

Міністерство освіти і науки України
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки
(повна назва кафедри)

Марчій Мар'яна Петрівна
Marchii Mariana

УДК 004:681.5

Спеціальність 123 «комп'ютерна інженерія»
(шифр та назва спеціальності)

Кваліфікаційна робота
на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Пульсометр на мікроконтролері AVR з бездротовим
інтерфейсом

Heart rate monitor on AVR microcontroller with wireless interface

Науковий керівник:
доцент Голота В. І.

Рецензент:
к.ф.-м.н., проф. каф. фізики і
хімії твердого тіла
Никируй Л. І.

Івано-Франківськ
2020

АНОТАЦІЯ

В бакалаврській роботі розглянуто пульсометр на мікроконтролері AVR.

Пристрій складається з таких основних компонентів: операційний підсилювач LM324, семисегментний індикатор, та основну функцію виконує мікроконтролер з сімейства AVR, а саме: Atmega88.

Розроблено функціональну, електричну принципову схему, алгоритм та програму на мові C.

ABSTRACT

The bachelor's work examines the heart rate monitor on the AVR microcontroller.

The device consists of the following main components: the LM324 operational amplifier, seven-segment indicator, and the main function is performed by a microcontroller of the AVR family, namely: Atmega88.

Functional, electrical schematic diagram, algorithm and program are developed in C.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
|-----------|--------------|----------|--------|------|----------|------|------|---------|
| Розробила | Марчій М. П. | | | | Анотація | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | Голота В. І. | | | | | | 3 | 1 |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затвердив | | | | | | | | |

Міністерство освіти і науки України
 Державний вищий навчальний заклад
 «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
 Фізико-технічний факультет
 Кафедра «Комп'ютерної інженерії та електроніки»

Пояснювальна записка
 до кваліфікаційної роботи на тему:
**Пульсометр на мікроконтролері AVR з бездротовим
 інтерфейсом**

| | | | | | | | | |
|-------------|--------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------|-------------|-------------|---------------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| Розробила | Марчій М. П. | | | | Пояснювальна записка | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркуші</i> |
| Перевірив | Голота В. І. | | | | | | 4 | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затвердив | | | | | | | | |

ЗМІСТ

| | |
|--|---------------------------------|
| ВСТУП | Ошибка! Закладка не определена. |
| 1. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ПУЛЬСОМЕТРІВ | 9 |
| 1.1.Історія розвитку пульсометра | Ошибка! Закладка не определена. |
| 1.1.1.Користь сучасного пульсометра | Ошибка! Закладка не определена. |
| 1.2. Види пульсометрів | 11 |
| 1.2.1. Пульсометр на палець | 13 |
| 1.2.2. Нагрудні пульсометри | 13 |
| 1.2.3. Кардіо одяг | Ошибка! Закладка не определена. |
| 1.2.4. Навушники з вбудованим пульсометром | Ошибка! Закладка не определена. |
| 1.3. Принцип роботи пульсометра | 16 |
| 1.4. Несправності в роботі пульсометра | 20 |
| 1.5. Основні відмінності пульсометрів та пульсоксиметрів | 21 |
| 1.5.1.Функції пульсометрів | 23 |
| 1.5.2. Функції контролю основних тренувальних параметрів .. | 23 |
| 1.6. Зони серцевого ритму | 23 |
| 1.7. Параметри і характеристики крові | 24 |
| 1.7.1. Фізичні характеристики крові | 25 |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| | |
|---|-----------|
| 1.7.2. Функції крові | 25 |
| 2. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ТА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПУЛЬСОМЕТРА..... | 28 |
| 2.1. Вибір компонентів | 28 |
| 2.1.1. Операційний підсилювач LM324..... | 28 |
| 2.1.2. Вибір мікроконтролера | 29 |
| 2.1.3. Вибір індикатора | 32 |
| 2.2. Аналогова частина пульсометра | 34 |
| 2.2.1. Структурна схема пульсометра | 32 |
| 2.2.2. Програмне забезпечення пульсометра..... | 32 |
| 3. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ | 35 |
| ВИСНОВКИ..... | 37 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 39 |
| ДОДАТКИ | 39 |

ВСТУП

Кожного року велика кількість смертей припадає на захворювання серцево-судинної системи. Причому половина з них відбувається через зупинку серця, понад 80% яких починається з аритмії серця. Вживання після зупинки серця становить не більше як 1%. Серцево-судинні захворювання можуть протікати без симптомів, при цьому людина часто може перебувати в групі ризику і навіть не підозрювати про наявність порушень. Серед методів дослідження стану серцево-судинної системи і в якості вирішення цієї проблеми пропонується пристрій вимірювання пульсу, як найбільш простого і інформативного показника функціональності серця. На сьогоднішній день дослідження пульсу можна умовно розділити на 2 типи: мануальні дослідження і апаратні дослідження. До мануальних досліджень відносяться примітивні методи, які не потребують будь-яких умов і навичок, такі як огляд або пальпація. До апаратних досліджень належать методи для аналізу ритмічності роботи серця, в яких задіяні різні апарати та медичні прилади. Найпоширенішим способом вимірювання пульсу в клініці і побуті є метод плетизмографії. Сам метод плетизмографії заснований на реєстрації зміни обсягів крові. Результатом такої реєстрації є пульсова хвиля.

Монітор серцевого ритму, або пульсометр - пристрій особистого моніторингу частоти скорочень серця в режимі реального часу або для запису його наступного дослідження. Широко використовується у тренуваннях та змаганнях для любителів та спортсменів циклічних видів спорту, таких як легка атлетика (особливо біг по шосе), гонки, їзда на велосипеді, плавання.

Перші екземпляри цього пристрою були змонтовані з коробки та двох електродів, що фіксувалися на грудну клітку.

Перший бездротовий електрокардіограф (ЕКГ) серцевого ритму був винайдений у 1977 році як навчальний набір для національної збірної з гірськолижного спорту у Фінляндії. Роздрібні продажі персональних сердечних моніторів почалися з 1983 року. [6]

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 7 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Метою даної бакалаврської роботи є розробка пульсометра. В основі розробки пульсометра було те, що насичення крові киснем є одним з найважливіших параметрів, який слід контролювати, а пульсометр з низькою вартістю та енергією, дозволяє отримувати доступ до нього у країнах, що розвиваються.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 8 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ПУЛЬСОМЕТРІВ

1.1. Історія розвитку пульсометра

Історія монітора серцевого ритму почалася саме зі спорту. Ціла галузь під назвою «спортивна медицина» існувала ще в минулому віці. Для того, щоб лікарів та тренерів показники пульсу були одними з важливих параметрів, за якими оцінювали стан спортсменів, рівень його підготовки, підбирали допустимі навантаження, будували тренувальний процес.

Для того щоб виміряти частоту серцевих скорочень доводилось зупиняти тренування, міряти пульс на шії або зап'ясті. Можна собі уявити, наскільки це було незручно, в особливості для плавців і представників деяких інших видів спорту. На жаль, результати не можна було назвати максимально точними, адже одразу після завершення навантажень пульс починає відновлюватися, а у тренерованих людей це відбувається досить швидко.

Тому і з'явилась ідея придумати ідеальне рішення, щоб вимірювати частоту серцебиття безпосередньо під час занять спортом. І такий пристрій - прадід сучасного пульсометра - дійсно з'явився. Це сталося в 1970-х роках у Фінляндії. Професор Сеппо Сайнаякангас, любитель лижних прогулянок, задумався про те, як замірити пульс спортсменів просто, точно і без переривання тренувань.

Результати цих розробок були основоположні в 1977 році компанії Polar для виробництва першого портативного пульсометра. Далі події розвивались стрімко:

У 1979-му році вони отримали патент на новий пристрій;

У 1982-му році запущено серійне виробництво серцевого ритму Sport Tester PE2000 з додатковими функціями (будильник та годинник);

У 1985 році компанія запатентувала бездротові прилади для вимірювання серцевого ритму;

У 1987-му році вперше була представлена нова версія спортивних годинників PE2000, здатних передавати дані для аналізу на комп'ютер.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 9 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Пульсометри виявились потрібними, з'являлися все нові та нові варіанти. До прикладу, Polar Cyclovantage, передбачуваний для велосипедистів, вмів виміряти швидкість, стан і пульс. Пристрій T40 можна було використовувати в будь-яких умовах за рахунок гідроізоляції. Модель Vantage NV зафіксувала зміни серцевого ритму.

Спроби виміряють швидкість руху і відстань велосипедистів, були і раніше. Так, у 1985 році компанія Veeder Manufacturing Company запатентувала пристрій під назвою циклометра. Він складався з датчика, який фіксувався на колесі велосипеда, і одометра, закріпленого на рулі. На ньому спортсмен бачив інформацію про пройдену відстань.

У 1970-х Харет Мультиго винайшов новий пристрій. Він з'єднувався еластичним ремнем із передньою віссю та реєстрував відстань, яку подолав велосипедист. У 1983 році з'явився перший електронний циклометр. Цей велосипедний комп'ютер включав датчик, зафіксований на рамі і магніт, прикріплений до колеса. Пристрій реєстрував число поворотів колеса, а комп'ютер перетворював ці дані у кілометри і швидкість.

У 2010 році з'явився новий пристрій, об'єднаний функціями декількох гаджетів:

- Визначення частоти серцевих скорочень (від пульсометра);
- Підрахунок кроків за допомогою акселерометра, норматив по крокам і алгоритм розрахунку відстані (від крокоміра);
- Інтерактивні додатки для збереження результатів (від велосипедного комп'ютера).

Всі браслети були розкуплені всього за кілька днів. З тих пір фітнес-браслети постійно вдосконалюються, вони отримують нові функції. Але і пульсометри збереглись як окремі гаджети.

1.1.1. Користь сучасного пульсометра

Сучасний монітор серцевого ритму вимірює частоту серцевих скорочень в режимі реального часу через сенсори, які перебувають у нагрудному ремені.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 10 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Одночасно визначають середню і максимальну частоту пульсу, рівень фізичної підготовки, об'єм спалювання жиру і розхід енергії. Існують моделі, які підключаються до спеціального пристрою для вимірювання кількості пройдених кроків.

Спеціальні програми дають можливість вибрати оптимальний режим тренувань, сповіщають про вихід за межі попередньо дозволених значень візуальним і звуковим сигналом. Додатково пропонуються функції таймера зі зворотнім відліком, гідроізоляція, будильника, календаря, годинника. Безсумнівним плюсом служать різноманітні дизайни та кольори.

Фітнес-браслети володіють ще більш широким функціоналом. Такі пристрої компактні та зручні, при цьому вони вмiють:

- Визначення пройденої дистанції в кроках і кілометрах;
- Вимірювати час тренування (переміщення);
- Показувати частоту серцевих скорочень;
- Визначати інтенсивність навантаження в даному моменті;
- Контролювати розхід калорій;
- Аналізувати якість сну (час, тривалість).

Корисною функцією є синхронізація фітнес-браслета з додатками *Beurer BodyShape* та *Beurer HealthManager*. Всі дані передаються на смартфон або комп'ютер. Це дає можливість проаналізувати аналіз вимірювань, зробити висновки про стан організму, впливати на його навантаження, визначення інтенсивності та інших параметрів.

1.2. Види пульсометрів

Фотоплетизмографічний сигнал являє собою зміну в часі об'єму кровеносної судини під дією пульсових хвиль. Для реєстрації сигналу через палець пропускається потік випромінювання оптичного або інфрачервоного діапазону.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 11 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Пульсова оксиметрія, моніторинг серцево-судинної системи, моніторинг частоти серцевих скорочень тощо - це декілька поширених застосувань фотоплетизмографії. Застосування фотоплетизмографії в моніторингу серцевого ритму з кінчика пальця. Коли серце розширюється (діастола), збільшується об'єм крові всередині кінчика пальця, а коли серце скорочується (систола), зменшується об'єм крові всередині кінчика пальця. Отриманий в результаті пульс об'єму крові всередині кінчика пальця прямо пропорційний частоті серцевих скорочень. Для цього пара ІЧ-передавача / приймача знаходиться в тісному контакті з кінчиком пальця. Пульсуюче відбиття датчиком перетворюється на відповідний імпульс струму чи напруги. [7]



Рисунок 1.1. - Положення датчика при дослідженні кровотоку в пальці
 Фотоплетизмограма дозволяє вимірювати об'ємний пульс крові, викликаний періодичною зміною кров'яного об'єму при кожному ударі серця, частоту серцебиття, варіабельність серцевого ритму.



Рисунок 1.2. – Фотоплетизмограма периферичного пульсу

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 12 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Пульсометри можна умовно розділити на кілька груп. Вони можуть кріпитися на зап'ясті, на грудях, на пальці.

1.2.1. Пульсометр на палець.

Бездротовий пульсометр кріпиться на палець і не сковує рухів. Вибираючи пульсометр для велосипеда або плавання можна зупинитися на цьому варіанті кріплення. Такий пристрій мініатюрний, стійкий до вологи. Бажано щоб прилад був з кодуванням сигналу. Так як дані передаються бездротовим способом, можлива плутанина, якщо поруч з вами займається спортсмен з таким же пристроєм. Ваш пульсометр може зреагувати на інший пристрій і передати невірні дані. Часто медичні пульсоксиметри кріпляться саме на палець.



Рисунок 1.2. – Пульсометр, який кріпиться на палець

1.2.2. Нагрудні пульсометри

Будь-який пульсометр включає в себе датчик для визначення пульсу і приймач, на якому відображаються дані. Нагрудні пульсометри влаштовані за наступним принципом: на грудях кріплять датчик, а приймач розміщений на руці. Такий прилад вважається найбільш точним. Датчик кріпиться на оголену грудну клітку за допомогою еластичного ремня. Електроди повинні забезпечувати хороший контакт з тілом для передачі даних, для цього часто доводиться використовувати спеціальний гель. Недолік у тому, що під час високої фізичної активності ремінець може змінювати своє положення, і це доставляє незручності. Можна виділити два типи нагрудних пульсометрів, що відрізняються між собою

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 13 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

по комплектації: без годинника-приймача і з годинником-приймачем. У першому варіанті дані передаються на телефон за допомогою Bluetooth і синхронізуються зі спеціальними програмами. На смартфоні ви можете побачити інформацію про частоту пульсу, спалених калоріях. Можна переглядати історію тренувань, яка зберігається в додатку. У другому варіанті дані надходять на годинник-приймач, які надіті на руку. Це зручніше, бо не потрібно постійно витягувати смартфон, щоб контролювати пульс.



Рисунок 1.3. – Нагрудний пульсометр

1.2.3. Кардіо одяг

Найбільш поширеними моніторами серцевого ритму є пристрої які кріпляться або на зап'ясті або на грудях проте деякі створюють ряд незручностей під час використання. Однією з альтернатив наручному пристрою є кардіо одяг. Користувач одягає футболку, яка вже містить в собі тонкі провідні нитки і прикріплює до неї будь-який монітор серцевого ритму, який виконує функції процесора. Дані про серцевий ритм будуть зберігатися в програмі, з яким обрана модель серцевого ритму може синхронізуватися.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 14 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

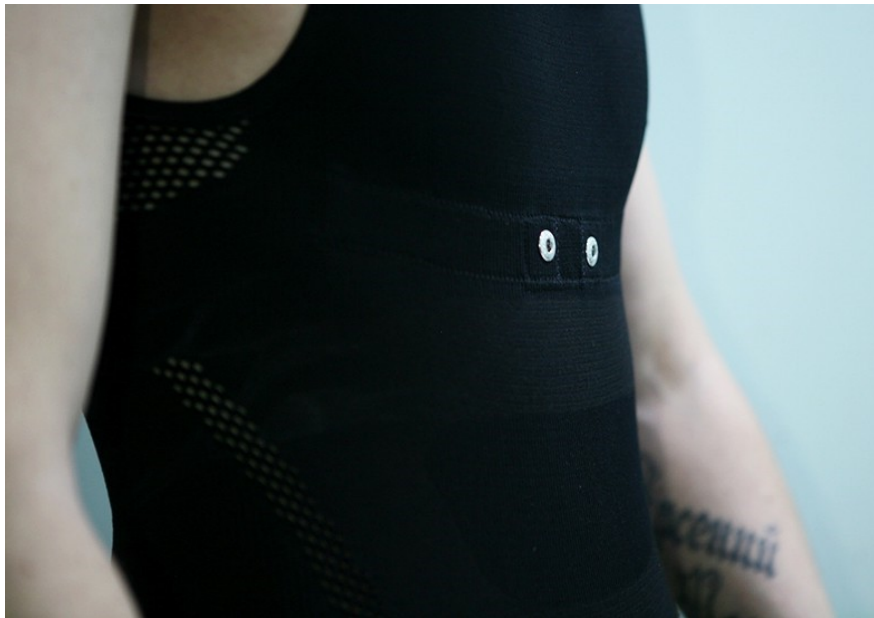


Рисунок 1.4. – Кардіо одяг

1.2.4. Навушники з вбудованим пульсометром

Ще одна альтернатива - гарнітура з монітором серцебиття. Не секрет, що багато хто на вулиці, і в залі вважають за краще тренування під музику, тому логіка в цій категорії приладів, звичайно, є. На даний час існують з багато моделей, які вже підтвердили і зручність, і точність, розглянемо деякі з них. Бездротова версія Jabra. Датчик серцевого ритму для цієї гарнітури виконала компанія Valencell - це один з провідних розробників і дослідників на спортивному ринку. У компанії запевняють, що використовують не просто точну, а надточну оптику, додаючи додаткові просвічуючі діоди для усунення зовнішніх перешкод, які розпізнають сигнал при слабкому контакті зі шкірою, так як розрізняють слабкий кровообіг [8].

Основні переваги пульсометра в навушниках два:

1. Це більш практичне рішення в тому сенсі, що будь-який інший вид датчика - хоч нагрудний, хоч наручний - це все одно зайвий прилад за додаткові витрати, який потрібно окремо заряджати. А навушниками користуються практично всі, хто користуються хоч якимось пристроєм в принципі. І зручніше пульсометра в навушнику буде хіба що пульсометр безпосередньо в смартфоні, якби це було можливо.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 15 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2. У той же час, за даними сайту Wareable, монітор серцевого ритму в навушниках набагато точніший наручних: тонка шкіра у вусі робить вимірювання набагато простішими, і навушники з вбудованим пульсометром відстежують зміни в пульсі куди точніше.



Рисунок 1.5. – Навушники з вбудованим пульсометром

1.3. Принцип роботи пульсометра

З появою ЕКГ, частоту серцевих скорочень почали рахувати за електричними сигналами активності серця, вимірюючи в секундах тривалість інтервалу поміж зубцями R на ЕКГ, після чого результат перераховувався з допомогою формули $ЧСС = 60 / (RR \text{ інтервал})$, де ЧСС — частота серцевих скорочень - кількість ударів за хвилину.

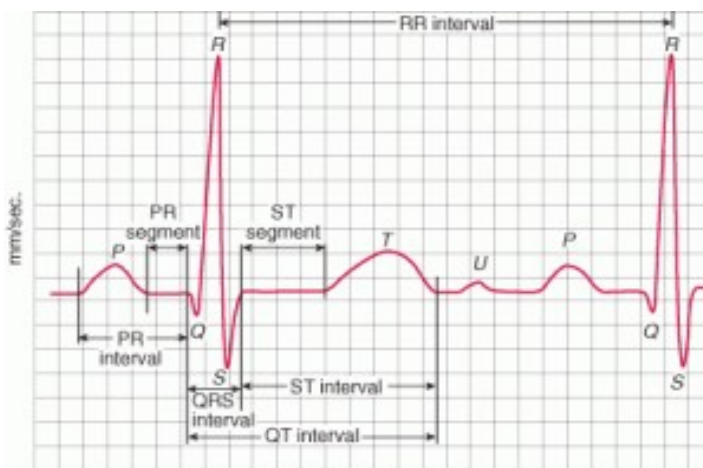


Рисунок 1.6. - Електрокардіограма (ЕКГ)

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 16 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

За допомогою електрокардіограми можна багато дізнатися про наше серце, але для цього потрібно спеціальне обладнання та фахівець який розшифрує покази ЕКГ, тому це є великим мінусом ЕКГ. Добре що в наш час в світі більшість може собі дозволити мобільний пульсометр, який виражує частоту серцевих скорочень під час тренувань та в спокійному стані.

Вимірювання пульсу за допомогою електрокардіограми

Відкрито та описано електричну активність серця було в кінці 19 століття, а першим зафіксував технічно за допомогою струменевого гальванометра Віллем Ейнтговен в 1902 році. Завдяки своєму відкриттю став лауратом Нобелівської премії в 1924 році, саме він дав назву ЕКГ та зняв покази з нього та описав деякі серцеві захворювання . Також дав назву сегментам кардіограми та розробив систему відведень. Відведення ЕКГ – це проекція вектора Ейнтговена (інтегральний електричний вектор серця) на певну вісь.

В теперішній час в медичній практиці для реєстрації ЕКГ застосовують різноманітні системи відведень такі як: стандарті посилені, стандартні, грудні та інші типи відведень з різними налаштуваннями. Для вимірювання пульсу, можна застосовувати будь-які типи відведень, на основі цього принципу було розроблено спортивні годинники які визначають ЧСС.

В першу будову пульсометрів входила коробочка з монітором та проводів, що кріпилися до грудей. В 1977 році було розроблено перший бездротовий ЕКГ-монітор, він став незамінним приладом під час тренування збірної команди Фінляндії з лижних гонок. Перші бездротові пульсометри до масового продажу потрапили в 1983 році та стали незамінними помічниками спортсменів аматорів та професіоналів.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 17 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рисунок 1.7. - Один із перших безпроводних пульсометрів

При розробці новітніх спортивних приладів система відведень стала спрощеною до двох точок електродів, сьогодні найпопулярнішими варіантами пульсометра є спортивний нагрудний датчик у вигляді ремінця (HRM strap/HRM band). Щоб отримати якісний та стабільний сигнал потрібно змочити електроди на нагрудному ремені водою.

Електроди в ременці виконані з двох смужок та з провідного матеріалу. Ремінь пристібається до пристрою застібками, або є його частиною. Через Bluetooth результати виміру пульсу передаються по протоколу ANT+ / Smart на смартфон або на спортивний годинник.

Виміри пульсу з допомогою оптичної плетизмографії

Цей спосіб вимірювання частоти серцевих скорочень на сьогодні є найпоширенішим у масовому застосуванні, він є реалізованим у спортивних годинниках, трекерах, смартфонах. Пульсація від кровотоку в судинах (звуження та розширення судин) викликає очікувані зміни амплітуди сигналу, який одержується на виході фотоприймача. Спосіб чудово підходить для вимірювання пульсу, тому широко застосовується в лікарнях. Потім цей спосіб перейшов і масове застосування в зручні та компактні пульсоксиметри, вони визначають насичення крові киснем та вимірюють частоту серцевих скорочень в капілярах пальця.

Пульсометри

Одні з перших ідей зняття показів пульсу з зап'ястя спортсменів без додаткових нагрудних ременів за допомогою оптичної плетизмографії, та реалізували в годинниках Mio Alpha. А модуль датчика що проводить виміри був розробкою

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 18 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

компанії Philips. Вони назвали цей прилад новим витком у вимірах пульсу та проривом.

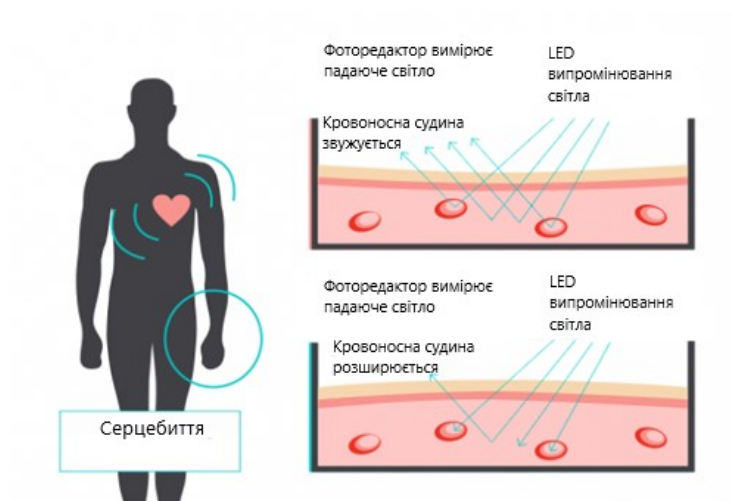


Рисунок 1.8. - Принцип роботи пульсометр

Світло, що надходить в кровотік розсіюється при змінах швидкості кровотоку. Оптична технологія замірює пульс з допомогою світлодіодів, які визначають кровотік на зап'ясті. Завдяки цьому можна вимірювати пульс без застосування нагрудного датчика. В практиці це відбувається так: оптичний сенсор що знаходиться на тильному боці годинника випромінює світло на зап'ястя за допомогою світлодіодів, і вимірює скільки розсіяно світла кровотоком. Для того щоб вимірити частоту серцевих скорочень використовується область максимального поглинання - а це величина від 500 до 600 нм. В більшості випадків вибирається середнє значення в 525 нм(зелений колір). Зелений світлодіод датчика пульсу найчастіше застосовується в смарт-годинках і браслетах.

На даний час ця технологія налагоджена та запроваджена в масове виробництво. Вибір пристроїв з подібною технологією досить великий.

Основні показники які дозволяє отримати пульсометр

При наявності нагрудного ремінця датчик якого складається з трансмітера і акселерометра, вимірюється бігова динаміка спортсмена та аналіз його руху.

Бігові показники поділяються на такі величини: час контактування з землею, вертикальні коливання і частоту кроків.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 19 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Час контакту з землею заміряється як довго стопа перебуває в контакті з землею під час кожного кроку. Виміри відбуваються в мілісекундах. В середньому не професійний спортсмен витрачає на контакт з землею 160-300 мілісекунд. Коли підвищується швидкість бігу показник GCT зменшується, а під час сповільнення збільшується.

Є зв'язок між часом контактування з поверхнею землі та частотою розвитку травмувань, та м'язовою нестабільністю спортсмена. Скорочення часу контактування бігуна з поверхнею землі зменшує кількість травмувань. Найбільш дієвим способом зменшення цього показника є вкорочення кроку та включення в програму тренування коротких спринтів і зміцнення м'язів сідниць.

Вертикальні коливання. Якщо подивитись на професійного спортсмена, то можна побачити, що верхня частина його тіла робить зовсім незначні рухи, тоді як ноги виконують основну роль по переміщенню спортсмена. Цей рух вимірюється в сантиметрах відносно фіксованої точки. Вважається, що найбільш економічна техніка бігу включає мінімальні вертикальні коливання, а зменшення вертикальних коливань досягається підвищенням частоти кроків.

Частота кроків. З назви показника зрозуміло що він демонструє кількість кроків за хвилину. Цей параметр досить важливий, він оцінює економічність бігу. Чим швидший біг, тим вище частота кроків. Вважається, що частота близько 180 кроків за хвилину є оптимальною для ефективного і економічного бігу.

1.4. Несправності в роботі пульсометра

Важливо, щоб монітор серцевого ритму, працював без збоїв, точно і злагоджено. Якщо пристрій перестав показувати дані, то зрозуміло, що він несправний або потребує заміни акумулятора. Але буває, що з'являється неправдивий результат. Наприклад, коли монітор серцевого ритму з функцією GPS показує неправильну висоту – це неприємно, але не небезпечно, інша справа, якщо спостерігається похибка при вимірюванні частоти серцевих скорочень. Неточність результатів, як мінімум призводить до неефективності тренувань і не дозволить досягнути бажаних результатів – скинути зайву вагу і ін. Максимум

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

приведе до надмірних навантажень (якщо пристрій занижує пульс), як результат - перенапруження організму і погіршення здоров'я.

Щоб пульсометр прослужив довгий час і видавав лише точні результати, потрібно не просто правильно його експлуатувати, але і вміти усунути невеликі неполадки. Якщо вчасно не буде виявлено і не усунуто проблему, пульсометр буде видавати неправильні показання, і це може бути небезпечно для здоров'я [10].

1.5. Основні відмінності пульсометрів та пульсоксиметрів

Серце змушує легені працювати і через них кисень потрапляє в організм, а кровоносна система вже поширює його на інші органи. Якщо кисню для органів недостатньо, то вони починають працювати гірше і виникають серйозні проблеми. Для контролю рівня кисню гемоглобіну в крові (саме гемоглобін – переносник кисню) існує спеціальний пристрій - пульсоксиметр. Його професійна назва - пульсометр-оксиметр, який підкреслює, що він вимірює два показники – частоту серцевих скорочень та насичення крові киснем (сатурація). Цей пристрій можна використовувати як для одноразового вимірювання, так і для постійного контролю, а також тривалого моніторингу. Основною його перевагою є швидкість вимірювання. Для дослідження не потрібно брати забір крові, це значно полегшує завдання лікаря-діagnostика. Його можна використовувати, навіть у тому випадку, коли пацієнт перебуває без свідомості, пристрій відображає на дисплей отримані, оброблені дані.

Пульсоксиметр має периферійний датчик, мікропроцесор, та дисплей, що відображає криву пульсу та частоту, а також показник насиченості. Апарати мають звуковий сигнал, який відображає рівень насиченості, а датчик має два світлодіоди, найчастіше прикріплюються на палець і рідше на мочку вуха або ж крило носа. Однією з умов отримання достовірних даних є повна нерухомість пальця в процесі вимірювання. Нормою для людини є показник насиченості 95-98%. Це дає змогу оцінити функції дихальної системи та розпізнати дихальну недостатність - коли показник сатурації нижче 95%. Ці пристрої широко застосовують в анестезіології при проведенні операцій, хронічних обструктивних

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 21 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

захворюваннях легенів, туберкульозі, саркоїдозі, професійних легеневиx захворюваннях тощо. Стационарний пульсоксиметр. Це пристрій, який передбачений для тривалого і достатньо точного вимірювання насиченості. Сигнал у такого пристрою стійкий і точний. Цей пристрій виводить на екран графік фотоплетизмограми (ФПГ) і відображає кровотік тієї частини тіла, куди прикріплений датчик [11].



Рисунок 1.9. – Стационарний пульсоксиметр

Портативний пульсоксиметр - це легкий, простий, компактний і зручний переносний прилад. Може використовуватися в поїздках, вдома, на роботі, в будь-якому зручному місці і в будь-який зручний час. Пристрій кріпиться на фаланзі пальця або на мочці вуха.



Рисунок 1.10. – Портативний пульсоксиметр

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 22 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Монітор серцевого ритму використовується для контролю роботи серцево-судинної системи і аналізу її функціональності під час проведення медичних досліджень. Пульсометри широко застосовуються в спорті, фітнесі та при кардіо тренуваннях. Результат занять безпосередньо залежить від частоти серцевих скорочень [9].

1.5.1. Функції пульсометрів

Залежно від моделі, пристрої можуть мати такі функції контролю здоров'я:

- Вимірювання кількості спалених калорій;
- Обчислення максимальні та середні значення, серцевих скорочень;
- Показують індикацію спалювання жиру;

1.5.2. Функції контролю основних тренувальних параметрів

- Налаштування, підбір тренувальних зон;
- Відстань;
- Час тренування;
- Швидкість руху;
- Зміна режиму занять;
- Збереження даних у пам'яті пристрою.

Пристрій може також мати додаткові функції, такі як налаштування автоматичної паузи та вигляд інформаційного екрану.

З усього вищесказаного, можна зрозуміти різницю між пульсометром і пульсоксиметром. Хоча обидва вимірюють пульс, проте існують значні функціональні та конструктивні відмінності та різні сфери застосування. Якщо говорити простими словами, то пульсометри більше призначені для здорових людей, які займаються спортом. Пульсоксиметри частіше використовуються лікарями або пацієнтами, яким показаний постійний контроль насичення киснем гемоглобіну артеріальної капілярної крові.

1.6. Зони серцевого ритму

Зона серцевого ритму низької інтенсивності вважається від 40 до 50 відсотків вашої максимальної частоти серцевих скорочень. Зона низької інтенсивності надає

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 23 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

організму комфортний темп, що робить його ідеальним для початківців. Початківцям доцільно почати працювати в цій зоні серцевого ритму, щоб побудувати свою витривалість до фізичних вправ і звикнути до помірною активного способу життя.

Якщо ви перебуваєте в зоні серцевого ритму помірної інтенсивності, то частота серцевих скорочень залишається від 50 до 70 відсотків від вашого максимального пульсу. Це забезпечує ефективне тренування. Приклади тренувань середньої інтенсивності включають легкий біг або швидко ходьбу.

Зона серцевого ритму високої інтенсивності виводить із зони комфорту та допомагає покращити максимум VO_2 (максимальний показник споживання кисню). Фахівці рекомендують тим хто займається поєднувати тренування середньої інтенсивності з тренуваннями високої інтенсивності, бажано розподіляти протягом тижня. Біг та їзда на велосипеді швидше 10 км / год - типові приклади тренувань з високою інтенсивністю.

Зона найвищого серцевого ритму, також відома як зона максимальних зусиль серцевого ритму, займає від 85 до 100 відсотків від вашого максимального пульсу. Робота на цьому рівні означає, що тренування проходить з максимальними зусиллями, тому ця зона найбільше підходить професійним спортсменам. Крім усього іншого, тренування в зоні найвищого серцевого ритму включають в себе спринти забіги на довгі дистанції, триатлони та інші тренування з високою інтенсивністю.

1.7. Параметри і характеристики крові

Кров - це циркулююча тканина, що складається з рідини, плазми та клітин. Клітинними компонентами крові є еритроцити (еритроцити або RBC), лейкоцити (лейкоцити або WBC) та тромбоцити. За обсягом RBC складають близько 45% цільної крові, плазми - 54,3%, а лейкоцити - близько 0,7%. Тромбоцити складають менше 1%. Хоча вона складається з клітин, суспендованих у рідині, кров все ще вважається тканиною.

Кров дозволяє транспортувати клітини і молекули між частинами тіла. Кисень, вуглекислий газ і глюкоза - одні з найважливіших молекул, що транспортуються в

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 24 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

крові. Клітини крові необхідні для нормальної роботи метаболічної та імунної системи.

1.7.1. Фізичні характеристики крові

Кров - це рідина, яку технічно вважають сполучною тканиною. Це позаклітинний матрикс, в якому клітини крові суспендуються в плазмі. Як правило, має значення рН приблизно 7,4 і трохи густіший та в'язкіший, ніж вода. Альбумін є основним білком, який міститься в плазмі, і він функціонує для регулювання колоїдного осмотичного тиску крові. Кров має червоний колір через велику кількість гемоглобіну, молекули, виявленої на РБК. Кожна молекула гемоглобіну має чотири гемогрупи, які взаємодіють з різними молекулами, що змінює точний колір. В окисненої крові, яка знаходиться в артеріальному кровообігу, кисень, пов'язаний з гемоглобіном, створює характерний червоний колір. Дезокисенована кров - більш темного відтінку червоного. Він присутній у венах і його можна побачити під час здачі крові або лабораторних аналізів. Отруєння чадним газом викликає яскраво-червону кров через утворення карбоксигемоглобіну. За нормальних умов кров ніколи не може бути справді синьою, хоча більшість видимих вен виявляються блакитними, оскільки тільки синє світло може проникнути досить глибоко, щоб освітлити вени під шкірою.

1.7.2. Функції крові

Основна функція крові - це подача кисню тканинам. Інші функції включають регулювання рН та терморегуляцію. Кров виконує багато функцій, важливих для підтримки метаболічних фізіологічних процесів у складних організмах. Кров бере участь у всьому, від обміну газами до транспортування поживних речовин до імунної системи та гомеостатичних функцій.

- Транспорт кисню та глюкози

Основна функція крові - транспортувати молекули навколо організму для підтримки критичних обмінних процесів. Усі клітини потребують кисню та глюкози, щоб пройти клітинне дихання. Тканини не можуть жити довго без цих

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 25 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

двох молекул. Порушення цього процесу є найбільш небезпечним для мозку, який може вижити лише близько двох хвилин без кисню та глюкози. Ці терміни використовуються для опису кисневої або кров'яної недостатності тканин в організмі:

- Гіпоксія: стан, при якому тканини не отримують належного надходження кисню, як правило, через зменшення перфузії тканин або зменшення споживання кисню.
- Ішемія: оборотний стан, при якому тканина не отримує належного кровопостачання, як правило, із закупореної або розірваної судини.
- Інфаркт: зазвичай незворотний стан, при якому тканини гинуть внаслідок порушення кровопостачання.

Більшість тканин можуть вижити в гіпоксичному або ішемічному стані за кілька годин до того, як настане інфаркт. Крім кисню та глюкози, кров транспортує ще кілька важливих молекул. Вуглекислий газ, який проходить через кров переважно як бікарбонат, транспортується з тканин як продукт відходу клітинного дихання до легень під час газообміну. Багато гормонів також проходять через кров як форму зв'язку між взаємопов'язаними органами, які часто беруть участь у гомеостатичному контролі.

- Функції імунної системи

Білі кров'яні клітини та антитіла циркулюють через кров і знищують будь-яких сторонніх збудників, з якими вони стикаються. Запалення в крові виникає в судинах через вивільнення медіаторів. Це викликає розширення судин і почервоніння, оскільки інші білі кров'яні клітини втягуються в область через кровотік для знищення інфекційних збудників.

Кров також має здатність зазнавати згортання у відповідь на судинні ушкодження, такі як кровотеча. Зазвичай ряд факторів згортання крові і анти-

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 26 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

згортання утримується в рівновазі через кров, щоб не відбулося згортання крові, але при пошкодженні ендотеліальних клітин фактори згортання збільшуються і змушують кров згортатися. Циркуючі тромбоцити в крові надходять на місце травми і утворюють сітку і пробку для згортання крові та зупинки кровотечі. Загоєння ран може початися лише після того, як відбудеться ця реакція згортання.

- Гомеостатичні функції

Кров бере участь у підтримці гомеостазу кількома способами. Регулювання температури відбувається частково внаслідок розширення і звуження судин у крові. рН крові є регульованою змінною дихальної системи, оскільки рН крові прямо пропорційний кількості вуглекислого газу, розчиненого в крові. Це робить рН крові показником дихального гомеостазу. Рівень глюкози в крові регулюється секрецією інсуліну та глюкагону. Об'єм крові та артеріальний тиск є прямо пропорційно регульованими змінними, які пов'язані з діяльністю серця та затримкою рідини нирки. Якщо будь-яка з цих змінних зависока або занадто низька, можуть виникнути серйозні проблеми. З цієї причини існує ряд складних механізмів негативного зворотного зв'язку, щоб зберегти всі змінні в гомеостатичному діапазоні.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 27 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ТА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПУЛЬСОМЕТРА

2.1 Вибір компонентів

2.1.1. Операційний підсилювач LM324

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: Від 3В до 32В в однополярному режимі і від 1.5В до 16В в двополярному режимі;
- Власне споживання струму: До 700мкА;
- Посилення по постійній напрузі: 100дБ;
- Вхідна напруга зсуву: 2мВ;
- Вхідний струм зміщення: 45нА.

Рисунок 2.1. – Основні схеми включення операційного підсилювача

2.1.2. Вибір мікроконтролера

Основні технічні характеристики:

- Високопродуктивний, малопотужний 8-бітний мікроконтролер AVR®
- Розширена архітектура RISC
 - 32 x 8 робочих регістрів загального призначення
 - Повністю статична робота
 - Пропускна здатність до 20 MIPS на частоті 20 МГц
 - 4 / 8 / 16К байт внутрішньо системного спалаху, що програмується (ATmega88)

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 28 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Витривалість: 10 000 циклів запису / стирання

- Додатковий розділ завантажувального коду з незалежними блоками блокування

Внутрішньо системне програмування за допомогою завантажувальної програми на мікросхемі

Справжня операція читання та запису

- 256/512/512 байт EEPROM (ATmega88)

- 512 / 1К / 1К внутрішній байт SRAM (ATmega48 / 88/168)

- Блокування програмування для забезпечення програмного забезпечення

• Периферійні особливості

- Два 8-бітні таймери / лічильники

- Один 16-розрядний таймер / лічильник

Режим

- Лічильник реального часу з окремим осцилятором

- Шість каналів ШІМ

- 8-канальний 10-бітний АЦП в TQFP та QFN / MLF пакеті

- 6-канальний 10-бітний АЦП в PDIP-пакеті

- Програмований серійний USART

- Послідовний інтерфейс головного / підлеглого SPI

- 2-провідний послідовний інтерфейс, орієнтований на байт (Philips I2 C сумісний)

- Програмований сторожовий таймер з окремим генератором на мікросхемі

- Аналоговий компаратор на мікросхемі

- Переривання та пробудження при зміні контактів

• Особливості мікроконтролера

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 29 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- Внутрішній калібрований осцилятор
- Зовнішні та внутрішні джерела перерв
- Режими сну: економія енергії, відключення, режим очікування, живлення зменшення шуму АЦП

Режим очікування

- I / O та пакети
- 23 програмовані лінії вводу / виводу
- 28-контактний PDIP, 32-провідний TQFP, 28-контактний QFN / MLF та 32-контактний QFN / MLF
- Робоча напруга:
 - 1,8 - 5,5 В для ATmega88V
 - 2,7 - 5,5 В для ATmega88
- Температурний діапазон:
 - від -40°C до 85°C
- Низьке споживання енергії
 - Активний режим:
 - 250 мкА на 1 МГц, 1,8 В
 - 15 мкА при 32 кГц, 1,8 В (включаючи осцилятор)
 - Режим відключення живлення:
 - 0,1 мкА при 1,8 В

2.1.3. Вибір індикатора

Семи-сегментний індикатор працює, світячи необхідні відповідні світлодіоди в цифрі. Індикатор керується за допомогою шпильок, які вільно залишаються. Попереднє зміщення цих штифтів у послідовності відобразатиме

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 30 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

конкретну цифру чи алфавіт. Залежно від типу семи сегментів, сегментні штифти застосовуються з логікою високого або логічного нуля і аналогічно звичайним штифтам. Загальний штифт індикатора зазвичай застосовується для визначення типу семи-сегментного дисплея. Оскільки кожен світлодіод має два з'єднувальні штифти, один називається "Анод", а другий називається "Катодом", тому два типи світлодіодних семи-сегментних індикаторів мають назву: загальний катод (СС) та загальний анод (СА). Різниця між двома індикаторами, як впливає з їх назви, полягає в тому, що загальний катод має всі катода семи-сегментів, з'єднаних безпосередньо між собою, а загальний анод має всі аноди семи-сегментів, з'єднаних разом і висвітлюється наступним чином:

1. Загальний катод (СС) - У загальному катодному дисплеї всі катодні з'єднання сегментів світлодіодів з'єднані між собою в логіку "0" або землю. Окремі сегменти освітлюються за допомогою сигналу логічної "1" через обмежуючий резистор струму для зміщення вперед окремих терміналів анода.

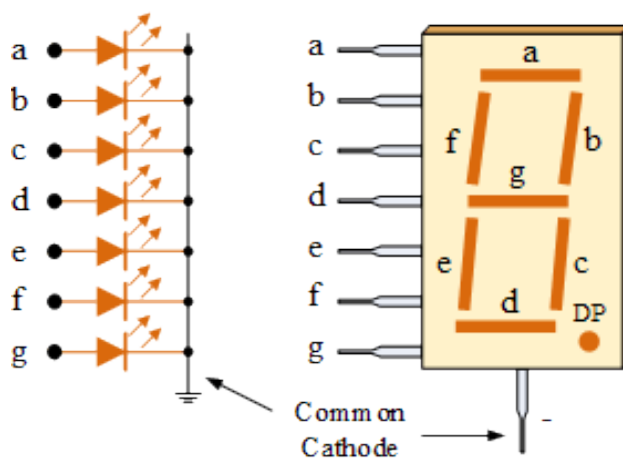


Рисунок 2.3. - Загальний катодний 7-сегментний індикатор

2. Загальний анод (CA) - У загальному анодному індикаторі всі анодні з'єднання сегментів світлодіодів з'єднані між собою в логіку "1". Окремі сегменти освітлюються за допомогою сигналу заземлення, логічного "0" через відповідний резистор, що обмежує струм, на катод конкретного сегмента.

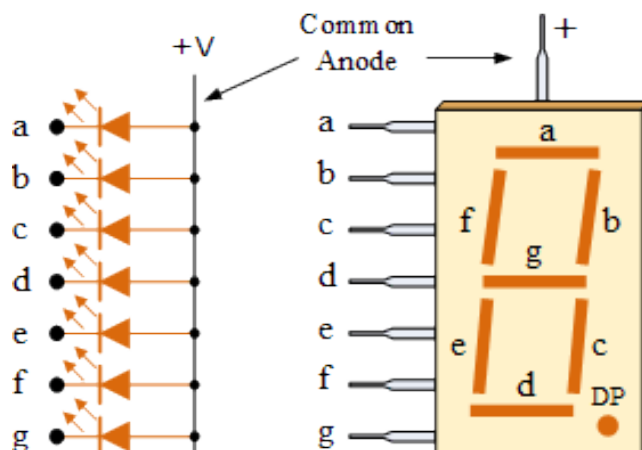


Рисунок 2.4. - Загальний анодний 7-сегментний індикатор

2.2 Розробка пульсометра

Пульсометр розроблений за принципом виявлення навіть невеликої зміни в світлі просвічування пальця, він реагує як кров проходить по крихітним артеріях в пальці. Це пристрій не те ж саме, що ті монітори серцевого ритму, які зазвичай використовуються в лікарнях, тому що там використовуються зонди шкіри, які виявляють зміни в електричній активності, як б'ється серце. Цей пульсометр вимірює пульс через палець, або через мочку вуха. У схемі вимірювача пульсу застосовується пара: інфрачервоний діод і інфрачервоний фоторезистор, між якими потрібно помістити палець. За зміною рівня прийнятого інфрачервоного випромінювання мікроконтролер обчислює частоту серцебиття або пульсу.

Схема вимірювача пульсу виготовлена з двох частин: аналогової - це операційний підсилювач, він виконує посилення і фільтрацію прийнятого сигналу, і цифрова - це мікроконтролер ATmega88 і сегментний індикатор.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 32 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

На операційному підсилювачі LM324 зібраний чутливий підсилювач і фільтр нижніх частот, він захоплює слабкі зміни напруги на фоторезистори, які відображають скачки тиску крові.

2.2.1. Структурна схема пульсометра

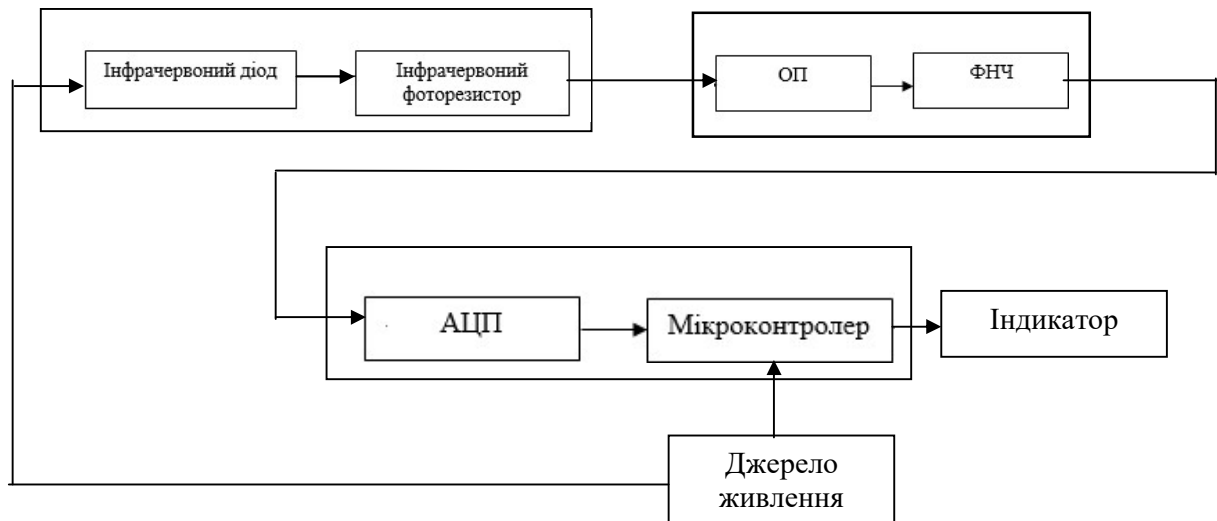


Рисунок 2.5. Структурна схема пульсометра

У цій схемі вимірювача пульсу застосовується пара: інфрачервоний діод і інфрачервоний фоторезистор, між якими потрібно помістити палець. За зміною рівня прийнятого інфрачервоного випромінювання мікроконтролер обчислює частоту серцебиття або пульсу.

Схема вимірювача пульсу виготовлена з двох частин: аналогової - це операційний підсилювач, він виконує посилення і фільтрацію прийнятого сигналу, і цифрова - це мікроконтролер ATmega88 і семисегментний індикатор.

На операційному підсилювачі LM324 зібраний чутливий підсилювач і фільтр нижніх частот, він захоплює слабкі зміни напруги на фоторезисторі, які відображають скачки тиску крові.

2.2.2. Програмне забезпечення пульсометра

При виборі середовища я розглядала такі основні параметри:

- Інтегрований компілятор C / C ++;
- Інтегрований симулятор;

- Підтримка інструментів Atmel, сумісних з 8-розрядної AVR архітектурою.

Atmel Studio містить в собі такі інструменти, як вбудований C/C++-компілятор, симулятор мікропроцесорної системи для відлагодження програм, менеджер проектів, редактор коду, модуль внутрішньосхемного відлагодження, а також інтерфейс командного рядка. Крім стандартних елементів, середовище підтримує ряд інших інструментів, таких як компілятор GCC та плагін AVR RTOS (операційної системи реального часу). Крім C/C++, середовище дозволяє програмувати також на асемблері.

На відміну від стандартних інтегрованих середовищ розробки (IDE) платформа Atmel Studio не тільки дозволяє створювати нове програмне забезпечення для мікроконтролерів, але і:

- спрощує повторне використання вже існуючого програмного забезпечення, сприяючи диференціації проектування;

- підтримує процес розробки продукції, забезпечуючи легкий доступ до вбудованих інструментів і розширень програмного забезпечення через магазин Atmel Gallery.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 34 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

В процесі трудової діяльності людини на неї можуть впливати небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Розглянемо основні небезпечні фактори, які можуть виникнути при розробці та виготовленні приладу:

1. Фізичні фактори. В процесі виготовлення приладу велися роботи в умовах підвищених температур поверхонь обладнання, оброблюваних матеріалів і інструменту, частинок що відлітають, електричного струму, недостатнього освітлення робочої зони, підвищеної яскравості світла, підвищеної пульсації світлового потоку.

2. Хімічні фактори. До хімічних факторів можна віднести використання ацетону, пари каніфолі і важких металів, які були задіяні під час пайки.

3. Психофізіологічні фактори. До факторів цього типу можна віднести перенапруження аналізаторів (зору), розумове перенапруження, пов'язані з напруженим трудовим процесом і монотонністю праці.

- Вимоги безпеки розроблювального пристрою

Додаткового захисту від ураження електричним струмом, не потрібно. Прилад виконаний з якісного пластика, всі шви, задирки і кромки акуратно оброблені, що виключає можливість травмування. Корпус виробу розроблений так, що всі кути зглажені.

За ступенем захисту від шкідливого проникнення води пристрій відноситься до звичайних виробів .

Семи-сегментний дисплей, використаний для виведення результатів вимірювання, яскравий і чіткий і не потребує додаткової підсвічуванню.

Розроблений пристрій не виробляє ніяких шумів і вібрацій, які можуть представляти небезпеку для користувача.

- Вимоги безпеки під час виготовлення пристрою

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 35 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Для того, щоб забезпечити безпеку виробничого процесу при роботі з паяльною станцією при розведенні плати повинні бути зроблені наступні організаційні заходи:

1. Робота з паяльною станцією повинна здійснюватися на спеціально обладнаному місці, на якому повинні знаходитися діелектричні рукавички і килимки, ізолюючі підставки, що забезпечують електробезпеку і мінімізує ризик опіків.

2. Робоче місце повинно бути обладнане місцевими витяжними пристроями.

Для того щоб робота з компонентами, задіяними в розробці, була комфортною потрібно хороший рівень освітлення. Це сприяє прискоренню робочого процесу і зменшує навантаження на зір користувача. Залежно від характеристики, виконуваної зорової роботи, освітленість на підприємстві ділять на розряди. Нормованих показником штучного освітлення є освітленість, одиницею виміру якої є люкс (лк). У зв'язку з тим, що робота ведеться з дуже дрібними деталями. Невідповідність нормам освітлення може привезти до швидкого стомлення, головних болів, втрати зору.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 36 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

В ході виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було проаналізовано сучасний стан розробки пульсометрів.

Наступним етапом був вибір засобів для апаратної і програмної розробки пульсометра. А точніше: були розглянуті основні елементи пристрою, а саме: операційний підсилювач, мікроконтролер та семи-сегментний індикатор.

Було спроектовано електричну принципальну схему, розроблено програму оброблення результатів вимірювання пульсу та промакетовано розроблену систему і проведено вимірювання пульсу.

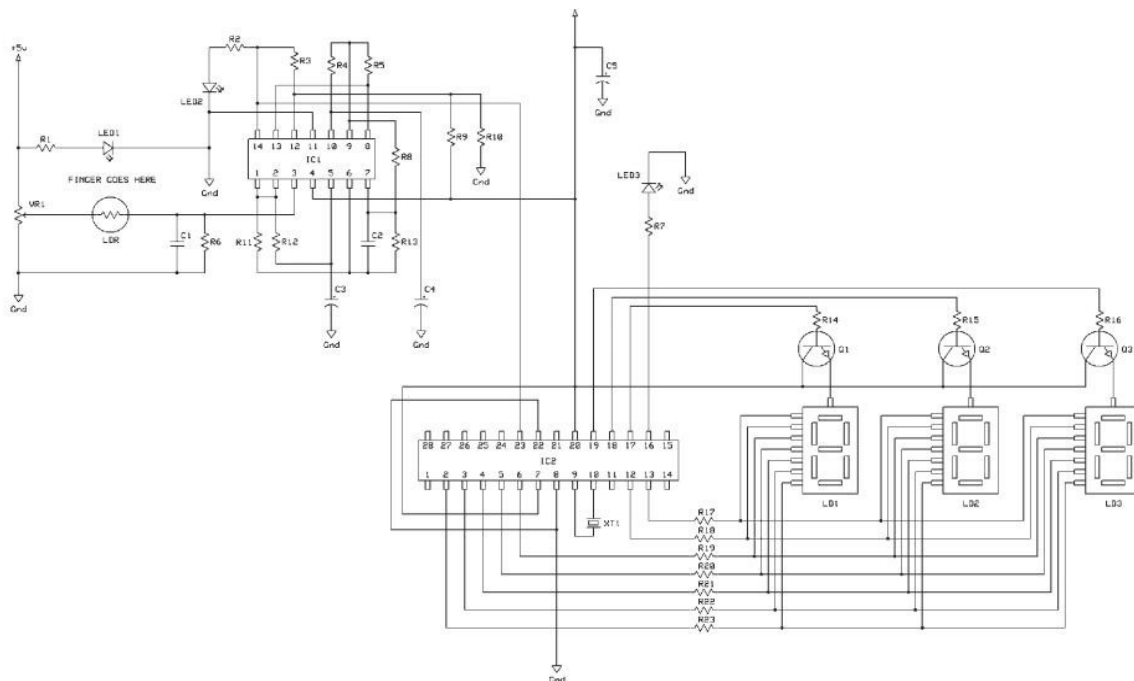
| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 37 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Джон Мортон. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. – Издательский дом Додэка-XXI, 2006.
2. В.В. Гребнев. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel, РадиоСофт, 2002.
3. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы.
4. Воробйова О.М. Основи схемотехніки: підручник / О.М. Воробйова, В.Д. Іванченко.
5. Панфілов І.П. Компонентна база радіоелектронної апаратури: навч. посіб. Модуль 1 / Панфілов І.П., Савицька М.П., Флейта Ю.В.. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2014.
6. Історія розвитку пульсометра [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://beurer-belarus.by/reviews>
7. Фотоплетизмографія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://helpiks.org/5-62029.html>
8. Види пульсометрів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.championat.com/lifestyle>
9. Різниця пульсометрів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://d.facebook.com/notes/taccat-first-aid>
10. Несправності в роботі пристрою [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sobitie.com.ua/novosti>
11. Різниця між пульсометрами [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://med-magazin.ua/ua/articles/view/266/>

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 38 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДОДАТКИ



```
' DEFINE TARGET = MEGA88 @ 4MHZ
```

```
$regfile = "M88def.dat"
```

```
$crystal = 400000
```

```
' CONFIGURE IO PORTS
```

```
Config Portd.0 = Output
```

```
Config Portd.1 = Output
```

```
Config Portd.2 = Output
```

```
Config Portd.3 = Output
```

```
Config Portd.4 = Output
```

```
Config Portd.6 = Output
```

```
Config Portd.7 = Output
```

```
Config Portb.3 = Output
```

```
Config Portb.4 = Output
```

```
Config Portb.5 = Output
```

```
Config Portb.2 = Output
```

```
' DEFINE VARIABLES
```

```
Dim Led(10) As Byte
```

```
Dim A As Byte
```

```
Dim B As Byte
```

```
Dim C As Byte
```

```
Dim D As Word
```

```
Dim E As Word
```

```
Dim F As Integer
```

```
Dim G As Word
```

```
Dim H As Word
```

```
Dim J As Integer
```

```
Dim K As Integer
```

```
Dim X As Byte
```

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|-----|------|----------|--------|------|

123.УДК:004:681.5

Арк.

39

```

' DEFINE LED DIGITS
Led(1) = 8
Led(2) = 187
Led(3) = 97
Led(4) = 49
Led(5) = 178
Led(6) = 52
Led(7) = 4
Led(8) = 185
Led(9) = 0
Led(10) = 48
' SET DEFAULT HEART RATE
K = 60
' START ADC RUNNING
Start Adc
' ***** MAIN LOOP *****
Main:
Do
' READ ADC VALUE
D = Getadc(0)
' GET ADC CHANGE SINCE LAST
F = D - E
F = Abs(f)
E = D
' test bench 1 second = 164 clk
'X = X + 1
'F = 0
'If X = 200 Then
'X = 0
'F = 10
'End If
' HEART BEAT FILTER
If G > 0 Then G = G - 1
If F > 4 And G = 0 Then G = 40
' HEART BEAT LED FLASHER
If G = 1 Then Portb.2 = 0
If G = 20 Then Portb.2 = 1
' CALCULATE HEART RATE PER MINUTE
H = H + 1
If G = 1 Then
J = 9840 / H
H = 0
End If
' SLOWLY ADJUST RUNNING AVERAGE
If G = 1 Then
If K > J Then K = K - 1
If K < J Then K = K + 1
End If
' DISPLAY DATA ON LEDS
If K > 99 Then
C = K Mod 10
B = K \ 10

```

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| | | | | | | 40 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |


```

B = B Mod 10
A = K \ 100
End If
If K < 100 Then
C = K Mod 10
B = K \ 10
A = 0
End If
If K < 10 Then
C = K
B = 0
A = 0
End If
Gosub Ledshow
' RESTART MAIN LOOP
Loop
End
' ***** LED DISPLAY ROUTINE *****

Ledshow:
Portb.5 = 1
Portb.4 = 0
Portb.3 = 0
D = A + 1
Portd = Led(d)
Waitms 2
Portb.5 = 0
Portb.4 = 1
Portb.3 = 0
D = B + 1
Portd = Led(d)
Waitms 2
Portb.5 = 0
Portb.4 = 0
Portb.3 = 1
D = C + 1
Portd = Led(d)
Waitms 2
Return

```

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | 123.УДК:004:681.5 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 41 |