

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних електронних систем  
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

***Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:***

«РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОПОВІЩЕННЯ ЛІКАРЯ В  
РЕАНІМАЦІЙНОМУ ВІДДІЛЕНІ»

Виконав: студент 4 курсу,  
групи БМІ-186,  
спеціальності 163 Біомедична інженерія  
\_\_\_\_\_ Незгода В. М.

Керівник: к. т. н., доц., доцент каф. БМІОЕС  
\_\_\_\_\_ Штофель Д. Х.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Рецензент: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Допущено до захисту  
Зав. кафедри БМІОЕС  
Коваль Л. Г.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних електронних систем  
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем  
Бакалавр  
Спеціальність 163 Біомедична інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ  
завідувач кафедри БМІОЕС  
к. т. н., доцент Коваль Л. Г.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

### ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу  
студенту Незгоді Владиславу Михайловичу, гр. БМІ-186

1. Тема БДР «Розробка пристрою для оповіщення лікаря в реанімаційному відділенні», керівник роботи Штофель Д. Х., к. техн. наук, доцент, затвержені наказом ВНТУ від 24 березня 2022 року № 66.
2. Строк подання студентом роботи – до 10.06.2022 р.
3. Вихідні дані для роботи: діапазон частот – 10 Гц – 12 КГц, чутливість – 35 мВ, інтерфейс USB, схема електрична принципова, наявність мікроконтролерного блоку, Середній час напрацювання приладу на відмову: не менше 25000 годин, друкована плата – 70x70 мм.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):  
1. Аналітичний огляд питання; 2. Опис схеми електричної принципової; 3. Конструкторсько-технологічний розділ; 4. Розробка програмного забезпечення; 5. Охорона праці
5. Зміст графічної частини (з точним зазначенням обов'язкових креслеників):  
схема електрична принципова, креслення друкованої плати, складальне креслення друкованої плати

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Штофель Д. Х. к. т. н., доцент. кафедри БМІОЕС		
Охорона праці	Дембіцька С. В., к. п. н., професор кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання 25 березня 2022 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів БДР	Строк виконання етапів БДР	Примітка
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	До 08.03.2022	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	До 30.04.2022	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	До 15.05.2022	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	До 25.05.2022	
5	Попередній захист БДР	10.06.2022	
6	Нормоконтроль БДР	10.06.2022	
7	Рецензування БДР	21.06.2022	
8	Захист БДР	22.06.2022	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Незгода В. М.

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Штофель Д. Х.

## АНОТАЦІЯ

В бакалаврській дипломній роботі розроблено пристрій для оповіщення оператора про аварію, проведено розробку програмного забезпечення схеми, а також спроектовано друковану плату пристрою. Для автоматизації процесу проектування використано пакет прикладних програм САПР Dip Trace 2.4.

## ANNOTATION

In bachelor thesis work the device to alert the operator of the accident, held software development scheme and designed printed circuit board unit. To automate the design process uses CAD application package Dip Trace 2.4.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПИТАННЯ .....	6
1.1 Аналогічні системи оповіщення.....	6
1.2 Порівняльна характеристика систем оповіщення оператора про аварію	6
1.3 Види систем оповіщення.....	10
2 ОПИС СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ .....	11
2.1 Аналіз елементної бази.....	12
3 КОНСТРУКТОРСЬКО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ .....	14
3.1 Загальні відомості та завдання компонування.....	11
3.2 Визначення геометричних характеристик пристрою.....	15
3.3 Визначення маси пристрою.....	18
3.4 Розрахунок надійності пристрою .....	20
3.5 Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанту розв'язання основної задачі проекту.....	25
3.6 Розробка конструкції друкованої плати .....	27
3.7 Вибір класу точності друкованої плати.....	27
3.8 Вибір матеріалу друкованої плати .....	28
3.9 Розрахунок діаметрів контактних площадок .....	29
3.10 Розрахунок ширини провідників.....	30
3.11 Трасування друкованої плати .....	32
3.12 Розрахунок плати на вібростійкість .....	34
3.13 Аналіз електрормагнітної сумісності елементів друкованої плати .....	37
3.14 Тепловий розрахунок пристрою .....	40
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	42
4.1 Вибір мікроконтролера для центрального блоку.....	42
4.2 Ядро центрального процесорного пристрою AVR.....	43
5 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	52
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	53
5.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця .....	53

5.1.2 Електробезпека приміщення.....	55
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	56
5.2.1 Мікроклімат .....	56
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	57
5.2.3 Виробниче освітлення .....	58
5.2.4 Виробничий шум.....	59
5.2.5 Виробничі випромінювання.....	50
5.3 Пожежна безпека.....	61
5.3.1. Технічні рішення системи запобігання пожежі .....	61
5.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту.....	62
ВИСНОВОК.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	67
ДОДАТКИ.....	70
Додаток А (обов'язковий) Технічне завдання .....	71
Додаток Б (обов'язковий) Графічна частина.....	74
Додаток В (довідковий) Лістинг програми .....	82

## ВСТУП

Сучасні технології дозволяють створювати системи, які вчасно попереджають про настання або наближення деякої події. У відділенні реанімації та інтенсивної терапії медичний персонал постійно відчуває підвищений рівень навантаження. Лікарям необхідно контролювати процеси та при цьому надавати максимум уваги кожному пацієнтові. При цьому часто важливі, але рутинні завдання забирають надзвичайно багато часу та зусиль, що на турботу та індивідуальний підхід до пацієнта ресурсів майже не залишається. Сучасні технології дозволяють оптимізувати роботу і таким чином досягти нового рівня медичної допомоги.

У реанімаційному відділенні важлива буває кожна секунда, тому проблема своєчасного оповіщення лікарів існує навіть у наш цифровий час. Щодня реєструються випадки, яких можна було б запобігти або уникнути шляхом швидшого та більш інформаційного повідомлення за допомогою спеціалізованих систем оповіщення. Важливою складовою такого повідомлення є його точність та однозначність.

При цьому для підвищення надійності краще, якщо у відділенні будуть одночасно встановлено дві різні системи оповіщення про критичну ситуацію, що значно спростить відстеження ситуації. Розуміючи серйозність даної проблеми, виникла необхідність створення нової єдиної надійної універсальної системи GSM оповіщення.

Актуальність розробленої системи оповіщення підкреслюється підвищенням завантаженості клінічних установ і реанімаційних відділень, підвищенням вимог до якості медичного обслуговування, а також світоглядним курсом на підвищення рівня життя.

Розроблювальний пристрій (GSM-сигналізація) націлений на широке коло споживачів, серед яких можуть бути не лише лікарі-реаніматологи, а й медичні фахівці будь-якої спеціальності. Також можливе застосування

системи поза системою охорони здоров'я для оповіщення про надзвичайні або невідкладні ситуації на виробництві, у сфері обслуговування або у побуті в складі «розумного будинку». Також система повинна бути доступна за своєю ціною для багатьох споживачів. Розроблювальний пристрій призначений для контролю роботи датчиків (сповіщувачів), моніторингу, дозвону та надсилання текстового повідомлення (SMS) по каналу зв'язку GSM в разі надзвичайної ситуації. Пристрій застосовується спільно із мобільним телефоном стандарту GSM.

Система надає можливість з легкістю підлаштовуватися під різні вимоги замовника. Кілька видів інтерфейсів будуть передбачені на платі, а вибір того чи іншого варіанту реалізується при отриманні конкретного замовлення від замовника і прошивкою того чи іншого варіанту програми. Якщо замовник у процесі експлуатації захоче змінити функції, то просто відбувається перепрограмування, дооснащення додатковими зовнішніми пристроями при необхідності і повернення системи замовникові. Універсальність системи немаловажлива при виборі системи споживачем.

В якості вихідних даних для роботи використаний набір технічних засобів, що у сукупності представляють пристрій оповіщення: мікроконтролер, мобільний телефон, датчики, зчитувач ключів, зарядний пристрій.



## 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПИТАННЯ

### 1.1 Аналогічні системи оповіщення

Найближчим аналогом розроблюваного пристрою оповіщення є системи сигналізації операторів (користувачів) щодо аварійних ситуацій у певному приміщенні шляхом зчитування показників відповідних давачів.

До найбільш популярних за частотою застосування відносяться системи сигналізації для оповіщення оператора про аварію з додаванням недорогих функцій СМС-оповіщення.

У зв'язку з тим, що комплексні системи сигналізації найчастіше виробляються за високою ціною для забезпечених клієнтів.

Мета таких систем – оповіщення про аварію та моніторинг роботи різних технологічних операцій на виробництвах, заводах та ін.

### 1.2 Порівняльна характеристика систем оповіщення оператора про аварію

Розглянемо три аналога найбільш придатних за характеристиками і функціональним призначенням розроблюваного пристрою. Мета порівняння полягає в підтвердженні факту актуальності і необхідності кінцевого електронного засобу в споживчому сегменті ринку.

У таблиці представлений рейтинг вироблений за принципом розподілу балів від 0 (найгірший значення порівнюваного параметра із запропонованих) до 6 (краще значення порівнюваного параметра). Внизу таблиці наведені підсумки порівнюваних параметрів по семи бальній шкалі. GSM - сигналізація не сильно перевершує Страж GSM-M. Але зауважимо, що РЕЗ № 3 дорожче РЕЗ № 4, причина тому складне виготовлення пристрою або вже зарекомендувала його марка на ринку.

Таблиця 1.1 - Характеристики прототипів

	РЭС №1		РЭС №2		РЭС №3		РЭС №4	
Ціна	7800	2	8500	0	3 200	4	1 050	6
Сповіщення при падінні напруги живлення	+/+		+/+		+/+		+/+	
Цілодобовий контроль входів	+		+		+		+	
Дискретні датчики	+		+		+		+	
Аналогові датчики	+	6	+	6	-	0	-	0
Простота в експлуатації	-	0	-	0	+	6	+	6
Температурний діапазон	-20С...+40С	2	0С..+49С	4	-20С..+60С	6	-20С..+60С	6
Рейтинг	10		10		16		18	

Звернемо увагу на велике число подібностей і не принципове технічне відмінність розглянутих пристроїв. Не дивлячись на це, цінової спектр широкий для середнього класу громадян. І проектувана пристрій по співвідношенню функціональність / ціна перевершує своїх конкурентів.

Система "Страж SMS 8x6 GPS" (рисунок 1.1) призначається для контролю, моніторингу та оповіщення аварії на тепловому пункті, а так само для управління віддаленими об'єктами.



Рисунок 1.1 Страж SMS 8x6 GPS

Головними особливостями цієї моделі є:

- Збільшена кількість входів і виходів (7 входів датчиків, вхід сигналу постановки на охорону / 4 керованих виходи, вихід індикатора стану системи
- Використання практично будь-яких типів датчиків (аналогові, цифрові (контактні)).
- Управління за допомогою DTMF сигналів, що дає можливість керувати системою не лише через SMS-повідомлення, але і з будь-якого телефонного апарату, що підтримує тональний набір, і робити це в режимі реального часу.
- Віддалений контроль і поповнення балансу коштів на SIM-картці пристрої.
- Можливість "інтелектуального GPS контролю" - тривога при зміні GPS координат.
- Наявність автоматичного внутрішнього обігріву дозволяє працювати при низьких температурах.
- Живлення від 7.5В до 30В постійного струму або від мережі ~ 220В (при використанні мережного адаптера).
- Температурний діапазон-40С .. +40 С.

Основні переваги «Страж SMS 8x6 GPS»:

- Простота програмування і управління.
- Тривожна інформація про зміну стану входів об'єкта передається у вигляді SMS-повідомлень і дзвінків від даного пристрою (до 3 телефонних номерів).
- Можливі SMS за запитом з телефонів абонентів для одержання інформації:
  - Про залишок коштів на рахунку;
  - Про статус пристрою (стан охорони, харчування, входів і виходів управління);

- Про GPS-координатах пристрою (якщо підключений GPS-приймач).

- Можливе дистанційне керування самим Стражем і зовнішніми пристроями, підключеними до нього DTMF-командою, зателефонувавши на об'єкт (управління 6 виходами виконавчих пристроїв).

- Можливість підключення мікрофону для віддаленого прослуховування приміщення при спрацьовуванні датчика (протягом 4 хвилин).

- Підтримка стільникових мереж GSM.

- Вбудований Li-Ion акумулятор (до 2 діб роботи при пропажі зовнішнього живлення).

- Відсутність жорсткої зв'язки між виникненням події та управлінням виконавчими пристроями.

- Режим тривалої роботи - МікроПотребляючий режим, який дозволяє працювати від повністю зарядженого акумулятора протягом декількох місяців.

- Контроль струму споживання зовнішніми модулями і їх автовідключення при неполадках в них.

При спрацьовуванні якого-небудь з контрольованих датчиків, пристрій дозвонюється і / або розсилає SMS-повідомлення за списком телефонів (до 3 номерів), попередньо записаних в SIM карту. Можна прослухати приміщення протягом чотирьох хвилин (тільки при тривозі).

Підключаються датчики можуть бути:

- аналоговими (видають напругу з інтервалу 0 .. 15 В) - датчики руху, датчики витоку газу, пожежні датчики задимлення та ін;

- контактними (цифровими) - кнопка, геркон, пожежний датчик, датчик об'єму (ІЧ-датчик), акустичний датчик.

Спрацьовування датчиків контролюється незалежно один від одного, у відповідності з установками логіки роботи, які розташовуються в SIM-карті.

### 1.3 Види систем оповіщення

Система оповіщення - отримання, обробка, передача і уявлення в заданому вигляді споживачам за допомогою технічних засобів інформації про певну подію на об'єктах.

Основні функції забезпечуються різними технічними засобами. Для виявлення служать сповіщувачі, для обробки, протоколювання інформації і формування сигналів тривоги - приймально-контрольна апаратура і периферійні пристрої.

Системи охоронної сигналізації виконують завдання своєчасного сповіщення служби охорони (у нашому випадку, власника) про факт несанкціонованого проникнення або спробу проникнення людей в будівлю або його окремі приміщення з фіксацією дати, місця і часу події

Для того щоб забезпечити повну безпеку об'єкта необхідно визначити всі можливі фактори виникнення аварії.

## 2 ОПИС СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ

Наведена система оповіщення оператора про аварію працює наступним чином. При включенні блоку системи оповіщення тумблером SA1; якщо датчик F1 буде перебувати в положенні, показаному на схемі, то незалежно від стану інших датчиків пристрій буде чекати, поки він спрацює, після чого почнеться відлік часу затримки (12 секунд) включення режиму робота (індикатором початку відліку часу є блимання зеленим кольором світлодіода HL1).

Для виконання всіх цих функцій у схему додані вузли: обмежувача часу звучання звукового сигналу на лічильнику; тригера для забезпечення режиму очікування початку відліку тимчасового інтервалу. Світлодіод HL1 і пезовипромінювач дозволяють більш повно контролювати режими роботи пристрою, що зручно при експлуатації.

У початковий момент включення живлення схеми сформований імпульс, забезпечує обнулення лічильника.

Після спрацьовування датчика на виході мікроконтролера з'явиться лог. "1", що приведе до появи на виводі 3 лог. "0". Почне працювати генератор і пов'язаний з ним лічильник, до моменту часу, поки на 4 не з'явиться лог. "0". При цьому схема переходить в режим готовності і перебуватиме в такому стані, поки не спрацює будь-який датчик.

Якщо спрацює один з датчиків (коли схема знаходиться в режимі готовності), це призведе до перемикання тригера, що включить роботу генератора і лічильника. У цьому випадку через 6 секунд з'явиться звуковий сигнал оповіщення. За цей інтервал часу необхідно відключити блок системи оповіщення.

Коли блок системи оповіщення працює в режимі оповіщення, крім звукового сигналу, буде червоним кольором світитися індикатор.

Для того щоб знизити струм споживання схемою при роботі світлодіода в режимі індикації, напруга на нього подається імпульсами. Через інерції зору це непомітно.

В якості датчиків зручно використовувати герконові контакти, наприклад КЕМ-1, спільно з магнітом. Вони малогабаритні і мають високу надійність.

## 2.1 Аналіз елементної бази

В загальному елементна база задається розробником електричної схеми. Аналіз елементної бази проводиться тільки з метою з'ясування, чи забезпечує вона задані характеристики виробу, які передбачені умовами експлуатації і режимом роботи, та чи необхідно намітити які-небудь конструкторські заходи для нормального функціонування розробки, при цьому слід враховувати відповідність номіналів і потужність елементів схеми, їх швидкодію, забезпечення технічних вимог до приладу і конструкції, наявність даних типів елементів в серійному виробництві.

Згідно з переліком елементів до схеми електричної принципової, що наведений у додатках, здійснюємо опис характеристик обраних радіоелементів. Варто зазначити, що під час вибору елементної бази віддавалась перевага радіокомпонентам із мінімальними малогабаритними показниками, але із заданою навантажувальною здатністю, щоб пристрій мав якомога менші розміри і працював надійно. Оскільки елементна база за останні десятиліття істотно розширилась, то під час проектування пристрою було зроблено заміну радіокомпонентів, розроблених раніше, на більш нові, які вже випередили їх за електричними показниками та, що головне, габаритними показниками. Це дозволило суттєво підвищити надійність пристрою і зменшити його розміри.

Таблиця 2.1 Конструктивно-експлуатаційні характеристики елементів

Назва елемента	Кіл., шт.	Конструктивні параметри			Допустимі умови експлуатації		
		Маса, г	Площа встанов.	Діаметр виводу, мм	Макс. темп. °С	Частота вібрації, Гц	Лінійні прискорення, g
<b>Конденсатори</b>							
K1017Б	2	0,5	21	0,6	+155	15...200	7,5
K50-20	5	0,5	15	0,6	+155	15...200	7,5
<b>Мікросхеми</b>							
Atiny 2313	2	0,5	78,7	0,5	+70	5...600	15
HC49CM	1	1	146,2	0,5	+70	5...600	15
LM78L05	1	1	165	0,5	+70	5...600	15
<b>Резистори</b>							
C2-23-0,125	10	0,15	20	0,6	+300	10...2000	10
СП3-39а	1	0,5	35	0,6	+300	10...2000	10
РП4-1-III	1	(2)	-	0,6	+300	10...2000	10
<b>Кнопка</b>							
Тактова	1	(5)	-	-	+70	2...2500	15
<b>Діоди</b>							
КД522	3	0,15	27	0,5	+100	10...600	7,5
<b>Мікрофон</b>							
BM1	1	0,15	16	0,5	+70	2...2500	15
<b>Роз'єм</b>							
WF2	1	8,5	1890	0,9	+70	2...2500	15



## 3 КОНСТРУКТОРСЬКО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Загальні відомості та завдання компоунвання

Загальні принципи компоунвання визначають типові конструктивні елементи, які закладаються в основу процесу збірки РЕА. Вибір принципу компоунвання в основному залежить від вимог, які висуваються до конструкції РЕА і тих обмежень, які на неї накладаються.

Процес компоунвання – це процес вибору форми, основних геометричних розмірів, конструкції, визначення її орієнтовної маси та розміщення в просторі її елементів, вузлів, елементів опори тощо. Даний процес виконується для забезпечення максимально корисного ефекту від роботи приладу. Результатом процесу компоунвання є компоувальний ескіз.

При аналітичному методі компоунвання оперують числовими значеннями основних конструктивних характеристик виробу, якими можуть бути габаритні розміри, площа, об'єм, маса, органи управління тощо.

Метод модельного компоунвання найбільш розповсюджений через свою простоту та наглядність. При цьому використовують 2d або 3d моделі, виконані у вигляді спрощених креслеників.

Суть методу графічного компоунвання заключається в побудові спрощеного графічного кресленика елементів РЕА, а також різних варіантів компоунвання. Для цього використовують типові трафарети, штампи тощо.

При натурному компоунванні замість моделі використовують реальні радіоелементи: резистори, конденсатори, мікросхеми тощо.

Процес компоунвання блоків РЕА розглядається в трьох аспектах:

- із дотриманням вимог зручності процесу складання, контролю, обслуговування, ремонту, механічного та електричного з'єднання, при цьому враховуються також ергономічні вимоги.

- функціональне компонування – розміщення та встановлення радіоелементів на друкованій платі з врахуванням функціональних та енергетичних вимог до конструкції, а також щільності компонування і встановлення радіоелементів, загальної щільності топології друкованих провідників [16].

Попереднє компонування перших двох аспектів полягає у визначенні форми та габаритних розмірів.

Функціональне компонування приладу проводиться з метою визначення основних габаритних розмірів друкованої плати, вибору способу її проектування та виготовлення. Для проведення процесу функціонального компонування достатньо переліку елементів приладу. У випадку насиченого, складного компонування, крім власне переліку елементів необхідна також принципова електрична схема приладу, та, поза тим, необхідно мати окремі вказівки щодо спеціальних характеристик конкретної схеми.

Впродовж розроблення конструкції приладу необхідно провести процес компонування на двох рівнях:

1 – проектування конструкції друкованої плати з обов'язковою прив'язкою класів радіоелементів за їх функціональними групами, теплової сумісності із мінімізацією довжин з'єднувальних друкованих провідників;

2 – зовнішнє компонування приладу, із урахуванням всіх висунутих в ТЗ вимог. До них відносять технологічність та ремонтпридатність. Тобто, слід здійснити внутрішнє та зовнішнє компонування приладу з урахуванням вимог ТЗ.

### 3.2 Визначення геометричних характеристик пристрою

Перш за все визначимо оптимальні орієнтовні геометричні розміри плати за формулою:

$$S_{\text{плати}} = \sum S_{\text{уст}} \cdot q, \quad (3.1)$$

де  $\sum S_{\text{уст}}$  – сукупність усіх установлювальних площ радіокомпонентів, що будуть розміщені на платі,

$q$  – коефіцієнт дезінтеграції,  $q = 2 \dots 4$ .

Знаходимо  $\sum S_{\text{уст}}$ , додавши дані з таблиці 2.1 (зауважимо, що 21 резистор разом з індикаторами розміщені а другій платі):

$$\sum S_{\text{уст}} = 5331 - 420 = 4911 \text{ мм}^2 \approx 49,2 \text{ см}^2$$

Маємо орієнтовну площу плати:

$$S_{\text{плати}}^{\text{ор}} = 4911 \times (2 \dots 4) = (9822 \dots 19644) \text{ мм}^2.$$

Реальні розміри плати 125×65 мм (оскільки застосовано двосторонній монтаж), при цьому площа плати:

$$S_{\text{плати}} = 70 \cdot 60 = 8125 \text{ мм}^2 = 120 \text{ см}^2.$$

Висота корпусу пов'язана з максимальною висотою радіоелементів. В нашому випадку у пристрої таким є конденсатори КМ-5б:

$$h_{\text{max}} = h_{\text{C1}} = 20 \text{ мм}.$$

Геометричні розміри виробу, скомпонованого за першим варіантом, будемо знаходити таким чином.

Внутрішній об'єм пов'язаний з об'ємом, який повинні займати плати з радіокомпонентами (додаючи певний запас), а висота – враховуючи наявність плати з індикаторами.

Для першого і другого варіанту отримаємо такі параметри.

Внутрішні розміри:

а) висота  $h_{вн} = h_{max} + 30 \text{ мм} = 14 + 10 = 24 \text{ мм};$

б) довжина  $a_{вн} = 70 + 8 = 78 \text{ мм};$

в) ширина  $b_{вн} = 60 + 5 = 65 \text{ мм}.$

Зовнішні габарити (із врахуванням товщини корпусу):

а) висота  $h_{зовн} = h_{вн} + 2 \times t_{стінки} = 44 + 2 \times 1 = 46 \text{ мм};$

б) довжина  $a_{зовн} = a_{вн} + 2 \times t_{стінки} = 50 + 2 = 52 \text{ мм};$

в) ширина  $b_{зовн} = b_{вн} + 2 \times t_{стінки} = 55 + 2 = 57 \text{ мм}.$

Об'єм корпусу:

$$V_{корп} = V_{зовн} = 4,6 \cdot 13,5 \cdot 7 = 434,7 (\text{см}^3).$$

Об'єм пристрою:

$$V_{прис}^I = V_{прис}^{II} = V_{корп} = 434,7 (\text{см}^3).$$

Для третього варіанту:

а) висота  $h_{вн} = h_{max} + 40 \text{ мм} = 14 + 40 = 54 \text{ мм};$

б) довжина  $a_{вн} = 50 + 18 = 68 \text{ мм};$

в) ширина  $b_{вн} = 55 + 8 = 63 \text{ мм};$

Зовнішні габарити (із врахуванням товщини корпусу):

а) висота  $h_{зовн} = h_{вн} + 2 \times t_{стінки} = 54 + 2 \times 1 = 56 \text{ мм};$

б) довжина  $a_{зовн} = a_{вн} + 2 \times t_{стінки} = 50 + 2 = 52 \text{ мм};$

в) ширина  $b_{зовн} = b_{вн} + 2 \times t_{стінки} = 55 + 2 = 57 \text{ мм}.$

Об'єм корпусу:

$$V_{\text{корп}} = V_{\text{зовн}} = 5,6 \cdot 14,5 \cdot 7 = 568,4 (\text{см}^3).$$

Об'єм пристрою:

$$V_{\text{прист}}^{\text{III}} = V_{\text{корп}} = 568,4 (\text{см}^3).$$

### 3.3 Визначення маси пристрою

Знаходимо об'єм плати:

$$V_{\text{пл}} = S_{\text{плати}} \times h_{\text{плати}} = 55 \times 0,15 = 12,18 (\text{см}^3).$$

Знаходимо масу плати:

$$m_{\text{пл}} = V_{\text{пл}} \times \rho_{\text{текст}} = 12,18 \times 1,4 = 17 (\text{г}).$$

Масу радіокромпонентів одержуємо з довідникової таблиці 2.1. Маса елементів, що будуть розміщені на друкованій платі, складе:

$$m_{\text{ел}}^{\text{пл.}} = 34 - 3 = 31 (\text{г}),$$

а маса елементів поза платою:

$$m_{\text{ел}}^{\text{кор.}} = 3 + 10 = 13 (\text{г}).$$

Сумарна маса елементів:

$$m_{ел} = m_{ел}^{нл.} + m_{ел}^{кор.} = 31 + 13 = 44 (г).$$

Маса елементів для другого і третього варіантів буде аналогічною, оскільки в ньому використовуються ті ж радіоеlementи.

Маса виробу включає маси корпусу, плати і елементів.

Розрахуємо її для першого варіанту:

Маса корпусу:

$$m_{КОРП} = (V_{ЗОВН} - V_{ВН}) \cdot \rho_{МАТ} = (434,7 - 4,4 \cdot 13,3 \cdot 6,8) \cdot 2,7 = 99,3(г).$$

Маса пристрою:

$$m^I_{прист} = m_{корп} + m_{нл} + m_{елем} = 99,3 + 17 + 44 = 160,3 (г).$$

Для другого варіанту:

Маса корпусу:

$$m_{КОРП} = (V_{ЗОВН} - V_{ВН}) \cdot \rho_{МАТ} = (434,7 - 4,4 \cdot 13,3 \cdot 6,8) \cdot 1,35 = 49,6(г).$$

Маса пристрою:

$$m^II_{прист} = m_{корп} + m_{нл} + m_{елем} = 49,6 + 17 + 44 = 110,6 (г).$$

Для третього варіанту:

Маса корпусу:

$$m_{КОРП} = (V_{ЗОВН} - V_{ВН}) \cdot \rho_{МАТ} = (568,4 - 14,3 \cdot 5,4 \cdot 6,8) \cdot 1,35 = 58,5(г),$$

Маса пристрою:

$$m^{III}_{\text{прист}} = m_{\text{корп}} + m_{\text{пл}} + m_{\text{елемз}} = 58,5 + 17 + 44 = 119,5 \text{ (г)}.$$

Дані заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики трьох варіантів конструкції

Параметр	I	II	III
Об'єм V, см <sup>3</sup>	434,7	434,7	568,4
Маса m, г	160,3	110,6	119,5
Надійність λ, ×10 <sup>-6</sup> год <sup>-1</sup>	7,02	7,02	7,02

### 3.4 Розрахунок надійності пристрою

Надійність являється одним із основних параметрів конструкції, розрахунок якої дозволяє зробити висновки щодо вірності вибраної схеми побудови приладу та загалом про конструкцію всього виробу. Надійність всього приладу визначається надійністю та кількістю елементів, з яких він складається, кількістю зв'язків між ними, а також способами кріплення елементів конструкції, видами їх з'єднань між собою, впливом зовнішніх факторів, електричних та теплових навантажень на елементи приладу тощо.

Визначення загальної надійності пристрою полягає у розрахунку показників надійності виробу за відомими характеристиками надійності його складових елементів та умовами експлуатації. Вихідними показниками розрахунку слугують інтенсивності відмов радіоелементів за нормальних умов експлуатації.

Доцільно скористатися методикою розрахунку експлуатаційної надійності приладу згідно з [20] за допомогою наступних математичних моделей.

В загальному випадку математична модель надійності має вигляд:

$$\lambda_e = \lambda_0 \cdot \prod_i k_i, \quad (3.2)$$

де  $\lambda_e$  – експлуатаційна інтенсивність відмов,  $c^{-1}$ ;

$\lambda_0$  – інтенсивність відмов за нормальних умов і номінального електричного навантаження,  $c^{-1}$ ;

$k_i$  – вагові коефіцієнти, що входять до математичної моделі.

Для електронного обладнання загальна інтенсивність відмов складає:

$$\lambda_{EA} = K_{AM} \cdot K_{OBSL} \cdot \sum_{i=1}^N \lambda_{ei}, \quad (3.3)$$

де  $K_{AM}$  – коефіцієнт, який залежить від амортизації електронної апаратури; за відсутності системи амортизації у виробі (як у нашому випадку)  $K_{AM} = 1$ ;

$K_{OBSL}$  – коефіцієнт, який залежить від якості технічного обслуговування електронної апаратури; для побутових виробів  $K_{OBSL} = 1$ ;

$\lambda_{ei}$  – інтенсивність експлуатації  $i$ -го виду електронного обладнання;

$n$  – кількість видів електронних компонентів у виробі.

Оскільки пристрій – стаціонарний, експлуатується в стабільних умовах, то коефіцієнт умов використання  $K_e = 1$  [19,20], запишемо математичні моделі для кожного з елементів конструкції і обчислимо значення інтенсивностей відмов.

Для керамічних конденсаторів:



$$\lambda_E = \lambda_{0CG} \cdot K_P \cdot K_C \cdot K_e, \quad (3.4)$$

де  $K_P$  – коефіцієнт навантаження, визначається з таблиці 2.6 [20];

$K_C$  – коефіцієнт, що залежить від ємності конденсатора, з таблиці 2.8 [20].

Оскільки на конденсаторі максимальна напруга падає тоді, коли вона рівна напрузі живлення, то відношення  $U/U_H$ :

$$\frac{U}{U_H} = \frac{2,5}{5} = 0,5,$$

тому  $K_P = 0,15$ , а  $K_C = 0,8$  (усереднене значення), то одержимо:

$$\lambda_E = 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 0,15 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,0012 \cdot 10^{-6} (\text{год}^{-1}).$$

Для мікросхем:

$$\lambda_E = \lambda_H \cdot K_e, \quad (3.5)$$

маємо:

$$\lambda_E = 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 0,1 \cdot 10^{-6} (\text{год}^{-1}).$$

Для індикаторів:

$$\lambda_E = \lambda_0 \cdot K_e, \quad (3.6)$$

маємо:

$$\lambda_E = 0,15 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 0,15 \cdot 10^{-6} (\text{год}^{-1}).$$

Для діодів:

$$\lambda_E = \lambda_0 \cdot K_P \cdot K_\phi \cdot K_{S1} \cdot K_e, \quad (3.7)$$

де  $K_P$  – коефіцієнт навантаження, визначається з таблиці 3.6 [20];  $K_P = 0,256$  (при величині коефіцієнту навантаження 0,7);

$K_{\Phi}$  – коефіцієнт, що залежить від функціонального режиму роботи [20],  
 $K_{\Phi} = 1,0$ ;

$K_{S1}$  – коефіцієнт, що залежить від навантаження за напругою, згідно з [20]  $K_{S1} = 0,75$ .

Маємо:

$$\lambda_E = 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,256 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,02 \cdot 10^{-6} (\text{год}^{-1}).$$

Для резисторів:

$$\lambda_E = \lambda_{0CF} \cdot K_P \cdot K_e \cdot K_R, \quad (3.8)$$

де  $K_P$  – коефіцієнт навантаження, визначається з таблиці 3.6 [20];  $K_P = 0,57$ ;

$K_R$  – коефіцієнт, що залежить від опору резистора, з [20],  $K_R = 0,7$  (для резисторів опором  $1 \dots 100$  кОм).

Маємо:

$$\lambda_E = 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 0,57 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,004 \cdot 10^{-6} (\text{год}^{-1}).$$

Для роз'ємів:

$$\lambda_E = \lambda_0 \cdot K_e, \quad (3.9)$$

маємо:

$$\lambda_{E1} = 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 0,01 \cdot 10^{-6} (\text{год}^{-1}),$$

Для кварцових резонаторів:

$$\lambda_E = \lambda_0 \cdot K_e, \quad (3.10)$$

маємо:

$$\lambda_{E1} = 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 0,1 \cdot 10^{-6} (\text{год}^{-1}),$$

Для кнопок і перемикачів:

$$\lambda_E = \lambda_0 \cdot K_e, \quad (3.11)$$

маємо:

$$\lambda_E = 0,45 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 0,45 \cdot 10^{-6} (\text{год}^{-1}).$$

Для транзистора:

$$\lambda_E = \lambda_{OCr} \cdot K_P \cdot K_\Phi \cdot K_{дн} \cdot K_{S1} \cdot K_e, \quad (3.12)$$

де  $K_P$  – коефіцієнт навантаження, визначається з [20];  $K_P = 0,36$  (за коефіцієнта навантаження 0,7);

$K_\Phi$  – коефіцієнт, що залежить від функціонального режиму роботи, з [20],  $K_\Phi = 1,5$ ;

$K_{дн}$  – коефіцієнт, що залежить від потужності транзистора, з таблиці 3.12 [20],  $K_{дн} = 0,5$  (потужність становить менше 1 Вт);

$K_{S1}$  – коефіцієнт, що залежить від навантаження за напругою, з [20]  $K_{S1} = 1,0$ .

Маємо:

$$\lambda_E = 0,29 \cdot 10^{-6} \cdot 0,36 \cdot 1,5 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1 = 0,078 \cdot 10^{-6} (e^{-1}).$$

Занесемо результати обчислень до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Експлуатаційні інтенсивності відмов елементів пристрою

Елемент	Експлуатаційна інтенсивність, $\times 10^{-6} \text{ год}^{-1}$	Кількість елементів	Сумарна інтенсивність, $\times 10^{-6} \text{ год}^{-1}$
Конденсатори	0,0012	6	0,0072
Мікросхеми	0,1000	16	1,6000
Резистори	0,0040	43	0,1720
Роз'єми	0,0100	1	0,0100
Транзистори	0,0780	4	0,3120
Кнопки	0,4500	1	0,4500
Пайка	0,0100	342	3,4200
Плата	0,5000	1	0,5000

Сумарна інтенсивність відмов для всіх варіантів:

$$\sum \lambda_{i2} = 0,0072 + 1,6 + 0,45 + 0,172 + 0,01 + 0,1 + 0,312 + 0,45 + 3,42 + 0,5 = 7,02 \cdot 10^{-6} (\text{год})$$

Надійність пристрою характеризується напрацюванням на відмову, що обчислюється за формулою (3.13):

$$T = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} (\text{год}). \quad (3.13)$$

Підставимо дані:

$$T_1 = T_2 = T_3 = \frac{1}{7,02 \cdot 10^{-6}} = 142450 (\text{год}).$$

Як бачимо, надійність пристрою третього варіанту компоновання нижча у порівнянні з першим і другим, що підтверджує його неспроможність задовольнити вимогам технічного завдання.

### 3.5 Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанту розв'язання основної задачі проекту

Основною задачею даного проекту є забезпечення мінімізації габаритів і маси нового виробу. Кращим буде той варіант рішення основної задачі проекту, який забезпечить найменші габарити та масу нової розробки при відповідності останніх нормативним даним.

Вибір оптимального варіанту конструкції здійснюємо, використовуючи метод комплексного показника [16, 17]. Для цього необхідно задатися пріоритетними показниками: об'ємом, масою, інтенсивністю відмов та собівартістю. Комплексний показник обчислюємо за формулою (3.14) [16,17]:

$$Q = K_1 \cdot \frac{M}{M_{T3}} + K_2 \cdot \frac{V}{V_{T3}} + K_3 \cdot \frac{\lambda}{\lambda_{T3}} + K_4 \cdot \frac{C}{C_{T3}} \quad (3.14)$$

де  $M$  – маса пристрою;

$V$  – об'єм пристрою;

$\lambda$  – інтенсивність відмов;

$C$  – ціна виробу;

$M_{T3}$ ,  $V_{T3}$ ,  $\lambda_{T3}$ ,  $C_{T3}$  – відповідно об'єм, маса, інтенсивність відмов та ціна приладу згідно технічного завдання;

$K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $K_4$  – вагові коефіцієнти, що відповідно дорівнюють 0,7, 0,8; 0,9 та 1,0.

Умовно прийнемо вартість для другого варіанту із техніко-економічного обґрунтування за аналог, а надійність – визначається із часу напрацювання і ТЗ, тому розрахунки будемо здійснювати, спираючись на ці дані.

Обчислимо комплексний показник для розглянутих варіантів:

$$Q_1 = 0,7 \cdot \frac{160,3}{450} + 0,8 \cdot \frac{434,7}{600} + 0,9 \cdot \frac{7,02 \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 10^{-6}} + 1 \cdot \frac{250}{450} = 1,71;$$

$$Q_2 = 0,7 \cdot \frac{110,6}{450} + 0,8 \cdot \frac{434,7}{600} + 0,9 \cdot \frac{7,02 \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 10^{-6}} + 1 \cdot \frac{210}{450} = 1,47;$$

$$Q_3 = 0,7 \cdot \frac{119,5}{450} + 0,8 \cdot \frac{568,4}{600} + 0,9 \cdot \frac{7,02 \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 10^{-6}} + 1 \cdot \frac{235}{450} = 1,72.$$

Очевидно, що оптимальною слід вважати конструкцію з найменшим значенням комплексного показника. Як видно з наближених розрахунків, коефіцієнт  $Q_2$  має найменше значення, що і підтверджує правильність вибору варіанту конструкції.

Крім того, технічні характеристики і експлуатаційні параметри пристрою, що проектується за другим варіантом компоновання, істотно відрізняються від першого та третього. Тому можна вважати, що розробка

конструкції вимірювача артеріального тиску за другим варіантом буде вигідною як з економічної, так і технічної точки зору.

### 3.6 Розробка конструкції друкованої плати

Розроблюваний пристрій має у своєму складі мікроконтролер та інші мікросхеми, причому крок трасування має складати 1,25 мм. Тому, для того, щоб полегшити процес трасування друкованих провідників, оберемо двосторонню плату, з третім класом точності. Це дозволить уникнути використання перемичок та спростить загальний процес трасування плати.

При цьому двосторонні плати характеризуються:

- а) високими комутативними та експлуатаційними якостями;
- б) підвищеною міцністю електричних з'єднання;
- в) високою вартістю.

### 3.7 Вибір класу точності друкованої плати

Для даного приладу, враховуючи те, що крок координатної сітки трасування, згідно ГОСТ 10317-82, становить 1,25 мм, і саме трасування дещо ускладнене, оптимальним варіантом буде вибір 3-го класу точності друкованої плати □

Даний клас характеризується наступними елементами конструкції □

- а) ширина друкованого провідника в широких 0 □ 45 мм;
- б) ширина друкованого провідника у вузьких місцях 0 □ 25 мм;
- в) відстань між двома друкованими провідниками 0 □ 25 мм;
- г) гарантійний поясок зовнішнього шару 0 □ 10 мм;
- д) гарантійний поясок внутрішнього шару. 0 □ 05 мм □

В широких місцях ширина друкованого провідника визначається наступним класом по старшинству – для третього це буде другий клас.

### 3.8 Вибір матеріалу друкованої плати

Матеріал друкованої плати повинен відповідати таким вимогам:

- а) мати високу технологічність;
- б) гарні електрофізичні властивості;
- в) забезпечення високої адгезії припою;
- г) мінімальні механічні короблення та деформації.

Таблиця 3.4 Властивості матеріалів друкованих плат

Параметр	Гетинакс	Текстоліт	Склотекстоліт
Щільність без фольги, кг/м <sup>3</sup>	1300...1400	1300...1500	1600...1900
Відносна діелектрична проникність	4,5...6	4,5...6	5...6
Питомий об'ємний опір, Ом·м	10 <sup>12</sup> ...10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup> ...10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup> ...10 <sup>15</sup>
Діапазон робочих температур, °С	-60...+80	-60...+70	-60...+100
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	0,25...0,3	0,23...0,34	0,34...0,74
Температурний коефіцієнт лінійного розширення, 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>	22	22	8...9

Найкращими параметрами, згідно таблиці 4.3, володіє склотекстоліт. Тому в якості матеріалу для нашої друкованої плати доцільно обрати фольгований склотекстоліт двобічний, що маркується СФ-2-35-1,5. Дана марка має товщину фольги 35 мкм, а товщина всього матеріалу з фольгою становить 1,5 мм. Даний матеріал застосовується для виготовлення двосторонніх та односторонніх друкованих плат.

### 3.9 Розрахунок діаметрів контактних площадок

Діаметр контактних площадок розраховується залежно від діаметрів отворів за формулою:

$$D_{\text{КП}} = d_{\text{отв}} + \Delta d_{\text{отв}} + 2 \times e + \Delta t_{\text{в}} + \Delta t_{\text{тр}} + \sqrt{T_d^2 + T_D^2 + t_{\text{нв}}^2}, \quad (3.15)$$

де  $d_{\text{отв}}$  – діаметр отвору;

$\Delta d_{\text{отв}}$  – верхній допуск на діаметр отвору;

$e$  – ширина гарантійного пояса;

$\Delta t_{\text{в}}$  – верхній допуск на ширину провідника;

$\Delta t_{\text{тр}}$  – допуск на підтравлювання діелектрика в отворі;

$T_d$  – позиційний допуск розміщення отворів;

$T_D$  – позиційний допуск розміщення центрів контактних площадок;

$\Delta t_{\text{нв}}$  – нижній допуск на ширину провідника.

Для двосторонньої плати третього класу значення параметрів наступні:

$$\Delta d_{\text{отв}} = 0 \text{ мм}; \quad e = 0,1 \text{ мм}; \quad \Delta t_{\text{в}} = 0,1 \text{ мм}; \quad \Delta t_{\text{тр}} = 0;$$

$$T_d = 0,08 \text{ мм}; \quad T_D = 0,15 \text{ мм}; \quad \Delta t_{\text{нв}} = 0,1 \text{ мм}.$$

Визначаємо загальний допуск:

$$\Delta D_{\text{КП}} = 0 + 2 \times 0,1 + 0,1 + 0 + \sqrt{0,08^2 + 0,15^2 + 0,1^2} = 0,5 \text{ (мм)}.$$

Діаметри отворів розраховуються за формулою:

$$d = d_{\text{вив}} + (0,2 \dots 0,4),$$



де  $d_{\text{вив}}$  – діаметри виводів радіоелементів.

В даному приладі елементи мають наступні діаметри виводів: 0,5; 0,6; 0,9 мм.

Здійснюємо оптимізацію діаметрів отворів:

$$d_1 = 0,5 + 0,4 = 0,9 \text{ мм};$$

$$d_2 = 0,6 + 0,3 = 0,9 \text{ мм};$$

$$d_3 = 0,9 + 0,2 = 1,1 \text{ мм}.$$

Маємо два діаметри отворів:

$$d_1 = 0,9 \text{ мм};$$

$$d_2 = 1,1 \text{ мм}.$$

Знаходимо діаметр контактних площадок:

$$D_1 = 0,9 + 0,5 = 1,4 \text{ мм}.$$

$$D_2 = 1,1 + 0,5 = 1,6 \text{ мм}.$$

### 3.10 Розрахунок ширини провідників.

Розрахунок ширини друкованих провідників проводиться для двох типів електричних друкованих з'єднань: для шин живлення і для провідників, що заезпечують інформаційні канали□

Для шин живлення□

$$B_{\min} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{дон}} \cdot t} [\text{мм}], \quad (3.16)$$

де  $j_{\text{доп}}$  – допустима густина струму, яка для двосторонньої плати, виготовленої комбінованим методом складає  $j_{\text{доп}} = 48 \text{ А/мм}^2$ ,

$t$  – товщина друкованого провідника,  $t = 35 \text{ мкм}$ ,

$I_{\text{max}}$  – максимальний постійний струм, який проходить через друкований провідник,  $I_{\text{max}} = 0,2 \text{ А}$ .

Обчислюємо:

$$b_{\text{min}} = \frac{0,1}{48 \cdot 0,035} = 0,06 \text{ мм} = 60 \text{ мкм} (<250 \text{ мкм}).$$

Визначимо мінімальну ширину провідника з умови допустимого падіння напруги:

$$b_{\text{min}} = \frac{I_{\text{max}} \cdot \rho \cdot l_{\text{max}}}{\Delta U_{\text{доп}} \cdot t},$$

де  $\rho$  – питомий опір провідників,  $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$ ,

$I_{\text{max}}$  – струм, який проходить по провіднику,  $I_{\text{max}} = 0,1 \text{ А}$ ,

$l_{\text{max}}$  – максимальна довжина провідника,  $l_{\text{max}} = 0,07 \text{ м}$ ,

$U_{\text{доп}}$  – допустиме падіння напруги (становить 5% від напруги живлення  $U_{\text{доп}} = 9 \times 0,05 = 0,45 \text{ В}$ ),

$t$  – товщина провідника.

$$b_{\text{min}} = \frac{0,1 \cdot 0,0175 \cdot 0,07}{0,45 \cdot 0,035} = 0,008 \text{ мм} = 8 \text{ мкм} (<250 \text{ мкм}).$$

Розраховані значення ширини провідників не перевищують обраних для третього класу точності.

### 3.11 Трасування друкованої плати

Установка навісних радіоелементів вузла на друкованій платі здійснюється згідно з ОСТ4ГО010030 та ОСТ4ГО010009. В процесі розташування радіоелементів необхідно враховувати наступні фактори: мінімізація габаритних розмірів, забезпечення високої надійності їх роботи, забезпечення відведення тепла від плати та питання ремонтпридатності.

В процесі трасування друкованих провідників необхідно досягти мінімальних довжин зв'язків між радіоелементами, мінімізації паразитних зв'язків між друкованими провідниками та радіоелементами і, якщо це можливо, потрібно виконати рівномірне розташування навісних елементів на друкованій платі.

У зв'язку з складним трасуванням в нашому випадку обираємо крок координатної сітки 1,25 мм. Координатну сітку на поверхні розташовуємо згідно з ГОСТ 2417-78. Всі операції в подальшому здійснюємо автоматизовано, використовуючи програмний пакет OrCAD-2001.

Розроблення друкованої плати розпочинаємо, завантаживши OrCAD Layout, і вибравши опцію File / New.

Для опчатку вводимо ім'я технологічного шаблону – default.tch з робочої папки (відноситься до стандартного набору OrCAD). Оскільки елементна база в пристрої – закордонна, то використання шаблону metric.tch недопустиме. Це пояснюється тим, що відстань між выводами елементів та осьовими отворами радіоелементів у визначається англійській – дюймовій мірі.

Далі, завантажуюємо із робочої директорії файл списку з'єднань Iopometr.MNL. В ньому у вигляді таблиці описано всі електричні з'єднання між елементами для початку процесу трасування.

Після цього необхідно задати назву файлу плати, який ми створимо – він має розширення \*.max; і для спрощення називаємо його Ionometr.MAX.

В процесі завантаження списку з'єднань для кожного елемента електричної принципової схеми в бібліотеках корпусів компонентів \*.LLB (Footprint Libraries) необхідно обирати відповідний корпус (це контролюється за допомогою атрибута PCB Footprint або за допомогою файлу System.prt).

Натисненням на панель Link existing footprint to component, після відкриття відповідного діалогового вікна, обираємо ім'я бібліотеки і корпуса елемента, зображення якого підходить для обраних мікросхем – стабілізаторів живлення, так як для них не виявилось зарезервованого посадкового місця на платі. Після завершення процесу завантаження списку з'єднань на робочому екрані OrCAD Layout спостерігаємо корпуси радіокомпонентів даного проекту з їх електричними зв'язками. Вказуємо в меню Options / Sistem Settings міліметрову сітку поля, яка дозволить зручніше здійснювати розміщення радіокомпонентів на поверхні плати.

Обираємо команду Tool / Obstacle / New і рисуємо межу друкованої плати для розміщення компонентів і трасування. Так як трансформатор розміщений не на друкованій платі, то обираємо прямокутний розмір плати.

Далі розміщуємо радіокомпоненти, що мають фіксовані посадочні місця на друкованій платі. Це – роз'єми живлення та індикатори. Здійснюємо цю операцію за допомогою команди Tool / Component / Select Tool – почергово розташовуючи компоненти на відповідні місця і обов'язково фіксуємо їх натисканням клавіші L, для того, щоб після автоматичного розміщення вони не змістилися. Потім за допомогою команди Auto / Place / Board вказуємо програмі самій розташувати компоненти, що лишилися, у вільну область.

Тепер задаємо в закладках програми ширину друкованих провідників і т. д., щоб перейти до безпосередньо процесу трасування плати.

За командою Options > Route Strategies > Route Layers у налаштуваннях таблиці трасування відключаємо два “нижніх” шари – оскільки друкована плата повинна бути двосторонньою. Далі командою Options > Colors залишаємо видимими тільки чотири шари: Global Layer, SSTOP, TOP, BOTTOM. Першим рисуються габарити друкованої плати далі – шар, в якому розміщуються написи на платі та рисуються самі радіокомпоненти, і два наступних є шарами, в яких відбувається процес трасування.

Командою Auto / Autoroute / Board запускаємо на виконання програму автоматичного процесу трасування плати. Глобальні параметри стратегії автотрасування задаються в діалоговому вікні програми, яке відкривається за командою Options > Route > Setting. Решта параметрів задані в діалогових вікнах, що відкриваються за командою Options > Route Strategies.

По закінченню процесу трасування здійснюємо редагування позначень радіоелементів на друкованій платі за допомогою команди Tool / Text / Select Tool, та оформлюємо кресленик згідно з вимогами ДЕСТУ у програмі Visio.

### 3.12 Розрахунок плати на вібростійкість

Визначаємо частоту власних коливань за формулою:

$$f_0 = \frac{\pi}{2 \cdot a^2} \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right) \sqrt{\frac{D}{M} ab}, \quad (3.17)$$

де  $a, b$  – довжина і ширина плати:  $a = 125$  мм,  $b = 65$  мм;

$D$  – циліндрична жорсткість:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)}, \quad (3.18)$$

де  $E$  – модуль пружності, для фольгованого склотекстоліту з друкованою схемою  $E = 3,2 \times 10^{10} \text{ Н/м}^2$ ;

$h$  – товщина плати,  $h = 1,5 \text{ мм}$ ;

$\nu$  – коефіцієнт Пуассона,  $\nu = 0,22$ ;

$M$  – маса плати з радіоелементами,  $M = 17 + 31 = 48 \text{ г}$ .

$$D = \frac{3,2 \cdot 10^{10} \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^3}{12(1 - 0,22^2)} (1 - 0,22^2) = 9,45;$$

$$f_0 = \frac{3,14}{2 \cdot 0,125^2} \left(1 + \frac{0,125^2}{0,065^2}\right) \sqrt{\frac{9,45}{0,048} \cdot 0,125 \cdot 0,065} = 597 \text{ Гц.}$$

$$f \neq f_p$$

$$80 \text{ Гц} \neq 597 \text{ Гц.}$$

Отже, частота власних коливань не співпадає з резонансною частотою, а співвідношення розмірів плати задовольняють вимогам вібростійкості.

Визначаємо коефіцієнт динамічності за формулою:

$$K_{\text{дин}} = \frac{\sqrt{(1 + [K_1(x)K_1(y) - 1]\eta_{11}^2)^2 + \varepsilon_{11}^2 \eta_{11}^2}}{\sqrt{(1 - \eta_{11}^2)^2 + \varepsilon_{11}^2 \eta_{11}^2}}, \quad (3.19)$$

де  $K(x)$ ,  $K(y)$  – залежність коефіцієнта від коливань. Коли обидва краї закріплені  $K(x) = K(y) = 1,3$ ;

$\eta$  – коефіцієнт розстроювання:

$$\eta = f/f_p = 80/597 = 0,13;$$

$\varepsilon$  – показник затухання  $\varepsilon = \lambda/\pi \approx 0,01$ ;

$\lambda$  – декремент затухання  $\lambda = (2 \dots 10) \cdot 10^{-2}$ .

Маємо:

$$K_{\text{дин}} = \sqrt{\frac{(1 + [1,3 \cdot 1,3 - 1] \cdot 0,13^2)^2 + 0,01^2 \cdot 0,13^2}{(1 - 0,13^2)^2 + 0,01^2 \cdot 0,13^2}} = \sqrt{\frac{1,0234}{0,966}} = 1,03.$$

Віброміщення визначається за формулою:

$$S_B = \xi_0 \times K_d, \quad (3.20)$$

$$\xi_0 = \frac{a_0}{4\pi^2(f_p)^2}$$

де  $a_0$  – віброприскорення згідно технічного завдання,  $a_0 = 2g = 19,8 \text{ м/с}^2$ .

$$\xi_0 = \frac{19,8}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 573^2} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ мм},$$

$$S_B = 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1,03 = 1,57 \cdot 10^{-6} \text{ (м)}.$$

Віброприскорення:

$$a_B = a_0 \cdot K_d = 19,8 \cdot 1,03 = 20,39 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

Визначасмо прогин плати:

$$\delta_l = S_B - \xi_0 = 1,57 \cdot 10^{-6} - 1,5 \cdot 10^{-6} = 7 \cdot 10^{-8} \text{ (мм)},$$

$$\delta_{\text{гран}} = \delta_{\text{дон}} \cdot l^2 = 11 \cdot 10^{-3} \cdot 0,125^2 = 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ (мм)}.$$

$$\delta_l < \delta_{\text{гран}},$$

Отже прогин друкованої плати не перевищує допустимого значення, можна сказати, що вібраційні навантаження не вплинуть на роботу пристрою.

### 3.13 Аналіз електромагнітної сумісності елементів друкованої плати

Електромагнітна сумісність електронних засобів – це здатність електронного обладнання різного призначення працювати одночасно (спільно) так, що перешкоди радіоприйому (з урахуванням впливу джерел фонових радіоперешкод), що виникають при такій роботі, призводять лише до незначного (допустимого) зниження якості виконання приладом своїх функцій. При одночасній роботі електронних пристроїв (і навіть електротехнічних пристроїв, випромінюючих електромагнітні хвилі) перешкоди радіоприйому неминучі. Інтенсивність перешкод визначається кількістю діючих випромінювачів, їх потужністю, розташуванням у просторі, формою діаграми спрямованості антен, умовами поширення радіохвиль тощо. Забезпечення сумісності зводиться до створення умов нормальної спільної експлуатації всього розмаїття електроніки.

Заходи щодо забезпечення електромагнітної сумісності поділяються на організаційні та технічні. До організаційних відносяться: застосування просторового поділу (рознесення) апаратури, одночасного використання одних і тих же частотних діапазонів у різних зонах земної кулі, якщо це не загрожує взаємними радіоперешкодами; тимчасового рознесення — почерговій роботі РЕМ на одній несучій частоті за певною програмою в часі: частотного рознесення — одночасної роботи на різних несучих частотах та ін. розробка радіоприймальних пристроїв, що мають меншу чутливість до таких випромінювань, та ін. [15, 16].

Метою розрахунку електромагнітної сумісності друкованого вузла є визначення межі працездатності пристрою в умовах впливу перехресних перешкод в силових лініях та лініях зв'язку, а також умовах дії зовнішніх електромагнітних полів.



1. Діелектрична проникність середовища плати між друкованими провідниками, що розташовані на обох поверхнях плати і покриті лаком, дорівнює:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon_{\Pi} + \varepsilon_{\Lambda}}{2}, \quad (3.21)$$

де  $\varepsilon_{\Pi} = 6$  – діелектрична проникність стеклотекстоліту;

$\varepsilon_{\Lambda} = 4$  – діелектрична проникність лаку УР-231

$$\varepsilon_r = 0,5 \cdot (6 + 4) = 5.$$

2. Визначаємо взаємну ємність та індуктивність провідників, які розташовані на одній поверхні друкованої плати:

$$C = \frac{1,06 \cdot \varepsilon_r}{\lg\left(\frac{2 \cdot \delta}{W + b}\right)} [\text{пФ}], \quad (3.22)$$

де  $\delta = 5 \times 10^{-4}$  – найменша відстань між двома провідниками, м;

$W = 3,5 \cdot 10^{-5}$  – товщина провідного шару міді, м;

$b = 2,5 \cdot 10^{-4}$  – ширина провідників для третього класу точності, м;

$$C = \frac{1,06 \cdot 5}{\lg\left(\frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot 10^{-5} + 2,5 \cdot 10^{-4}}\right)} = 9,72 \text{ (пФ)}.$$

Паразитна взаємоіндукція між двома друкованими провідниками  $M$ , нГн, визначається за формулою [22]:

$$M = 2 \cdot l_2 \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l_2}{S + 0,5 \cdot (t_1 + t_2)} - 1 \right) [\text{нГн}], \quad (3.23)$$

де  $S$  – відстань між провідниками,  $S = 0,05$  см;

$l_2$  – довжина взаємного перекриття провідників,  $l_2 = 7$  см;

$t_1, t_2$  – ширина провідників,  $t_1 = t_2 = 0,025$  см.

Маємо:

$$M = 2 \cdot 7 \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 7}{0,05 + 0,5 \cdot (0,025 + 0,025)} - 1 \right) = 59,2 \text{ (нГн)}.$$

Визначаємо паразитну ємність для аналогової мікросхеми (за коефіцієнта підсилення операційного підсилювача  $K = 1000$ , вхідного опору  $R_{BX} = 1$  кОм, частоти  $f = 100$  кГц):

$$C_{\text{пар}} = \frac{1}{K \cdot R_{BX} \cdot \omega} = \frac{1}{1000 \cdot 75 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 10^5} = 20(\text{нФ}).$$

Визначаємо допустиму взаємоіндукцію для мікросхеми (за опору навантаження  $R_H = 1$  кОм):

$$M_{\text{доп}} = \frac{R_H}{K \cdot \omega} = \frac{1000}{1000 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 10^5} = 1,5(\text{мкГн}).$$

Із проведених розрахунків паразитних ємностей і індуктивностей стає зрозуміло, що їх параметри знаходяться в межах норми і не потрібно проводити додаткових заходів з метою їх зниження, оскільки і ємність, і паразитна взаємоіндукція між друкованими провідниками мають значення, менші за максимально допустимі.

### 3.14 Тепловий розрахунок пристрою

В процесі виробництва, зберігання і експлуатації пристрій зазнає дії різних температур. Сам пристрій є джерелом тепла, оскільки ККД транзисторів і мікросхем становить 50...60 %, тому значна кількість енергії виділяється у вигляді тепла. Якщо ця енергія не розсіюється, то підвищується температура пристрою і зростає інтенсивність відмов.

Визначимо тепловий режим і виберемо систему охолодження згідно з методикою [21]. Початковими даними для розрахунку є наступні:

а) внутрішні розміри пристрою:  $0,133 \times 0,068 \times 0,044$  м;

б) внутрішній об'єм пристрою  $V \approx 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ ;

в) потужність розсіювання:

$$P = P_{рез} + P_{инд} + P_{мик} + P_{диод} = 40 \cdot 0,125 + 3 \cdot 0,75 + 16 \cdot 0,1 + 0,05 \approx 8,9 \text{ (Вт)};$$

г) коефіцієнт заповнення  $K_{зАП} = 0,2$ ;

д) максимальна температура докільця (вибирається за найменшою температурою з гранично допустимих для всіх елементів)  $T_{\max} = + 70 \text{ }^\circ\text{C} = 343 \text{ К}$ ;

е) гранично допустиме перегрівання повітря в пристрої (за максимальної температури повітря  $T_{\text{пов}} = 35 \text{ }^\circ\text{C} = 308 \text{ К}$ ):

$$\theta_{в.дон} = 358 - 308 = 50 \text{ (К)}.$$

Визначаємо коефіцієнт форми пристрою:

$$K_0 = \frac{H}{\sqrt[3]{V}}, \quad (3.24)$$

де  $H$  – висота блоку, м;

$V$  – внутрішній об'єм пристрою,  $\text{м}^3$ ;

$$K_0 = \frac{0,044}{\sqrt[3]{4 \cdot 10^{-4}}} = 0,6.$$

Визначаємо площу поверхні відведення тепла за формулою:

$$S_3 = \sqrt[3]{V^2} \cdot \left( \frac{2}{K_0} + 4 \cdot K_{зап} \cdot \sqrt{K_0} \right), \quad (3.25)$$

отримаємо:

$$S_3 = \sqrt[3]{(4 \cdot 10^{-4})^2} \cdot \left( \frac{2}{0,6} + 4 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{0,6} \right) = 0,1(\text{м}^2).$$

Визначаємо питомий тепловий потік нагрітої зони:

$$q_3 = \frac{\Phi}{S_3} \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right], \quad (3.26)$$

де  $\Phi$  – потужність розсіювання, яка становить 40% від споживаної потужності:

$$\Phi = \phi = 0,4 \cdot 8,9 = 3,56(\text{Вт});$$

$$q_3 = \frac{3,56}{0,1} = 35,6(\text{Вт} / \text{м}^2).$$

За графіком на рисунку 13.31, в [21] визначаємо перегрівання для апаратури з природною конвекцією:

$$M[\theta_B] = 30\text{К}.$$

Порівнюємо значення  $\theta_{e,\text{дон}} = 50\text{К}$  і отримане значення:

$$\theta_{e,\text{дон}} > M[\theta_B],$$

а отже, забезпечено умови нормального теплового режиму, і природної конвекції для цього достатньо.

## 4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 4.1 Вибір мікроконтролера для центрального блоку

Мікроконтролер – це спеціальна мікросхема, призначення якої полягає у керуванні електронними пристроями. Мікроконтролери є основою для створення вбудованих систем, вони зустрічаються в багатьох сучасних приладах, фактично у всій побутовій електронній апаратурі і т. д. Сьогодні існує понад 200 модифікацій мікроконтролерів. Особливо популярними серед розробників стали 8-бітові мікроконтролери PIC компанії Microchip Technology і контролери AVR фірми Atmel, 16-бітні MSP430 компанії TI, а також ARM. Тоді як 8-розрядні процесори загального призначення цілком витіснені високопродуктивними модифікаціями, 8-розрядні мікроконтролери досі широко застосовуються. Це пов'язано з тим, що існує надзвичайно значна кількість сфер, де не потрібна настільки висока продуктивність.

У розроблюваному приладі у нашій бакалаврській роботі не потрібен високопродуктивний мікроконтролер (такий як 16-бітові MSP430), оскільки число завдань в системі оповіщення лікарів буде не велика.

Розглянемо і порівняємо між собою два найбільш популярних 8-розрядних мікроконтролера, які на сьогодні широко застосовуються. Результатом порівнянь стави вибір найбільш відповідного мікроконтролера для центрального блоку керування системи оповіщення (табл. 4.1).

У таблиці наведені основні характеристики двох мікроконтролерів: Attiny2313 і PIC16F628A. Слід зауважити, що два цих мікроконтролера, що порівнюються між собою за характеристиками, не сильно відрізняються один від одного. Отже, кожен із них може бути застосований для розробки центрального блоку керування системою оповіщення. У цьому випадку вирішальним стане ціновий фактор. Тому для нашого приладу варто обрати Attiny2313 (рис. 4.1).

Таблиця 4.1 – Порівняння 8-розрядних мікроконтролерів

Характеристики		Attiny2313	PIC16F628A
ШВИДКОДІЯ	Макс. такт. частота (МГц)	20	20
	Flash-пам'ять програм (байт)	2048	2048
ПАМ'ЯТЬ	EEPROM (байт)	128	128
	SRAM (байт)	128	224
	Число портів введення/виведення	18	16
	Послідовний інтерфейс	USART	USART
ПЕРЕФЕРІЯ	Вбудований тактовий генератор	+	+
	Напруга живлення	2,7-5,5 В	3-5,5 В
	Аналоговий компаратор	+	+
ДОД. ХАР-КИ	Детектор пониженого живлення	+	+

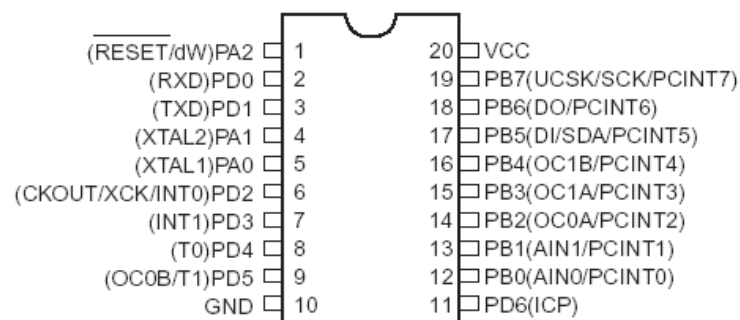


Рисунок 4.1 - .ATtiny2313

## 4.2 Ядро центрального процесорного пристрою AVR

Короткий огляд архітектури процесора (рис. 4.2).

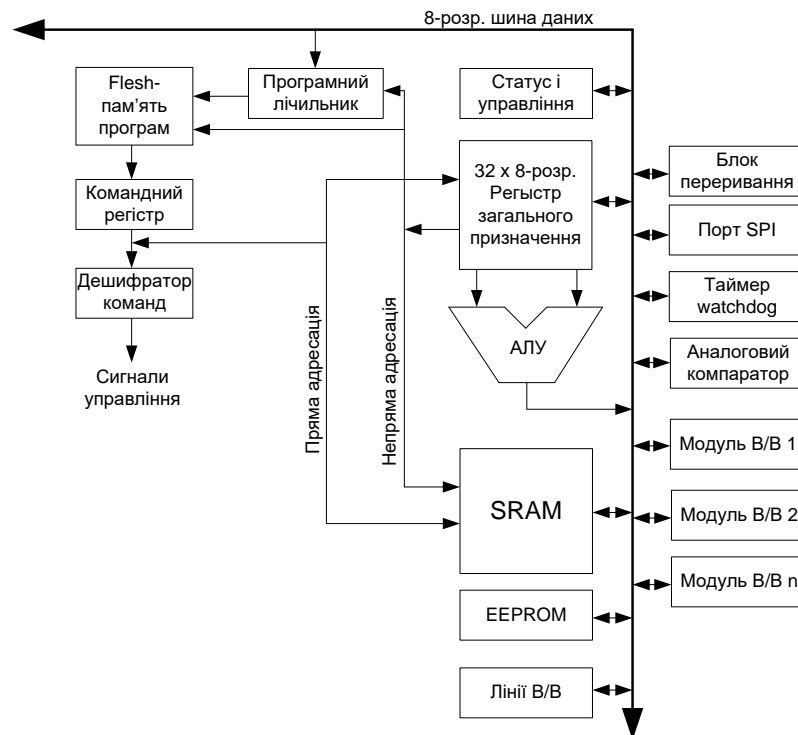


Рисунок 4.2 - Функціональна схема архітектури AVR

Щоб досягти максимальної продуктивності і паралелелізму у AVR-мікроконтролерів використовується Гарвардська архітектура з розділними пам'яттю і шинами програм і даних. Команди в пам'яті програм виконуються з однорівневою конвейеризації. У процесі виконання однієї інструкції наступна попередньо зчитується з пам'яті програм. Дана концепція дозволяє виконувати одну інструкцію за один машинний цикл. Пам'ять програм являє собою внутрішньосистемний програмовану флеш-пам'ять.

Блок пам'яті введення-виведення містить 64 адреси з безпосередньою адресацією або може адресуватися як пам'ять даних, наступна за регістрами за адресами \$ 20 - \$ 5F. Крім того, ATmega128 має простір розширеного вводу-виводу за адресами \$ 60 - \$ FF в статичному ОЗП, для доступу до якого можуть використовуватися тільки процедури ST / STS / STD і LD / LDS / LDD. АЛУ - арифметико-логічний пристрій

Високопродуктивне АЛП AVR-мікроконтролерів працює в безпосередньому зв'язку з усіма 32 універсальними робочими регістрами. АЛУ дозволяє виконати за один машинний цикл операцію між двома регістрами або між регістром і константою. Операції АЛП можуть бути класифіковані на три групи: арифметичні, логічні і бітові. Крім того, архітектурою ATmega128 підтримуються операції множення зі знаком і без знака і дробовим форматом. Див розділ "Набір інструкцій" для детального ознайомлення.

Регістр статусу містить інформацію про результат тільки що виконаної арифметичної інструкції. Дана інформація може використовуватися для розгалуження програми по умові. Слід розуміти, що регістр статусу оновлюється після виконання всіх операцій АЛП в об'ємі передбаченому для кожної конкретної інструкції (див. розділ Прапори в таблиці інструкцій). Прапори цього регістра в більшості випадків дозволяють відмовитися від використання інструкцій порівняння, роблячи код програми більш компактним і швидким. Зверніть увагу, що стан регістра статусу автоматично не запам'ятовується при виклику процедури обробки переривань і не відновлюється при виході з неї. Це необхідно виконати програмно. Регістр статусу SREG AVR-мікроконтролера має наступну структуру:

Розряд	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	-	-	-	-	-	-	RAMPZ	RAMPZ
Зчитування/Запис	Зч	Зч	Зч	Зч	Зч	Зч	Зч	Зч/Зп	
Початкове значення	0	0	0	0	0	0	0	0	

Рисунок 4.3 – Структура регістра статусу SREG AVR-мікроконтролера

Розряд 7 - 1: Загальне дозвіл переривань Біт загального дозволу переривань використовується для активізації роботи системи переривань. Дозвіл окремих переривань здійснюється у відповідних керуючих регістрах. Якщо біт загального дозволу переривань скинути, то жодне з переривань не буде активним незалежно від їх індивідуальної конфігурації. Біт I скидається



в 0 апаратно після генерації запиту на переривання, а після виконання інструкції повернення з переривання RETI знову встановлюється до 1 для виконання подальших переривань. Біт I може також скидатися і встановлюватися за допомогою інструкцій CLI і SEI, відповідно. Розряд 6 - T: Зберігання копіруемого біта Спеціальні бітові операції BLD (копіювання з T-біта) і BST (копіювання в T-біт) використовують в якості джерела і одержувача даних біт T. Будь біт з реєстрового файлу може бути скопійований в біт T інструкцією BST, а також вміст біта T може бути скопійовано в будь біт реєстрового файлу за допомогою інструкції BLD. Розряд 5 - H: Прапор половинного перенесення Даний прапор встановлюється при виконанні деяких арифметичних інструкцій та індицирует про виникнення половинного перенесення. Як правило половинний перенесення широко використовується в двійково-десятковій арифметиці. Більш детальна інформація наведена в описі набору інструкцій. Розряд 4 - S: біт знака, S = викл. АБО (N, ? V) Біт S - результат виконання логічної операції виключає АБО між прапором негативного результату N і прапором переповнення двійкового доповнення V. Більш детальна інформація наведена в описі набору інструкцій. Розряд 3 - V: Прапор переповнення двійкового доповнення Прапор переповнення двійкового доповнення V підтримує арифметику з двійковим доповненням. Більш детальна інформація наведена в описі набору інструкцій.

Розряд 2 - N: Прапор негативного результату. Прапор негативного результату N індукує, що результатом виконання арифметичної або логічної операції є від'ємне значення. Більш детальна інформація наведена в описі набору інструкцій. Розряд 1 - Z: Прапор нульового результату Прапор нульового результату Z індицирует, що результатом виконання арифметичної або логічної операції є нуль. Більш детальна інформація наведена в описі набору інструкцій.

Розряд 0 - С: Прапор переносу Прапор переносу С індицирует про виникнення переносу в результаті виконання арифметичної або логічної операції. Більш детальна інформація наведена в описі набору інструкцій.

Файл регістрів загального призначення Файл регістрів оптимізований під розширений набір інструкцій AVR-мікроконтролерів. З метою досягнення необхідної продуктивності і гнучкості файлом регістрів підтримуються наступні схеми введення-виведення:

- Один 8-розр. операнд і один 8-розр. Результат
- Два 8-розр. операнда і один 8-розр. Результат
- Два 8-розр. операнда і один 16-розр. Результат
- Один 16-розр. операнд і один 16-розр. Результат

Рисунок 4.4 показує структуру 32 робочих регістрів загального призначення в ЦПУ. Більшість інструкцій працюючих з файлом регістрів мають доступ до всіх регістрів, чим досягається виконання їх за один цикл.

	7	0	Адреса	
	R0		\$00	
	R1		\$01	
	R2		\$02	
	...			
	R13		\$0D	
	R14		\$0E	
	R15		\$0F	
Робочі регістри загального призначення	R16		\$10	
	R17		\$11	
	...			
	R26		\$1A	Мл. байт X-регістру
	R27		\$1B	Ст. байт X-регістру
	R28		\$1C	Мл. байт Y-регістру
	R29		\$1D	Ст. байт Y-регістру
	R30		\$1E	Мл. байт Z-регістру
	R31		\$1F	Ст. байт Z-регістру

Рисунок 4.4 – Робочі регістри загального призначення ЦПУ AVR

Як зображено на рисунку 4.4, кожен регістр має свою адресу в області пам'яті даних, для чого відведено 32 комірки пам'яті. Не беручи до уваги фізичну реалізацію не по адресі статичного ОЗУ, данна архітектура пам'яті забезпечує високу швидкість доступу до регістрів, наприклад регістри X, Y і Z можуть бути присвоєні для індекса будь-якому регістрові в файлі.

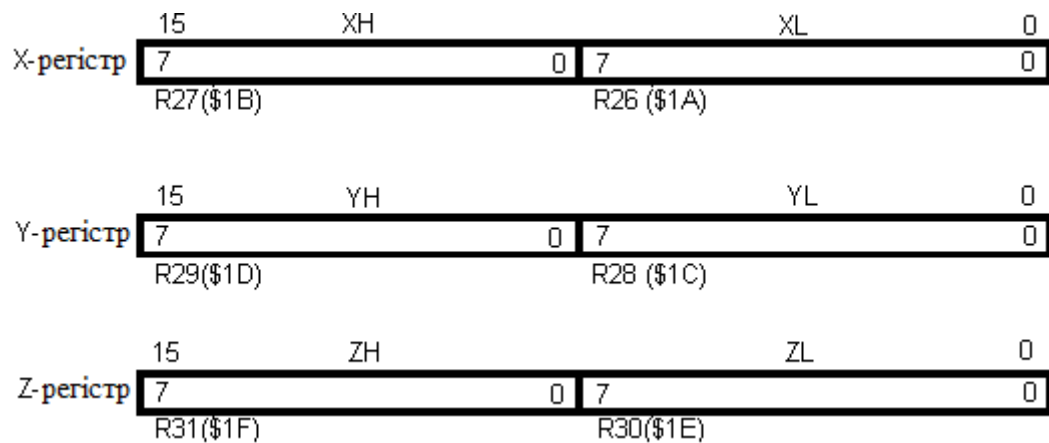


Рисунок 4.5 - X, Y і Z-регістри

У різних режимах адресації дані адресні регістри виконують функції фіксованого зсуву, автоматичного інкрементування і автоматичного декрементування (див. опис набору інструкцій для більш докладного вивчення). Стек зазвичай використовується для зберігання тимчасових даних, для зберігання локальних змінних і для зберігання адрес повернення при переривання і викликах підпрограм. Регістр покажчика стека вказує на вершину стека. Зверніть увагу на організацію стека, який прямує від старших в більш молодші позиції статичного ОЗУ. Це означає, що команда приміщення в стек PUSH зменшує значення покажчика стека.

Покажчик стека вказує на область стека в статичному ОЗП даних, де розміщені стеки переривань і підпрограми. Дана область стека в статичному ОЗП пам'яті даних повинна бути визначена програмно до виклику будь-якої процедури або дозволу переривань. Встановлюване значення покажчика

стека має бути більше \$ 60. Показчик стека одноразово декрементується при приміщенні даних у стек інструкцією PUSH і двічі декрементується при приміщенні в стек адреси повернення при виклику підпрограм або переривання. Показчик стека одноразово інкрементується при витяганні даних з стека інструкцією POP і двічі інкрементується при витяганні адреси повернення при виконанні інструкції виходу з підпрограми RET або виходу з процедури обробки переривань RETI. Показчик стека реалізований як два 8-розр. регістра в області введення-виведення. Число фактично використовуваних розрядів залежить від типу мікроконтролера. Зверніть увагу, що у деяких AVR-мікроконтролерів область пам'яті даних настільки мала, що досить тільки регістра SPL. У цьому випадку регістр SPH відсутній.

Розряди 7 ... 2 - Зарезервовані розряди Дані зарезервовані розряди зчитуються як 0. При записі в дані розряди необхідно записувати нулі для сумісності з наступними мікроконтролерами. Розряд 1 - RAMPZ0: Розширений показчик сторінки ОЗУ Регістр RAMPZ зазвичай використовується для вказівки тієї сторінки ОЗУ розміром 64 кбайт, до якої виконується доступ через Z-показчик. Т.к. ATmega128 не підтримує пам'ять на статичному ОЗП розміром понад 64 кбайт, то даний регістр використовується тільки для вибору сторінки пам'яті програм, доступ до якої здійснюється за допомогою інструкцій ELPM / SPM. Різні установки біта RAMPZ0 мають наступний результат: RAMPZ0 = 0: Інструкції ELPM / SPM здійснюють доступ до пам'яті програм в діапазоні адрес \$ 0000 - \$ 7FFF (молодші 64 кбайт) RAMPZ0 = 1: Інструкції ELPM / SPM виконують доступ до пам'яті програм в діапазоні адрес \$ 8000 - \$ FFFF (старші 64 кбайт).

Зверніть увагу, що дія інструкції LPM не залежить від установки RAMPZ.

Тимчасова діаграма виконання інструкції ЦПУ AVR-мікроконтролера тактується сигналом CLKЦПУ, який безпосередньо генерується вибраним джерелом синхронізації. Внутрішнє розподіл тактової частоти не

використовується. Рисунок 4.4 показує паралельність вибірок і виконання інструкцій, що забезпечується Гарвардською архітектурою і концепцією реєстрового файлу з швидким доступом. Дана концепція конвеєризації забезпечує питому продуктивності 1 млн.оп в сек. / МГц і надає унікальне співвідношення числа функцій на вартість, число функцій на такт синхронізації і числа функцій на Вт споживаної потужності.

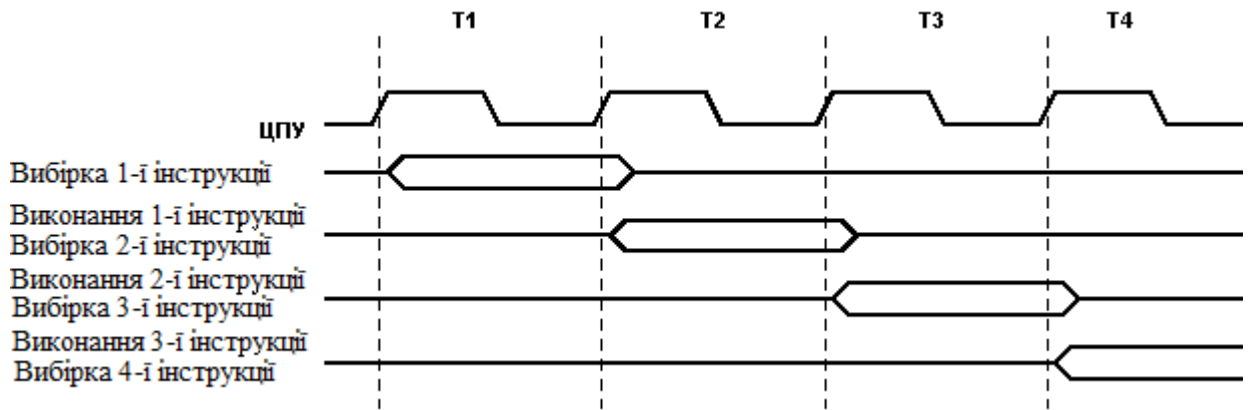


Рисунок 4.6 - Паралельні вибірки і виконання інструкцій

Рисунок 4.6 показує концепцію внутрішньої тимчасової діаграми для реєстрового файлу. За один такт синхронізації АЛП виконує дію над двухрегістровим операндом і повертає результат назад в реєстр-одержувач.

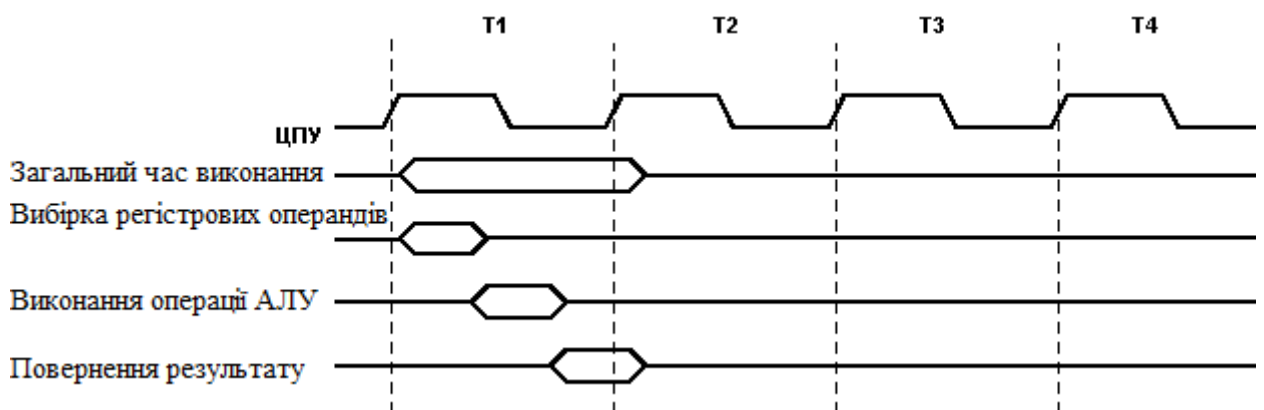


Рисунок 4.7 - однотоктний роботи АЛУ

Скидання й обробка переривань AVR-мікроконтролери підтримують кілька різних джерел переривань. Всі переривання, а також скидання мають свій індивідуальний вектор в пам'яті програм. Для кожного переривання є власний біт дозволу. Крім того, є можливість спільного дозволу роботи переривань за допомогою управління відповідним бітом в статусному регістрі. В залежності від значення програмного лічильника переривання можуть бути автоматично відключені, якщо запрограмувати біти захисту завантажувального сектора BLB02 або BLB12. Ця функція покращує захист програми. Див розділ "Програмування пам'яті" для уточнення деталей. Найменші адреси в пам'яті програм за замовчуванням визначені як вектора скидання і переривань. Повний перелік векторів наведено в розділі "Переривання". У переліку також визначається рівень пріоритетів різних переривань. Менші адреси володіють більш високим рівнем пріоритетом. Скидання (RESET) має найвищий пріоритет, за ним слідує INT0 - запит на зовнішнє переривання по входу INT0. Вектори переривання можуть бути переміщені в початок завантажувального сектора флеш-пам'яті установкою біта IVSEL в регістрі управління мікроконтролером (MCUCR). Див розділ "Переривання" для більш докладного ознайомлення. Вектор скидання може бути також переміщений в початок завантажувального сектора флеш-пам'яті шляхом програмування конфігураційного біта BOOTRST (див. "самопрограмування з сектора початкового завантаження з підтримкою читання під час запису").

Лістинг програми для роботи мікроконтролера, що була розроблена у бакалаврській дипломній роботі, наведено у додатку В.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Стан охорони праці є показником економічного благополуччя та рівня соціального захисту в країні. В умовах стрімкого науково-технічного прогресу, починаючи з початку переходу суспільства в індустріальне, людство активно працює над питанням: як же мінімізувати шкідливі фактори на робочому місці та забезпечити такий рівень безпеки, аби гарантувати збереження життя та здоров'я працівника на роботі. Це питання є актуальним як для працівників, так і безпосередньо для працедавців, адже аварійні ситуації на виробництві призводять до зупинки роботи, матеріальної шкоди і втрати авторитету. Міжнародний досвід засвідчує, що організація праці, яка ігнорує вимоги гігієни і безпеки праці, підриває економічну ефективність підприємств і не може бути основою для сталої стратегії їхнього розвитку. В концепції ООН про «сталий людський розвиток» безпека праці розглядається як одна із основних (базових) потреб людини.

Розробка пристрою для оповіщення лікаря в реанімаційному відділенні відбувалася в приміщенні, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На розробника, згідно ГОСТ 12.0.003-74 [2], могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

Відповідно до визначених факторів формуємо рішення щодо безпечного виконання роботи під час розробки системи управління портфелем юридичних процесів.

## 5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

### 5.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця

Робоче місце і взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця розробника повинні бути дотримані наступні основні умови: оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця і достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення.

Приміщення, в якому знаходиться робоче місце має загальну площу  $24,75 \text{ м}^2$ , і висотою стелі  $3,2 \text{ м}$ . У приміщенні знаходиться 4 робочих місць з ПК (рис.1.1). Кожне робоче місце обладнане робочим столом площею  $1,2 \text{ м}^2$ , стільцем та персональним комп'ютером, що складається з монітора, системного блоку, клавіатури та миші.



Рис 5.1. Схема приміщення



Умовні позначення: 1 – робочі місця (столи); 2 – персональні комп'ютери; 3 – стіл для принтера та копіювального апарату; 4 – шафа для паперів.

Площа приміщення, яка припадає на одного працівника становить  $6,2 \text{ м}^2$ , об'єм повітря робочої зони –  $19,8 \text{ м}^3$ . знайдені значення відповідають вимогам, оскільки площа одного робочого місця працівника, який використовує під час роботи ПК не повинна бути меншою за  $6 \text{ м}^2$ , а об'єм не менший за  $20 \text{ м}^3$  [7].

Ергономічними аспектами проектування ПК робочих місць, зокрема, є: висота робочої поверхні, розміри простору для ніг, вимоги до того, що розташовує документів на робочому місці (наявність і розміри підставки для документів, можливість різного розміщення документів, відстань від очей користувача до екрану, документа, клавіатури і т.д.), характеристики робочого крісла, вимоги до поверхні робочого столу, можливість регулювання елементів робочого місця.

Головними елементами робочого місця розробника є стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення працівника. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і постійність розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібне для виконання робіт частіше, розташоване в зоні легкої досяжності робочого простору.

Для комфортної роботи стіл повинен задовольняти наступним умовам:

- висота столу повинна бути вибрана з урахуванням можливості сидіти вільно, в зручній позі, при необхідності спираючись на підлокітники;
- нижня частина столу повинна бути сконструйована так, щоб дослідника міг зручно сидіти, не був вимушений підтискати ноги;
- поверхня столу повинна володіти властивостями, що виключають появу відблисків в полі зору;

- конструкція столу повинна передбачати наявність висувних ящиків (не менше 3 для зберігання документації, канцелярських обладнань).
- висота робочої поверхні рекомендується в межах 680-760мм. Висота поверхні, на яку встановлюється клавіатура, повинна бути біля 650мм [3].

### 5.1.2 Електробезпека приміщення

Приміщення, де експлуатуються ПК, належать до приміщень без підвищеної небезпеки ураження людини електричним струмом. Вимоги електробезпеки і пожежної безпеки у приміщеннях, де встановлені ПК: ПК і все устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження роботи їх, електропроводи і кабелі мають відповідати електробезпеці зони та мати апаратуру захисту від струму короткого замикання.

Лінії електромережі ПК, у приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників (заземлення або занулення), причому площі перерізу нульового робочого і нульового захисного провідника повинні бути не менші за площу перерізу фазового провідника. Величина напруги цієї мережі становить 380 х 220В (фазна напруга (фаза – «0») – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов з небезпеки електротравматизму – без підвищеної небезпеки [8].

Електромережі для під'єднання ПК оснащені штепсельними з'єднаннями та електророзетками, які, крім контактів фазового і нульового робочого провідників, мають спеціальні контакти для під'єднання нульового захисного провідника, що під'єднаний раніше ніж вони. Порядок роз'єднання при відімкненні мережі має бути зворотним.

Електромережі штепсельних з'єднань та електричних розеток виконані за магістральною схемою, по 3-6 в одному колі. Оскільки вони розташовані уздовж стін, то провідники прокладені по підлозі в металевих трубах і

гнучких металевих рукавах. Металеві трубки і гнучкі металеві рукави заземлені.

Для запобігання електротравмам у приміщенні здійснюються:

- 1) ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів;
- 2) захисне заземлення;
- 3) дотримання протипожежного режиму щодо експлуатації електрообладнання.

## 5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 5.2.1 Мікроклімат

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [5] мікроклімат виробничих приміщень – умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення.

Мікроклімат виробничих приміщень нормується в залежності від теплових характеристик виробничого приміщення, категорії робіт по важкості і періоду року.

Робота з дослідження за енерговитратами відноситься до категорії 1 а [1].

Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а наведені в табл.2.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено парова система опалення та система припливно-втяжної вентиляції. Раз за зміну здійснюється вологе прибирання та за необхідності – провітрювання через вікна та двері.

### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

В сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Для визначення небезпечності досліджується вплив цих речовин на організм людини і встановлюються безпечні для людини концентрації та дози.

В приміщенні, де здійснюється дослідження можлива підвищена концентрація пилу та озону. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні (за нормами ДСН 3.3.6.042-99 [5]), наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 2.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1

Для гігієнічної оцінки повітря, крім хімічного складу, має значення й іонний склад повітря. Чим чистіше повітря, тим більше воно містить легких

від'ємних іонів. Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл..5.3).

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см <sup>3</sup>	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи припливно-витяжної вентиляції, регулярного провітрювання, та вологого прибирання.

### 5.2.3 Виробниче освітлення

Виробниче освітлення призначене для забезпечення виробничого процесу, переміщення людей, руху транспорту і є обов'язковим для всіх виробничих приміщень.

Природне освітлення на даному робочому місці є бічне одностороннє.

Сучасні норми визначають, що мінімальна освітленість встановлюється за характеристикою зорової роботи з найменшим розміром об'єкта розрізнення, контрастом об'єкта із фоном і характеристикою фону.

Нормованим параметром природного освітлення являється коефіцієнт природного освітлення (КПО). КПО встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт. Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 5.5:

Таблиця 5.5 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, Лк		КПО, $e_n$ , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Вимоги, які ставляться до раціонального освітлення: достатня освітленість робочого місця (нормована); рівномірне освітлення; відсутність тіней, особливо рухомих, на робочій поверхні; захист від сліпучої дії джерела світла; вірний вибір напрямку світла - дотримані.

В приміщенні використовуються світильники типу ОД. Кожен світильник комплектується двома лампами.

#### 5.2.4 Виробничий шум

Шум на робочому місці дослідника виникає під час роботи системних блоків, принтерів, сканерів, обладнання для кондиціонування повітря, а також вентиляторів систем охолодження і трансформаторів.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [4]. Для умов виконання роботи (характер

робіт і характер шуму) допустимі рівні звукового тиску повинні відповідати ГС, а рівні звуку  $L_A$  не повинні перевищувати 50 дБА - дивись таблицю 5.6.

Таблиця 5.6 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в приміщенні доцільно використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням.

#### 5.2.5 Виробничі випромінювання

ПК під час роботи випромінює електромагнітну енергію, відповідно розробник піддається впливу електромагнітних полів з високочастотним випромінюванням. Інтенсивність електромагнітного поля нормується [3] і оцінюється на робочому місці напруженістю електричного поля (у В/м) для електричної складової і напруженістю магнітного поля (у А/м) для магнітної складової. Допустимі значення параметрів електромагнітних випромінювань від монітору комп'ютера представлені в табл. 5.7.

У відповідності до вимог і захисту від електромагнітних і електростатичних полів, допускається застосування екранних фільтрів і інших засобів індивідуальної захисту, які мають відповідний гігієнічний сертифікат. Крім того, доцільно дотримуватися рекомендованого режиму роботи за ПК.

Таблиця 5.7 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	10 В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	0,3 А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	для дорослих користувачів 20кВ/м для дітей 15кВ/м

### 5.3 Пожежна безпека

Запобігання пожеж здійснюється головним чином шляхом виключення можливості утворення горючих або вибухонебезпечних середовищ і джерел запалювання. На випадок пожежі на підприємстві повинна бути пожежний захист для запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріальних збитків від нього.

Пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту і системою організаційно-технічних заходів [10].

Метою пожежної безпеки об'єкта є попередження виникнення пожежі на визначеному чинними нормативами рівні, а у випадку виникнення пожежі – обмеження її розповсюдження, своєчасне виявлення, гасіння пожежі, захист людей і матеріальних цінностей.

#### 5.3.1. Технічні рішення системи запобігання пожежі

До причин, що можуть спричинити пожежу в приміщенні, відносяться:

- перевантаження електромережі і перегріву струму несучих частин та з'єднань;



- порушення правил експлуатації техніки.

Система запобігання пожежі передбачає:

- періодичний контроль цілісності ізоляції;
- наявність спеціальних місць для куріння;
- періодичне проведення інструктажів з протипожежної безпеки;
- незахарашення приміщення горючими матеріалами;
- наявність системи захисту від атмосферної електрики.

### 5.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

Приміщення оснащено вуглекислотними вогнегасниками – на території 300 м<sup>2</sup> 4 вогнегасника (в кожному відділі і на сходовому марші). Також у коридорі встановлений пожежний гідрант з рукавом, який підключений до системи водопостачання. Вогнегасники слід встановлювати у легкодоступних та помітних місцях (коридорах, біля входів або виходів з приміщень тощо), а також у пожежонебезпечних місцях, де найбільш вірогідна поява осередків пожежі. При цьому необхідно забезпечити їх захист від попадання прямих сонячних променів і безпосередньої (без загороджувальних щитків) дії опалювальних та нагрівальних приладів [11].

Використані вогнегасники, а також вогнегасники із зірваними пломбами необхідно негайно направляти на перезарядження або перевірку. Вогнегасники, відправлені з об'єкта на перезарядження, повинні бути замінені відповідною кількістю заряджених вогнегасників.

Пожежні щити (стенди) повинні забезпечувати: захист вогнегасників від потрапляння прямих сонячних променів, а також захист знімних комплектуючих виробів від використання сторонніми особами не за призначенням (для щитів та стендів, установлюваних поза приміщеннями); зручність та оперативність зняття (витягання) закріплених на щиті (стенді) комплектуючих виробів.

Для зазначення місця розміщення первинних засобів пожежогасіння слід встановлювати вказівні знаки згідно з чинними державними стандартами. Знаки повинні бути розміщені на видних місцях на висоті стандартами. Знаки повинні бути розміщені на видних місцях на висоті 2–2,5 м від рівня підлоги як всередині, так і поза приміщеннями (за потреби).

Власники підприємств, установ та організацій або уповноважені ними органи, а також орендарі зобов'язані:

- розробляти комплексні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки, впроваджувати передові досягнення науки;
- забезпечувати дотримання протипожежних вимог стандартів, норм, правил, а також виконання вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду;
- організувати навчання працівників правилам пожежної безпеки та пропаганду заходів щодо їх забезпечення;
- у разі відсутності нормативних актів вимог, необхідних для забезпечення пожежної безпеки, вживати відповідні заходи, погоджуючи їх з органами державного нагляду;
- утримувати в справному стані засоби протипожежного захисту і зв'язку, пожежну техніку, обладнання та інвентар, не допускати їх використання не за призначенням;
- створювати, у разі потреби, відповідно до встановленого порядку, підрозділи пожежної охорони та необхідну для їх функціонування матеріально-технічну базу;
- подавати на вимогу державної пожежної охорони відомості та документи про стан пожежної безпеки об'єктів і продукції, що ними виробляється;

- здійснювати заходи щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж і використання з цією метою виробничої автоматики;
- своєчасно інформувати пожежну охорону про несправність пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання, а також про закриття доріг і проїздів на своїй території;
- проводити службове розслідування випадків пожеж.

## ВИСНОВОК

В результаті даної дипломної бакалаврської роботи була розроблена апаратна частина автоматизованої системи оповіщення лікаря реанімаційного відділення про критичну ситуацію, сигнал про яку приходить на особистий пристрій лікаря на основі стандарту GSM. Приведено детальний опис функціонування системи оповіщення, сформульовано її склад (центральный блок керування, сенсори, мобільний (стільниковий) телефон, зчитувач ключів), визначені основні параметри системи. Сформовано і реалізовано алгоритм роботи системи оповіщення, проаналізована принципова схема приладу, проведені необхідні конструкторські розрахунки та креслення. Були підраховані витрати на розроблення і створення даної системи.

Розроблена система оповіщення лікарів по GSM-каналі передбачає можливість подальшого вдосконалення більш дорогими і спеціалізованими давачами, іншим пристроєм оповіщення, модифікованим зчитувачем ключів, що дозволить реалізувати додаткову кількість функцій або забезпечить працездатність в більш жорстких умовах застосування (наприклад, у військово-польовій медицині).

Результати бакалаврської дипломної роботи відповідають проставленим вимогам в індивідуальному та технічному завданні.

Розроблена система може позиціонуватись також і на сучасному конкурентному ринку систем загального оповіщення, адже низька ціна і простота в застосуванні нашої GSM - сигналізації повинна стати запорукою швидкого розширення продажів.

В п'ятому розділі розглянуто такі питання охорони праці, як аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників у виробничому приміщенні; карта умов праці (обґрунтування вибору нормованих значень небезпечних та шкідливих виробничих чинників, оцінка чинників виробництва й інших умов праці, робітничих процесів, гігієнічна оцінка середовища, в якому працюють

люди, оцінювання технічного і організаційного забезпечення, атестація робочого місця); заходи стосовно покращення умов праці, здійснено розрахунок звукоізоляції приміщення, а також наведено норми пожежної безпеки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <http://goods.marketgid.com/cat/808/0/>
2. <http://hort.com.ua/index.php/obzor-signalizatsii-khort-4-4>
3. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни „Конструювання електронної апаратури”. / Є. Й. Волуєвич, Р. Ф. Лободзинська та ін. – Вінниця.: ВДТУ, 1997р. – 84 с.
4. Яншин А. А. Теоретические основы конструирования, технологии, надежности ЭВА: Учебное пособие для вузов, - М.: Радио и связь, 1983 р. – 312 с.
5. Дульев Г. И. Тарновський Н. И. Тепловые режимы радиоэлектронной аппаратуры. – Л.: Энергия, 1971. – 248 с.
6. Варламов Р. Г. Компоновка радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Советское радио, 1975р. – 375 с.
7. Варламов Р. Г. Справочник конструктора РЭА. – М.: 1980 р. – 479 с.
8. В.Д. Разевиг „Система проектирования OrCAD” – М.: „Солон-Р”, 2000.
9. Грошев Д.Е. Применение пакета OrCAD для компьютерного проектирования электронных схем. Ч.1. Учебное пособие. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 1999.
10. Волинець С.І., Грабчак О.В., Шеремета О.П. Проектування технологічних процесів формоутворення деталей в радіо апаратобудуванні. – В.: ВДТУ, 1998. – 108 с.
11. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>
12. ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних

матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

13. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: [http://sop.zp.ua/norm\\_praop\\_0\\_00-7\\_15-18\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php).

14. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

15. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

16. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ- [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>

17. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням:

90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>.

18. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

19. НПАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок та електрообладнання. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://aer.net.ua/public/files/OSBB/zakonodavctvo/INSCE/DNAOP%200.00-1.32-01..pdf>

20. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та

зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL:

[https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759).

21. . Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.



## **ДОДАТКИ**

Додаток А  
(обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. каф. БМІОЕС  
Коваль Л. Г.  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

**РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОПОВІЩЕННЯ ЛІКАРЯ В  
РЕАНІМАЦІЙНОМУ ВІДДІЛЕНІ  
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

Пояснювальна записка  
до бакалаврської дипломної роботи  
зі спеціальності 163 Біомедична інженерія  
Освітня програма «Біомедична інженерія»  
08-35.БДР.157.08.000 ПЗ

Розробив студент гр. БМІ-186

Незгода В. М.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

Керівник доц. каф. БМІОЕС

Штофель Д. Х.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

Вінниця ВНТУ 2022

1. Назва БДР: Розробка пристрою для оповіщення лікаря в реанімаційному відділенні.

2. Виконавець БДР: студент групи БМІ-186 Незгода В. М.

3. Підставою для виконання БДР є наказ ВНТУ № 66 від 24 березня 2022 р.

4. Мета виконання БДР і призначення продукції: Пристрій оповіщення лікаря про критичну ситуацію, який проектується, призначений для вчасного оповіщення про будь-яку важливу подію або ситуацію в реанімаційному відділенні, що потребує участі того чи іншого лікаря.

5. Технічні вимоги:

5.1 Інтерфейс зв'язку з ЕОМ – USB 2.0;

5.2 Живлення приладу 220В;

5.3 Струм споживання не більше 500 мА.

6. Вимоги до сировини та матеріалів: матеріали, з яких вироблятиметься даний прилад, мають бути екологічно чистими, і легкими.

7. Вимоги до консервації, пакування та маркування: не потребує.

8. Вимоги до розробленої документації.

Склад КД: пояснювальна записка, схема електрична принципова, перелік елементів, кресленник друкованої плати, складальний кресленник друкованої плати.

9. Стадії та етапи БДР:

9.1 Теоретична частина:

- Аналітичний огляд питання;
- Опис схеми електричної принципової;
- Компоновка пристрою;
- Розробка програмного забезпечення.

9.2 Графічна частина:

- схема електрична принципова;
- креслення друкованої плати;
- складальне креслення друкованої плати;
- структурна схема пристрою.

Таблиця 1 – Етапи виконання бакалавровської дипломної роботи

Назва розділу дипломного проекту	Строк виконання
Розробка технічного завдання	До 31.03.2022
Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	До 30.04.2022
Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	До 15.05.2022
Виконання розділу «Охорона праці»	До 25.05.2022
Попередній захист БДР	10.06.2022
Нормоконтроль БДР	10.06.2022
Рецензування БДР	21.06.2022

Розробив студент групи БМІ-186 \_\_\_\_\_ Незгода В. М.

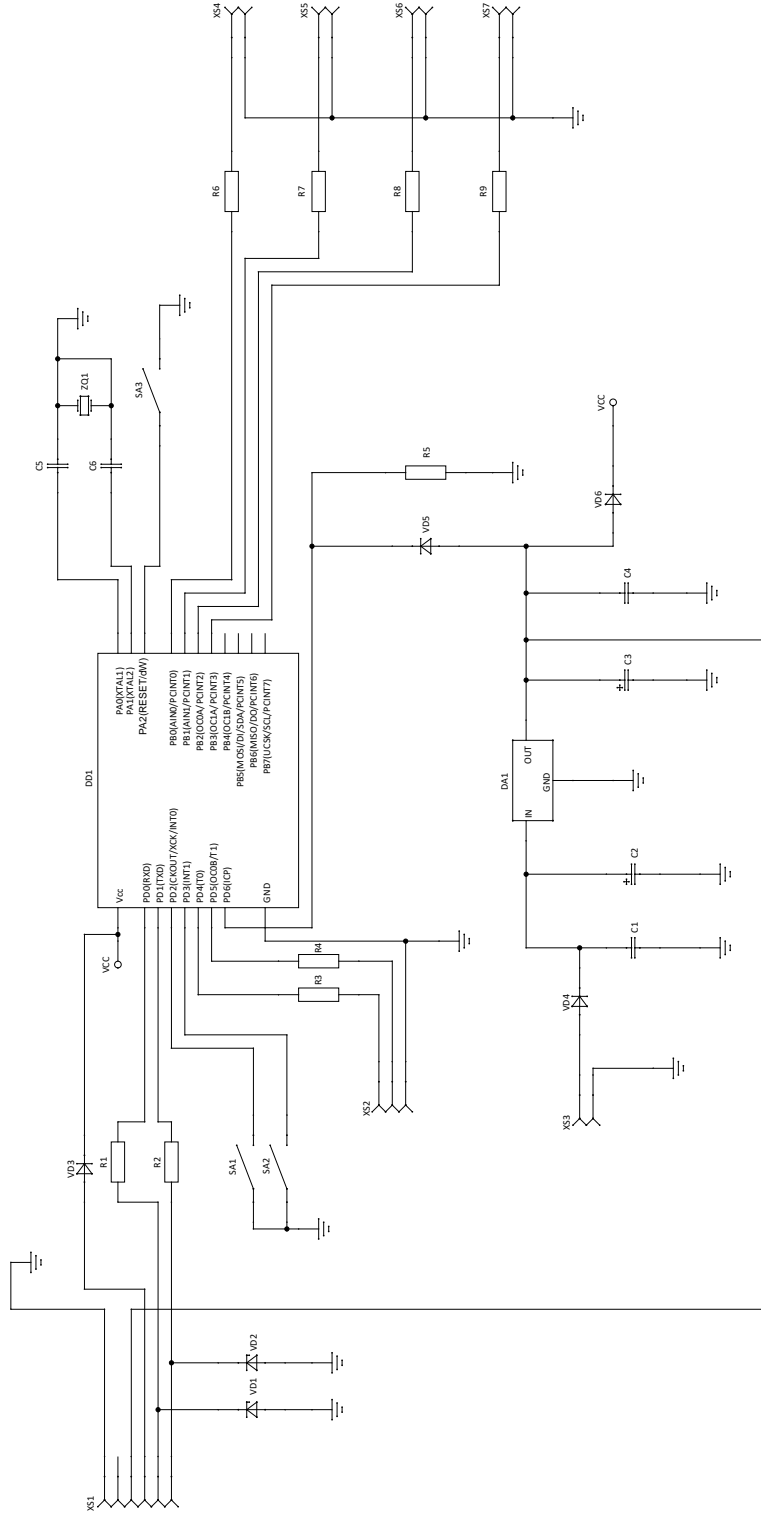
*(підпис, прізвище та ініціали)*

Додаток Б  
(обов'язковий)

## **ГРАФІЧНА ЧАСТИНА**

**РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОПОВІЩЕННЯ ЛІКАРЯ В  
РЕАНІМАЦІЙНОМУ ВІДДІЛЕНІ**

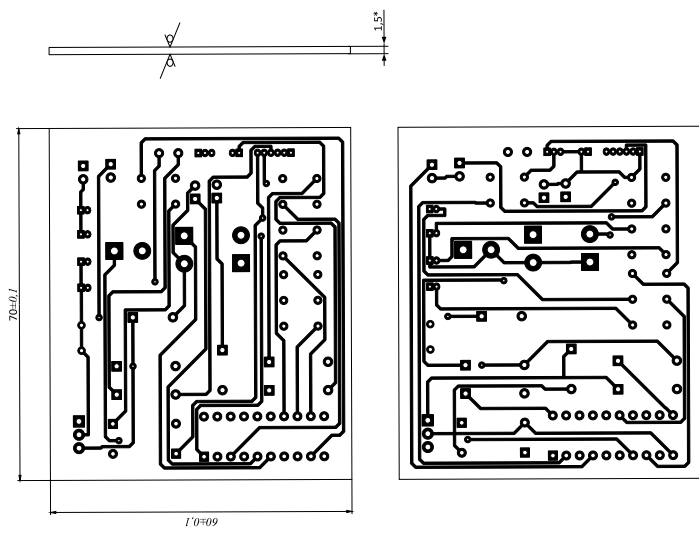
ES 08-35 EJP.15708.000 E3



08-35 EJP.15708.000 E3					
Проектная документация для оборудования шкафов автоматизированных установок					
Схема электрических соединений					
№	Изм.	Исполнение	Дата	Масштаб	Лист
1					1
2					2
3					3
4					4
5					5
6					6
7					7
8					8
9					9
10					10
11					11
12					12
13					13
14					14
15					15
16					16
17					17
18					18
19					19
20					20
21					21
22					22
23					23
24					24
25					25
26					26
27					27
28					28
29					29
30					30
31					31
32					32
33					33
34					34
35					35
36					36
37					37
38					38
39					39
40					40
41					41
42					42
43					43
44					44
45					45
46					46
47					47
48					48
49					49
50					50
51					51
52					52
53					53
54					54
55					55
56					56
57					57
58					58
59					59
60					60
61					61
62					62
63					63
64					64
65					65
66					66
67					67
68					68
69					69
70					70
71					71
72					72
73					73
74					74
75					75
76					76
77					77
78					78
79					79
80					80
81					81
82					82
83					83
84					84
85					85
86					86
87					87
88					88
89					89
90					90
91					91
92					92
93					93
94					94
95					95
96					96
97					97
98					98
99					99
100					100

№	Изм.	Исполнение	Дата	Масштаб	Лист
1					1
2					2
3					3
4					4
5					5
6					6
7					7
8					8
9					9
10					10
11					11
12					12
13					13
14					14
15					15
16					16
17					17
18					18
19					19
20					20
21					21
22					22
23					23
24					24
25					25
26					26
27					27
28					28
29					29
30					30
31					31
32					32
33					33
34					34
35					35
36					36
37					37
38					38
39					39
40					40
41					41
42					42
43					43
44					44
45					45
46					46
47					47
48					48
49					49
50					50
51					51
52					52
53					53
54					54
55					55
56					56
57					57
58					58
59					59
60					60
61					61
62					62
63					63
64					64
65					65
66					66
67					67
68					68
69					69
70					70
71					71
72					72
73					73
74					74
75					75
76					76
77					77
78					78
79					79
80					80
81					81
82					82
83					83
84					84
85					85
86					86
87					87
88					88
89					89
90					90
91					91
92					92
93					93
94					94
95					95
96					96
97					97
98					98
99					99
100					100

ар. БМ/1-06



Таблиця 1

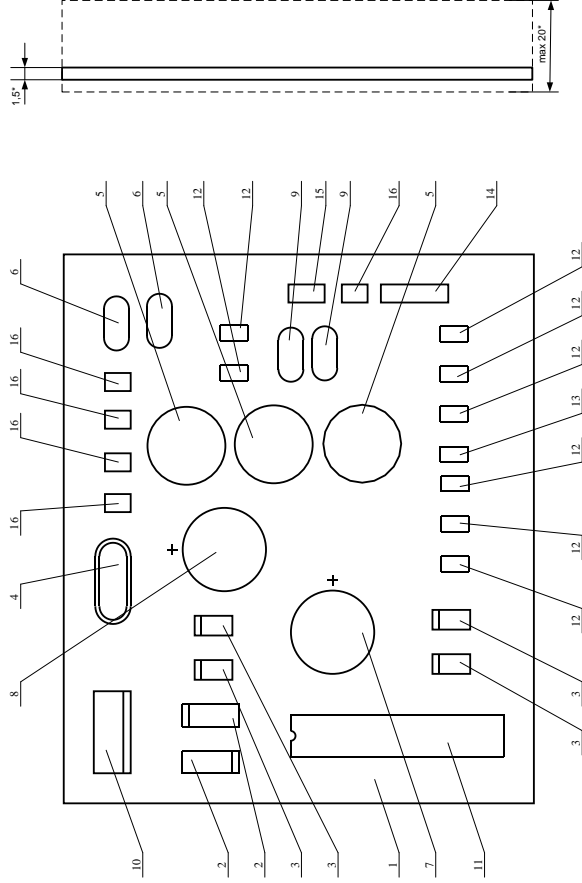
Умова розташування отвору	Діаметр отвору, мм	Діаметр внутрішнього отвору, мм	Кількість отворів
□	1,5	3	6
○	1,5	3	6
□	1,9	1,1	6
○	1,9	1,1	6
□	1	0,5	6
○	1	0,5	6

Таблиця 2

Параметри друкованої плати	Розміри, мм
Ширина дорожки	0,05
Відстань між провідниками	0,25

1. Числові дані вказані.
2. Плату виготовити комбінованим методом.
3. Плату виготовити відповідно до ГОСТ 2375-86.
4. Крок координатної сітки 2,5 мм.
5. Параметри друкованої плати вказані в таблиці 1, 2.
6. Форми виступів плати друковані, с. 6, 1, мм.
7. Граничні відхилення між центрами сопел повинні бути ±0,1 мм.
8. На поверхні плати, зі сторони покриття, нанесити захисне покриття.
9. Плати друкувати на основі епоксидної смоли з використанням фарби ВМ-Біло, шпатель ФР-3.
10. Друковані провідники виконати покладати, наносячи фарбу ВМ-Біло, шпатель ФР-3.
11. Запасний номер (дату виготовлення) вказати фарбою ВМ-Біло, шпатель ФР-3.

08.35.БДР.157.08.000			
Лист	Маса	Масшт.	
1			
Розробка пристрою для оповіщення лікаря в реанімаційному відділенні			
Плата друкована			
Друкував	Перевірив	Друкував	
Виконав	Перевірив	Друкував	
Зачекано	Вибачено	Друкував	
			ВМ-186



- 1\*. Розмір для довідок.
2. Установка елементів провести за ОСТ 4.010.030-82:
  - мікросхеми за варіантом - VІІІа,
  - конденсатори за варіантом - ІІв,
  - резистори за варіантом - ІІа,
  - діоди - за варіантом - VІІІс.
3. Пайку проводити припоєм ПОС61 ГОСТ 21931-76.
4. Плату покрити лаком ЕП-730.ІV.УХІІ4.
5. Маркувати модель приладу фарбою БМ - біла, ТУ29-02-859-78.
6. Таврувати штамп ВТК.

08-35.БДР.157.08.001 СК			
Зам. №	№ документа	Дата	Місяць
Розробка	Штамп		
Визначення	Штамп		
Т. конструктор	Штамп	Архив	Архив
Н. конструктор	Штамп		
Сума	Копія	ар. БМ/186	

08-35.БДР.157.08.001 СК

Розробка пристрою для оповіщення пілота в режимі автономної роботи

С. Жданко

3:1





Додаток В  
(довідниковий)

## **ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ**

**РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОПОВІЩЕННЯ ЛІКАРЯ В  
РЕАНІМАЦІЙНОМУ ВІДДІЛЕНІ**

## Лістинг програми роботи мікроконтролера

```
#include <iom8v.h>
#include <macros.h>
#include <stdlib.h>
//#include <eeprom.h>
#include <math.h>
#define SetBit(x,y) (x|=y)
#define ClrBit(x,y) (x&=~y)
#define TestBit(x,y) (x&y)
#define PORT_LED PORTB
#define LED_RED 0b00000100
#define LED_GREEN 0b00000001
#define ALARM_1 0b00000001
#define ALARM_2 0b00000100
#define ALARM_3 0b00001000
#define ALARM_OFF 0b00000001
#define ALARM_ON 0b00000010
#define PORT_IO PINC
#define PIN_ON 0b00000001
#define PIN_CLOSE 0b00000010
#define PIN_ALARM1 0b00000100
#define PIN_ALARM2 0b00001000
#define PIN_ALARM3 0b00010000
#define LCD_E 0b00010000
#define LCD_RW 0b01000000
#define LCD_RS 0b00100000
#define PORT_LCD PORTC
unsigned char
uart_rx[200],
uart_tx[200],
uart_xx[200],
tSMSC[12],
//tSMSI[12],
rx_bit,
tx_bit,
xx_bit,
uart_error,
i,
f,
SMStext[50],
buffer[20],
status_ALARM=0,
```

```

status_CLICK=0,
aNomer[12]="79122652161";
unsigned char
sALARM1[9]="Тревога1!",
sALARM2[9]="Тревога2!",
sALARM3[9]="Тревога3!";
unsigned int b;
#include "delay.h"
#include "uart.h"
#include "sms.h"
void uart0_init(void)
{
    UCSRB = 0x00; //disable while setting baud rate
    UCSRA = 0x00;
    UCSRC = BIT(URSEL) | 0x06;
    UBRRL = 0x03; //set baud rate lo
    UBRRH = 0x00; //set baud rate hi
    UCSRB = 0xF8;
}
void timer1_init(void)
{
    TCCR1B = 0x00; //stop
    TCNT1H = 0xE3; //setup
    TCNT1L = 0xE1;
    OCR1AH = 0x1C;
    OCR1AL = 0x1F;
    OCR1BH = 0x1C;
    OCR1BL = 0x1F;
    ICR1H = 0x1C;
    ICR1L = 0x1F;
    TCCR1A = 0x00;
    TCCR1B = 0x05; //start Timer
    TIMSK = 0b00000100;
}
#pragma interrupt_handler timer1_ovf_isr:9
void timer1_ovf_isr(void)
{
    //TIMER1 has overflowed
    TCNT1H = 0xE3; //reload counter high value
    TCNT1L = 0xE1; //reload counter low value
    if((f==1)&&(status_CLICK>0))
    {
        PORT_LED^=LED_RED;
        b++;
    }
}

```

```

return;
}
if(status_ALARM==ALARM_ON)
{
SetBit(PORT_LED,LED_GREEN);
Delay_ms(4);
ClrBit(PORT_LED,LED_GREEN);
}
}

void main(void)
{
unsigned char c,str[10];
f=0;
DDRB=0xff;
//DDRC=0xff;
PORTB=0;
//PORTC=0xff;
Delay_ms(50);
uat0_init();
timer1_init();
status_ALARM=ALARM_OFF;
SEI();
start:
i=0;
uart_puts("ATE0");
Delay_ms(5);
i=0;
uart_puts("ATE0");
Delay_ms(5);

i=0;
uart_puts("AT+CPMS=\"MT\", \"SM\"");
Delay_ms(5);

ReadSMSC();
Delay_ms(5);

i=0;
uart_puts("ATE0");
Delay_ms(5);
i=0;
uart_puts("AT+CPBS=\"SM\"");
Delay_ms(5);

```

```

i=0;
Delay_ms(5);
Delay_ms(2);

((strlen(tSMSC)==11)&&(strlen(aNomer)==11)&&(strcmp(tSMSC,aNomer,11))
)
{ SetBit(PORT_LED,LED_RED+LED_GREEN);
Delay_ms(100);
ClrBit(PORT_LED,LED_GREEN);
ClrBit(PORT_LED,LED_RED);
}
else
{
goto start;
}
monitor:
if(status_CLICK!=0)
{
strcpy(SMStext,"");
if(status_CLICK&ALARM_1) strcat(SMStext,sALARM1);
if(status_CLICK&ALARM_2) strcat(SMStext,sALARM2);
if(status_CLICK&ALARM_3) strcat(SMStext,sALARM3);
strcpy(buffer,"at+cmgs=");
c=strlen(SMStext);
c=c*2+14;
utoa(str,c,10);
strcat(buffer,str);
i=0;
uart_puts(buffer);
Delay_ms(5);
CodeSMS(aNomer,SMStext);
Delay_ms(5);
uart_putx();
Delay_ms(5);
}
while(1)
{
while((PORT_IO&PIN_ON)==0)
{
if((PORT_IO&PIN_ON)==0)
{
status_ALARM=ALARM_OFF;
status_CLICK=0;
ClrBit(PORT_LED,LED_GREEN);

```

```

        ClrBit(PORT_LED,LED_RED);
        f=0;
    }
}
status_ALARM=ALARM_ON;

if((PORT_IO&PIN_CLOSE)&&(status_CLICK))
{
    Delay_ms(2);
    if(PORT_IO&PIN_CLOSE)
    {
    }

    if((PORT_IO&PIN_ALARM1))
    {
        Delay_mks(500);
        if((PORT_IO&PIN_ALARM1)) SetBit(status_CLICK,ALARM_1);
    }
    if((PORT_IO&PIN_ALARM2))
    {
        Delay_mks(500);
        if((PORT_IO&PIN_ALARM2)) SetBit(status_CLICK,ALARM_2);
    }

    if((PORT_IO&PIN_ALARM3)) SetBit(status_CLICK,ALARM_3);
    }
    if((status_CLICK!=0)&&(f==0))
    goto monitor;
}

if((status_CLICK!=0)&&(f==1)&&(b==60))
{
    b=0;
    goto monitor;
}
}
return;
}

```