорії В і класу пожежі А (пожежі твердих горючих речовин, в основному органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням, таких як, пластик, текстиль, папір, дерево) та (Е) (пожежі, пов'язані з горінням електроустановок). [24]

Приміщення оснащено 2 вогнегасниками типу ВВК-5 та 1 вогнегасником – ВП 5. На стіні перед виходом наявний план евакуації з приміщення та будівлі (рис. 4.1). Для персоналу регулярно проводяться навчання та інструктажі щодо правил пожежної безпеки.

Деякі з речовин і матеріалів, що застосовуються на ділянках пайки, пожежовибухонебезпечні. Категорія приміщень з вибухопожежної та пожежної безпеки відносяться до категорії не нижче В – пожежонебезпечна. Пожежа може виникнути на операціях приготування флюсів (етиловий спирт, етил ацетат), припоїв, при видаленні залишків флюсів після пайки (спиртобензиновий суміш, ацетон) і при проведенні робіт із захисту дзеркала розплавленого припою в агрегатах пайки (запалення масла). [25]

Згідно з «Правилами пожежної безпеки в Україні» діяльність із забезпечення пожежної безпеки є складовою виробничої та іншої діяльності посадових осіб і працівників підприємств та об'єктів [26].

Пожежна безпека повинна забезпечуватися шляхом проведення організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежам, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових втрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для успішного гасіння пожеж.

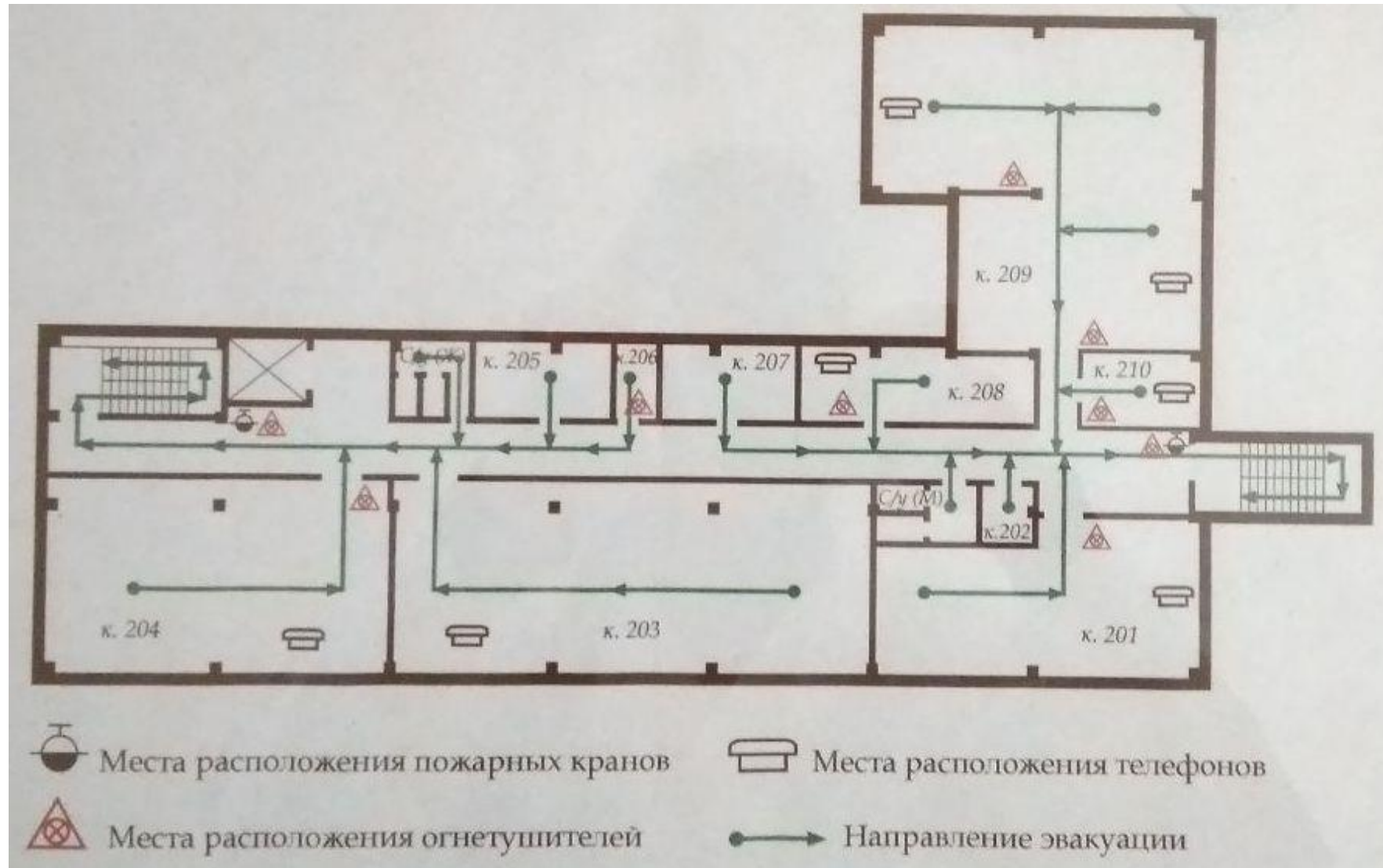


Рисунок 4.1 – План евакуації для відділів

На кожному об'єкті відповідним документом (наказом, інструкцією тощо) повинен бути встановлений протипожежний режим, який включає:

- порядок утримання шляхів евакуації;
- визначення спеціальних місць для куріння;
- порядок застосування відкритого вогню;
- порядок використання побутових нагрівальних приладів;
- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт;
- правила проїзду та стоянки транспортних засобів;
- місця для зберігання і допустиму кількість сировини, напівфабрикатів та готової продукції, що можуть одночасно знаходитися у приміщеннях і на території;
- порядок прибирання горючого пилу й відходів, зберігання промасленого спецодягу та ганчір'я, очищення елементів вентиляційних систем від горючих відкладень;
- порядок відключення від мережі електроживлення обладнання та вентиляційних систем у разі пожежі;
- порядок огляду й зачинення приміщень після закінчення роботи;
- порядок проходження посадовими особами навчання й перевірки знань з питань пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів та занять з пожежно-технічного мінімуму з призначенням відповідальних за їх проведення;
- порядок організації експлуатації і обслуговування наявних засобів протипожежного захисту;
- порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів та оглядів електроустановок, опалювального, вентиляційного, технологічного та іншого інженерного обладнання;
- порядок збирання членів пожежно-рятувального підрозділу добровільної пожежної охорони та посадових осіб, відповідальних за пожежну безпеку, у разі виникнення пожежі, виклику вночі, у вихідні й святкові дні;
- порядок дій у разі виникнення пожежі: порядок і способи оповіщення

людей, виклику пожежно-рятувальних підрозділів, зупинки технологічного устаткування, вимкнення ліфтів, підйомників, вентиляційних установок, електроспоживачів, застосування засобів пожежогасіння; послідовність евакуації людей та матеріальних цінностей з урахуванням дотримання техніки безпеки.

Для кожного приміщення об'єкта мають бути розроблені та затверджені керівником об'єкта або уповноваженою ним посадовою особою інструкції про заходи пожежної безпеки. [27]

Отже, за результатом оцінки стану охорони праці та техногенної безпеки у відділі було встановлено, що у приміщенні забезпечується необхідний мікроклімат, мінімальний рівень шуму, дотримуються вимоги до електрообладнання, охорона праці знаходиться на належному рівні, фактори техногенної небезпеки відсутні, таким чином немає потреби впроваджувати заходи щодо поліпшення стану охорони праці та покращення умов праці.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. У кваліфікаційній роботі були розглянуті фізико-біологічні основи виникнення та вимірювання сигналу ЕКГ. Розроблена математична модель серцево-судинної системи, а інтегральні криві та фазовий портрет поведінки системи в динаміці показали, що протягом певного часу в системі встановлюється стійкий коливальний режим, що узгоджується з існуванням в живому організмі періодичних повторювальних змінних процесів.

2. Представлені концепції організації і розвитку центру дистанційної діагностики, що дозволить проводити телеконсультації для підтвердження повноважень фахівця, роботу з терміналами для запобігання несанкціонованому доступу до медичних даних.

4. Розроблено електричну схему гібридного модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа. Моделювання в Electronic Workbench підтвердило працездатність запропонованої розробки.

5. Розроблена топологія гібридного модуля телеметричного каналу даних електрокардіографа. Габаритні розміри складають 85×55 мм.

Запропоновані технічні рішення можуть бути використані в діагностичних та медичних закладах міста, а результати моделювання в навчальних курсах кафедри мікроелектронних та електронних інформаційних систем ІННІ ЗНУ.

## Література

1. «Про затвердження нормативних документів щодо застосування телемедицини у сфері охорони здоров'я»: Наказ Міністерства охорони здоров'я України, 2015. № 681. URL: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 22.06.2021).
2. Закон України «Про підвищення доступності та якості медичного обслуговування у сільській місцевості». Відомості Верховної Ради (ВВР). 2018. № 5. Ст. 32. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2206-19> (дата звернення: 22.06.2021).
3. Дубчак Л.О. Телемедицина: сучасний стан та перспективи розвитку. Системи обробки інформації. 2017. Вип. 1. С. 144–146.
4. Телемедицина, телепсихологія: перспективи розвитку в Україні / В. В. Короленко, Б. С. Божук, В. В. Мороз, О. А. Божук // Український науково-медичний молодіжний журнал. – 2012. – № 3. – С. 26–29.
5. Владзимирский, А. В. Телемедицина: моногр. / А. В. Владзимирский, Г. С. Лебедев. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 576 с.
6. [http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2466:telemeditsina-v-ukrajini&catid=8&Itemid=350](http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=2466:telemeditsina-v-ukrajini&catid=8&Itemid=350)
7. Waseh S, Dicker AP. Telemedicine training in undergraduate medical education: Mixedmethods review. JMIR Med Educ. 2019. N 5. P. 125–135.
8. Froelich W et al. 2009. Case report: an example of international telemedicine success. Journal of Telemedicine and Telecare, 2009, 15(4):208-210.
9. <https://www.pfizermed.com.ua/public/medical-content/vik-factor-ryzyku>
10. <https://medinet.com.ua/telemedytsyna-y-sviti>
11. Комп'ютерне моделювання фізіологічних систем. Навчально-методичний посібник для студентів всіх форм навчання ЗДІА спеціальності 6.09.0800 «Фізична та біомедична електроніка» за спрямуванням «Електроніка» /Швець Є.Я., Кісарін О.О.-Запоріжжя, 2009.-175 с.
12. Гершунский Б.С. Справочник по расчету электронных схем [Справочник] / Б.С. Гершунский. – К.: Вища школа, 1983. – 240 с. 22.

13. ЧИП и ДИП - интернет-магазин приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: LP2950, Стабилизаторы напряжения и тока | купить в розницу и оптом - Режим доступа: <https://www.chipdip.ru/search?searchtext=LP2950>. - Дата доступа: сентябрь 2021. - Назва з екрана.
14. Vishay - manufacturer of discrete semiconductors and passive components [Электронный ресурс]: CD4051BC - Режим доступа: <https://www.vishay.com/search?query=CD4051BC&searchChoice=part>. - Дата доступа: вер. 2021. – Назва з екрана.
15. ЧИП и ДИП - интернет-магазин приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: INA116 - Режим доступа: <https://www.chipdip.ru/search?searchtext=INA116> - Дата доступа: вер. 2021. - Назва з екрана.
16. Компания Электроника и связь - электронные компоненты [Электронный ресурс]: V6903, характеристики, параметры, купить, цена, datasheet, цоколевка, маркировка, справочник - Режим доступа: <https://eandc.ru/catalog/?q=V6903>. - Дата доступа: вер. 2021. – Назва з екрана.
17. Микрочип [Электронный ресурс]: rfpic12f675 микроконтроллер - Режим доступа: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/rfPIC12F675F>- Дата доступа: вер. 2021. – Назва з екрана.
18. Amazon [Электронный ресурс]: rfpic12f675 микроконтроллер - Режим доступа: <https://www.amazon.com/MICROCHIP-TECHNOLOGY-RFPIC12F675F-I-Microcontroller-Transmitter-SSOP-20-5/dp/B073RPYGVJ> Дата доступа: вер. 2021. – Назва з екрана.
19. Струтынський А.В., Мурашко В.В. Електрокардіографія. Навчальний посібник – К.: Медпрес-інформ, 2021, 360 с.
20. Джон Хемптон, Джоанна Хемптон. Основы ЕКГ ВСВ – К.: Медицина, 2020, 234 с.
21. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація: ГОСТ 12.0.003-74. – [Чинний від 1976-10-01]. – (ГОСТ (Міждержавний стандарт)).

22. Івах Р.М. Основи охорони праці [Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів] / Р.М.Івах, Я.І. Бедрій, Б.О. Білінський, М.М. Козяр. – К.: Кодар, 2010. – 462 с.
23. Практикум. Охрана труда / Ю.Ф. Булгаков, В.Л. Овчаренко; под общ. ред. Ю. Ф. Булгакова. – Донецк: ООО «Цифровая типография», 2017.– 180 с
24. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042-99. — [Чинний від 1999-12-01]. – (ДСН (Державні санітарні норми)).
25. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів: НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98). — [Чинний від 1998-02-20]. – (НПАОП, ДНАОП (Державні Нормативні Акти з Охорони Праці)).
26. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – [Чинний від 2017-01-01]. – (ДСТУ (Державний Стандарт України)).
27. Законодавство України [Електронний ресурс]: Про затвердження Правил пожежної безпеки... | від 30.12.2014 № 1417 (Сторінка 1 з 6) – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15>. - Дата доступу: вер. 2021. – Назва з екрана.





