

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіоелектроніки,
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
(повне найменування інституту, факультету)
Кафедра радіотехніки та телекомунікацій
(повне найменування кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему Дослідження методів підвищення завадостійкості
цифрових схем

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи РТ-219м
Спеціальності

172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Радіотехніка

Кучер А.О

(прізвище та ініціали)

Керівник Костенко В.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Кудерметов Р.К.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Інститут інформатики та радіоелектроніки, ФРЕТ

Кафедра Радіотехніки та телекомунікацій

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

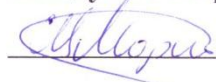
(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Радіотехніка

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри РТТ



Морщавка С.В.

«___» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Кучера Андрія Олександровича

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження методів підвищення завадостійкості цифрових схем

керівник проекту (роботи) Костенко Валер'ян Остапович к.т.н., доцент

(Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від

« 6 » листопада 20 20 року № 315

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14.12.2020

3. Вихідні дані до проекту (роботи) проблема неефективності цифрових схем через завади, схеми для вивчення різних типів завад та дослідження методів боротьби з ними,

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Постановка задачі, засоби підключення пристроїв зовнішніх ланцюгів характеристики завад методи підвищення завадостійкості цифрових схем

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація Microsoft power point з поясненнями алгоритму проведення досліджень, малюнками схем над якими проводились дослідження та результатами проведеної роботи

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконання завдання
1-4	Костенко В.О., доцент	01.09.2020	<i>[Signature]</i>
5	Левченко Н.М., завідувач кафедри обліку і оподаткування	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
6	Якімцов Ю.В., доцент	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Нормоконтроль	Мороз Г.В., ст.викладач	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

7. Дата видачі завдання « 01 » вересня 2020 року.

5 КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Постановка задачі	15.09.20	вик.
2	Дослідження основних характеристик завод	07.10.20	вик.
3	Вивчення причин виявлення завод та їхній вплив на роботу схем	19.10.20	вик.
4	Дослідження методів ефективної боротьби з заводами	01.11.20	вик.
5	Опис процесу проведеного дослідження	08.11.20	вик.
6	Робота над економічною частиною	22.11.20	вик.
7	Розробка рекомендацій з охорони праці	01.12.20	вик.
8	Оформлення пояснювальної записки та презентації	16.12.20	вик.
9	Проходження нормконтролю, рецензування, антиплагіату, оформлення дублінського ядра	17.12.20	вик.

Студент(ка) *[Signature]* А.О.Кучер
(підпис)

Керівник проекту (роботи) *[Signature]* В.О.Костенко
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 80 сторінок, 26 рисунків, 13 таблиць, 30 посилань

Мета роботи – розгляд засобів та методів зменшення завад у різних схемах цифрових приладів та розробка рекомендацій щодо виконання конструкції з екранізацією блоків ВЧ.

В ПЗ виконано: аналітичний огляд та аналіз засобів конструювання цифрових приладів, які створюють завади значної величини, розроблена структура двохшарової печатної плати, у якій поєднані сигнали шин «брудної» землі і «чистої» землі у одну шину – загальна земля, розроблені рекомендації щодо виконання конструкції з екрануванням високочастотних та низькочастотних блоків.

Виконано: розробка запитань з економічної частини, що показують достатню ефективність розробки, а також розглянуті заходи по безпеці праці при виробництві цифрових блоків РЕА.

ДЖЕРЕЛО, ЗАВАДА, ШИНА, ЗАЗЕМЛЕННЯ, ВЕЛИЧИНА,
НАПРУГА, КОНСТРУЮВАННЯ, ПЕЧАТНА , ПЛАТА, ЕКРАНУВАННЯ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	3
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	10
2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАВАД.....	13
3 СПОСОБИ ПІДКЛЮЧЕННЯ ПРИСТРОЇВ ДО ЗОВНІШНІХ ЛАНЦЮГІВ.....	16
3.1 Підключення пристрою до зовнішніх ланцюгів.....	16
3.2 Підключення кварцового резонатора.....	20
3.3 Підключення сигналу «скидання».....	22
3.4 Підключення ключа з реле.....	26
3.5 Підключення через оптрону пару.....	27
3.6 Підключення до джерела живлення.....	29
4 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ.....	38
4.1 Рекомендації щодо підвищення завадостійкості.....	38
4.2 Екранування швидкодіючих схем.....	46
5 ТЕХНІКО –ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	49
5.1 Ознайомлення з ідеєю.....	49
5.2 Стратегія охоплення ринку, оцінка технічного рівня виробу.....	52
5.3 Оцінка технічного рівня виробу.....	54
5.4 Розрахунок матеріальних витрат та капітальних вкладень.....	56
5.5 Висновки.....	50
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СІТУАЦІЯХ.....	51
6.1 Аналіз потенційних небезпек.....	51
6.2 Заходи по забезпеченню електробезпеки.....	52
6.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці.....	55
6.4.1 Заходи з пожежної безпеки.....	58
6.4.2 Заходи з цивільного захисту.....	70

6.5 Заходи по забезпеченню безпеки під час робочого процесу.....	71
ВИСНОВКИ.....	76
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	77

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ВІС	– велика інтегральна схема
ВЧ	– високі частоти
ВЧ	– електромагнітна сумісність
КМОП	– комплементарна структура метал-окисе-напівпровідник
ККД	– коефіцієнт корисної дії
ІС	– інтегральна схема
МС	– мікрокомп'ютер
МК	– мікроконтролер
ПЗ	– потужна завада
НЗ	– наносекундна завада
НВІС	– надвелика інтегральна схем
НЧ	– низькі частоти
РЗ	– радіочастотна завада
РЕА	– радіоелектрона апаратура
ТТЛ	– транзисторно-транзисторна логіка
ТТЛШ	– транзисторно-транзисторна логіка з транзисторами Шотки
ADC (АЦП)	– аналогово-цифровий перетворювач
БЖ	– блок живлення
DAC (ЦАП)	– цифрово-аналоговий перетворювач
EFT	– електричний швидкий перехід
ESD	– електростатичний розряд
LPF	– фільтр низьких частот

ВСТУП

Данна робота присвячена методам електронного конструювання та монтажу цифрової апаратури, які забезпечують високу завадостійкість і електромагнітну сумісність у реальних умовах експлуатації. Актуальність цих задач на сучасному етапі обумовлена наступними основними причинами:

- підвищення швидкодії напівпровідникових приладів і електронних схем;
- зниження амплітуд робочих сигналів цифрових елементів, з одного боку, і підвищення рівня навколишніх завад, з другого боку;
- зростання впливу меж платних з'єднань та компоновки вузлів РЕА на завадостійкість і швидкодію електронних пристроїв;
- трудомісткість і великі матеріальні і часові витрати, пов'язані з пошуком та усуненням причин низької завадостійкості електронних пристроїв.

Однак з підвищенням швидкодії та щільності компоновки елементів проблеми забезпечення завадостійкості і електромагнітної сумісності пристроїв стають важливими задачами конструювання РЕА та електронно – обчислювальної апаратури в цілому.

При конструктивній реалізації будь-якої електронної схеми незмінно вносяться додаткові паразитні параметри ємнісного, індуктивного і резистивного характеру, котрі можуть у недопустимих межах погіршувати її швидкодію і завадостійкість у реальних конструкціях, а у деяких випадках привести до повної втрати працездатності схеми. Особливо великий вплив конструкції монтажу мають на роботу надшвидких і високочастотних схем та пристроїв. Тому конструювання електронної апаратури у наносекундному і пікосекундному діапазонах (надшвидкі інтегральні схеми, базові матричні кристали, багат шарові печатні плати, багатовиводні корпуси ВІС НВІС, провідні і кабельні лінії зв'язку, схемне і захисне заземлення, ланцюги

електроживлення) – це насамперед електронне конструювання, основним критерієм якості котрого є системна швидкодія, завадостійкість і електромагнітна сумісність.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Кінцевою метою роботи є розробка заходів для зменшення завад при конструюванні цифрових схем. У процесі роботи над дипломним проектом необхідно вирішити наступні задачі:

- оглянути типові рішення і приклади конструювання цифрових схем з застосуванням мікропроцесорної техніки та понад швидкісних інтегральних схем;
- встановити причини виникнення імпульсних завад і наслідки їхньої дії у реальних конструкціях цифрових схем;
- оглянути методи і засоби зменшення завад;
- оглянути методи і схемотехнічні рішення для усунення помилкових конструкцій печатних плат;
- розробити рекомендації по застосуванню завадостійких конструкцій подачі напруги живлення до цифрових пристроїв;
- дати економічне обґрунтування доцільності даного проекту;
- розробити технічні заходи по охороні праці та електробезпеці.

Цифрові інтегральні схеми можуть як створювати перешкоди так і сприймати їх зовні. У табл.1.1 наведені параметри завад, виникаючих у стандартних цифрових інтегральних схемах[1]:

- $f_{\max}$ — максимальна робоча частота серії;
- dV/dt — швидкість переключення логічного елемента;
- L_c — довжина неузгоджених ліній зв'язку.

Для зменшення завад, виникаючих у цифрових логічних схемах, необхідно працювати з сигналами, що мають великий час наростання і спаду, і малу амплітуду, обмежувати число одночасно перемикаючих сигналів і застосовувати ефективні методи шунтування і заземлення. Для підвищення стійкості схем до зовнішніх завад слід застосовувати повільні схеми синхронізації з тригерами Шмітта на вході. Якщо система має довгі кабелі, бажано використовувати диференційні передавальні та приймальні пристрої,

з'єднувальні симметричні лінії зв'язку, щоб знизити рівень створюваних завад та сприйманих завад.

Таблиця 1.1 – Параметри завад, виникаючих у цифрових ІС

Серія цифрових ІС	V_{cc} , В	F_2 , МГц	dV/dt , В/нс	Перехідний імпульс заряду V_{cc} – земля, пКл	L_c , м	Запас завадостійкості, В
40xxB	6	4,0	0,06	170	6,06	2,25
40xxB	10	6,4	0,18	230	3,79	4,50
40xxB	15	16	0,60	120	1,62	7,75
74xx	6	110	2,00	26	0,12	0,60
74Acxx	6	161	2,29	6,0	0,16	1,25
174ACTxx	8	818	5,38	6,5	0,06	0,70
74A1Sxx	5	78	1,18	12	0,21	1,10
74ASxx	6	114	1,24	6,5	0,16	0,45
74Cxx	6	1,4	0,02	440	16,7	2,00
74Cxx	10	4,0	0,11	340	5,68	3,50
74 1xx	6	136	2,20	9,2	0,11	1,30
74Hxx	6	166	2,76	12	0,09	0,60
74Исxx	6	30	0,63	40	0,60	0,80
74ИСТxx	6	66	0,87	16	0,42	0,60
74Lxx	6	26	0,47	98	0,62	0,65
74LSxx	6	41	0,67	31	0,37	0,55
74Sxx	6	126	1,88	9,2	0,12	0,55
10xx	-6,2	160	0,40	0,80	0,16	0,07
100xxx	-6,2	466	1,00	0,25	0,06	0,08
1000xx	-3,3	600	9,60	0,19	0,02	0,20

Найкраще усього захищені від завад логічні мікросхеми серій 74Cxx і 40xxB. Рівень завад створюваних цими мікросхемами досить низький, вони володіють великим запасом завадостійкості і до них можна підключати неузгоджені лінії зв'язку довжиною до 3,7 м (при $t_n \leq 6,6$ нс/м). Далі слідує логічні ІС серій 74HCxx, 74HCTxx, 74Lxx и 74LSxx, до

котрих допустимо підключення неузгоджених ліній довжиною до 0,37м. До логічних схем серій 74xx, 74Acxx, 74ALSxx, 74Asxx, 74Fxx, 74Hxx, 74Sxx, та 10xxx можна підключати неузгоджені лінії зв'язку, довжина яких не перевищує 0,09 м. Схеми серій 74ЛСТxx, 100xx та 1000xx генерують надто високий рівень завад, і практично усі підключені до них лінії зв'язку повинні належним образом узгоджуватися.

2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАВАД

Джерел завад, здатних викликати збій або відмову пристрою, існує незліченна кількість. Проте найчастіше зустрічаються наступні типи завад:

- наносекундні перешкоди, які, як правило, бувають викликані спрацюванням механічних контактів вимикачів і реле. У зарубіжній літературі цей вид перешкод називається EFT – Electric Fast Transients;
- мікросекундні перешкоди, пов'язані з роботою реактивних елементів в ланцюгах потужних навантажень (зарядка конденсаторів, а також віддача енергії що накопичена в обмотках моторів, соленоїдів і ін.), у зарубіжній літературі цей вид перешкод називається surge;
- завади від електростатичних розрядів; в основному це перешкоди, що виникають при торканні "наелектризованою" людиною різних електричних ланцюгів. У зарубіжній літературі цей вид перешкод називається ESD – Electrostatic Discharge [29];
- завади, викликані роботою близько розташованих радіопередавачів;
- завади від потужних природних або штучних джерел енергії, передусім від грозових розрядів.

Існують російські і міжнародні стандарти, що обумовлюють вимоги до електромагнітної сумісності (ЕМС) [29], [30]. Стандарти акумулюють багаторічний інженерний досвід. Проте самі по собі стандарти є важко засвоюваним матеріалом, малопридатним для безпосереднього керівництва при проектуванні або аналізі поведінки пристроїв. Стандарти розроблені так, щоб при випробуванні пристроїв досить акуратно імітувати реальні завади.

Доцільно усі завади розділити на три абстрактні типи:

- наносекундні завади (НЗ);
- потужні завади (ПЗ);
- радіочастотні завади (РЗ).

Практично усі реальні перешкоди можуть бути представлені як комбінації цих трьох абстрактних завад. Наприклад, EFT завади – це пачки наносекундних перешкод НЗ, а ESD – це комбінація поодинокі НЗ з поодинокію ПЗ. Тому якщо пристрій стійкий до усіх трьох абстрактних типів завад, то з високою мірою вірогідності воно буде стійке і до реальних завад, незалежно від їх походження.

Наносекундні завади є причиною більшості збоїв при роботі РЕА. При усій своїй різноманітності наносекундні завади мають деякі спільні властивості:

- поодинокі НП це майже дельта-функція, у неї надзвичайно широкий спектр (до одиниць гігагерца);
- НП має нікчемну енергію, на відміну від МП вона, як правило, не "випалює" радіоелектронні пристрої, а викликає оборотний збій;
- збиватися можуть тільки пристрої, що мають пам'ять, такі як мікропроцесори, лічильники і ін.

Для чисто комбінаційних цифрових вузлів поняття "збій" втрачає сенс, оскільки вони автоматично повертаються в потрібний стан після закінчення НЗ. Помітимо, що аналогові ланцюги теж можуть мати "пам'ять" у вигляді ємностей або індуктивностей. Щоб краще уявити собі цей тип завад, корисно звернутися до стандарту МЭК 61000 –4–4 (ГОСТ Р 51317.4.499). У ньому сказано, що EFT завади повинні імітуватися пачками трикутних імпульсів. Тривалість переднього фронту у кожного імпульсу – 5 нс, тривалість імпульсу – 50 нс на рівні 50 %. Внутрішній опір генератора імпульсів складає 50 Ом, генератор має бути заземлений.

Амплітуда НЗ-імпульсів залежить від того, до якого класу по завадостійкості повинен відноситися випробовуваний пристрій, а також від того, куди подаються імпульси при випробуванні (таблиця 2.1). Можливі випробування і жорсткіші, якщо це потрібно за умовами експлуатації приладу. Проте в переважній більшості випадків перерахованих в таблиці мір

складності вистачає. Найлегші випробування застосовуються до побутової техніки, найскладніші до промислових і бортових пристроїв.

Таблиця 2.1 – Параметри випробувальних сигналів

Ступінь жорсткості випробувань	Електроживлення, заземлення		Сигнали вводу/виводу	
	Амплітуда імпульсів, кВ	Частота повторення, кГц	Амплітуда імпульсів, кВ	Частота повторення, кГц
1	0,5	5	0,25	5
2	1	5	0,5	5
3	2	5	1	5
4	4	2,5	2	5

У лінії живлення і заземлення тестові НЗ імпульси інжектуються безпосередньо, без розв'язки. З урахуванням досить низького опору генератора сигналів, величини імпульсних струмів, що протікають в ланцюзі загального дроту, можуть досягати величезних величин. Імпульсні струми НЗ, що протікають по загальному дроту пристрою, створюють помітне падіння напруги між різними точками цього дроту, що може викликати збій.

У сигнальні ланцюги тестові НЗ імпульси інжектуються через «ємнісні кліщі», куди по черзі закладаються усі дроти, що приходять до пристрою. Їмність зв'язку невелика – одиниці пікофарад, але для НЗ імпульсів навіть порівняно невеликі ємності не є серйозною перешкодою, оскільки їх спектр достатньо широкий. НЗ, що приходить в пристрій по сигнальних ланцюгах, рано чи пізно потрапляє на загальний дріт ("землю") пристрою і далі проходить тими ж шляхами, що і НЗ, інжектівана в ланцюг загального дроту. Оскільки згідно із стандартом, амплітуда сигнальної НЗ удвічі менша, ніж земляний, що потрапила в загальний сигнальний дріт НЗ в подальшому вже не може викликати ефекту гіршого, ніж земляна НЗ, проте до того, як сигнальна НЗ потрапить на загальний дріт, вона може викликати збій безпосередньо в ланцюгах, пов'язаних з цим сигналом. Стандарт обумовлює, що випробовуваний пристрій повинен знаходитися на ізолюючій підставці на

відстані 100 мм від суцільної заземленої поверхні, оскільки між пристроєм і цією поверхнею утворюється ємнісний зв'язок, іноді одного цього вистачає для збою.

З СПОСОБИ І СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ ПРИСТРОЇВ ДО ЗОВНІШНІХ ЛАНЦЮГІВ

3.1 Спосіб підключення пристрою до зовнішніх ланцюгів

На рисунку 3.1 умовно показаний деякий пристрій, що складається з блоків 1-4. Блоки 1 і 2 не підключені до зовнішніх ланцюгів, де вони можуть збиватися через падіння напруги на внутрішньому загальному дроті, викликаному проходженням струму перешкоди I_{GND} (на рисунку 3.1 показана перешкода, інжектвана в лінію заземлення). Блоки 3 і 4 підключені до зовнішніх пристроїв, тому окрім згаданих збоїв вони додатково схильні до збоїв через струми перешкод I_1 і I_2 , що проходять через їх термінали.

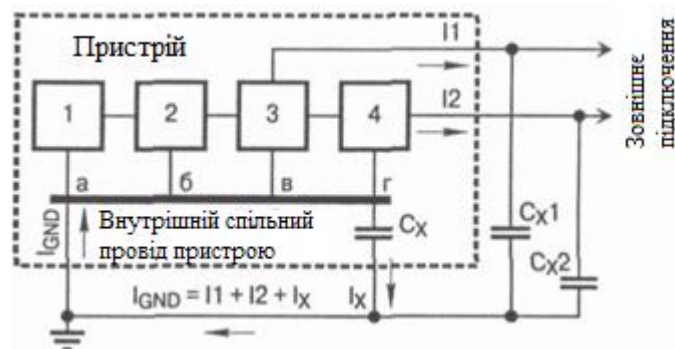


Рисунок 3.1– Схема з'єднання вузлів до спільної шини

Два типи перевірок, обумовлених стандартом (з боку заземлення і з боку сигналів), взаємодоповнюють один одного. На рисунку 3.1 можна виділити три складових завадостійкого пристрою до НЗ, що розглядаються далі більш детально:

- внутрішній загальний дріт ("земля") пристрою;
- бар'єри;
- ємнісні зв'язки.

Внутрішній загальний дріт пристрою. У момент проходження НЗ по внутрішньому загальному дроту створюється помітна різниця напруги між різними його точками ("перекуси"). Наприклад, якщо блоки 1 і 2 (рис.3.1) є цифровими, зібраними на мікросхемах ТТЛШ, то різниця напруги приблизно в 1 В між точками "а" і "б" здатна викликати збій.

Основну роль в створенні падіння напруги грає не резистивна, а індуктивна складова ланцюга загального дроту. За рахунок величезної крутизни фронтів НЗ навіть мізерних індуктивностей загального дроту або навіть шарів в друкованих платах буває досить для збою.

Розглянемо еквівалентну схему на рисунку 3.2.

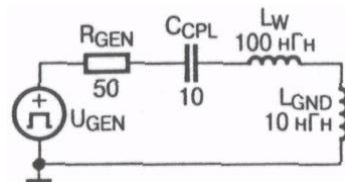


Рисунок 3.2 – Еквівалентна схема з'єднання

Джерело завад – генератор трикутних імпульсів U_{GEN} . Фронт наростання завади – 5 нс, тривалість по рівню 50 % рівна 50 нс (рис.3.3), опір джерела перешкоди R_{GEN} дорівнює 50 Ом, як обумовлено стандартом. Амплітуда імпульсу перешкоди 1кВ, що відповідає порівняно "м'яким" випробуванням згідно таблиці. 3.1.

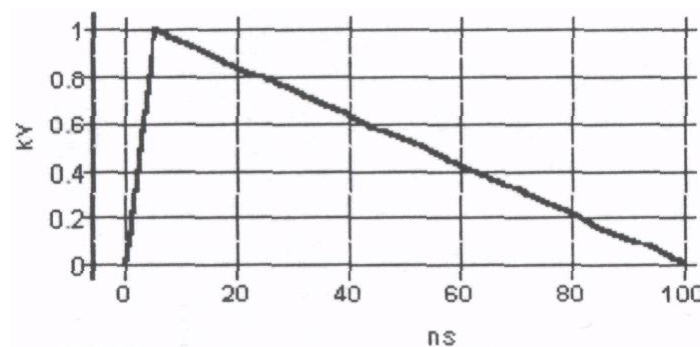


Рисунок 3.3 – Форма сигналу завади

Конденсатор C_{CPL} є ємність зв'язку, L_w – індуктивність дротів, підключених до пристрою. Для схеми на рисунку 3.1 ємність зв'язку C_{CPL} складається з паралельно включених C_{X1} , C_{X2} , а також можливо, ємності, що привносяться зовнішніми пристроями.

Індуктивність L_w представляє сумарну індуктивність усіх провідників на шляху завади, за винятком індуктивності загального дроту на даній ділянці (у нашому випадку на ділянці "а", "б" рисунок 3.1), яка позначена як LGND. Припустимо, що індуктивність загального дроту LGND дорівнює 10 нГн, а індуктивність інших ланцюгів – 100 нГн.

Для орієнтування відмітимо, що печатний провідник шириною 5 мм і завдовжки 10 мм має індуктивність більше 10 нГн, провідник шириною 0,35 мм і завдовжки 10 мм приблизно 17 нГн. Квадратний майданчик розміром 25х25 мм має індуктивність більше 20 нГн. На рисунку 3.4 показана форма падіння напруги на LGND для наступних випадків:

- $C_{CPL} = 10$ пФ, $L_w = 100$ нГн;
- $C_{CPL} = 100$ пФ, $L_w = 100$ нГн;
- $C_{CPL} = 0,1$ мкФ, $L_w = 100$ нГн;
- $C_{CPL} = 0,1$ мкФ, $L_w = 0$.

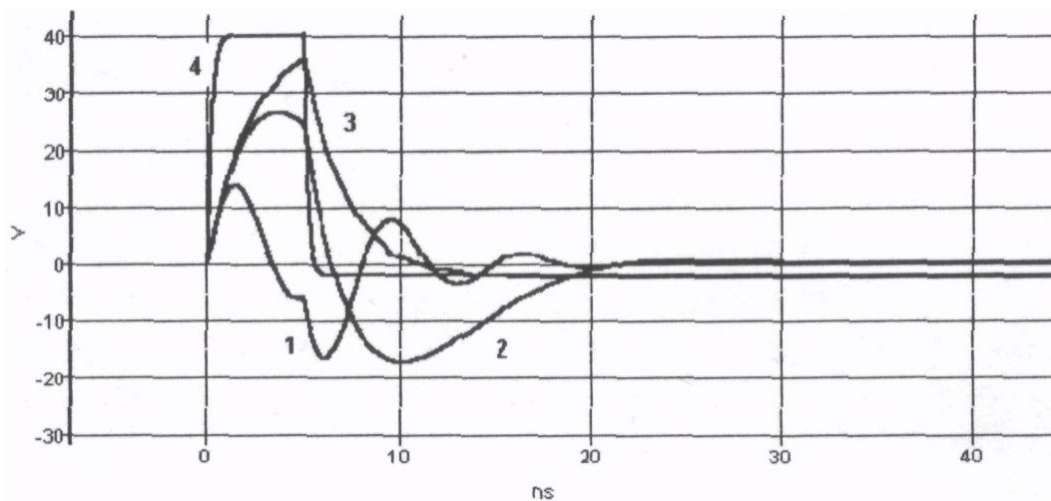


Рисунок 3.4 – Форма напруги на загальному дроті

При проходженні завади на індуктивності внутрішнього загального дрота пристрою створюється падіння напруги, достатнє для збою. Побачити таку заваду за допомогою запам'ятовуючого осцилографа дуже важко з ряду умов, у тому числі по причині обмеженої швидкості більшості сучасних запам'ятовуючих осцилографів.

Із цього слідує, що навіть суцільний шар загального дрота не врятує пристрій на рисунку 3.1 від збоїв, і в ньому «перекуси» при проходженні НЗ можуть досягти десятків вольт.

Стійкість пристрою до дії НЗ не може бути досягнута тільки за рахунок потовщення провідників загального дроту, заливки вільних місць печатної плати провідником загального дроту або використання багатошарових плат. За рахунок одних тільки "товстих" загальних провідників можна отримати вигреш в завадостійкій приблизно в 1,5...3 рази, що на тлі сигналів завад, показаних на рисунку 3.4, абсолютно недостатньо. Розв'язка зовнішніх сигналів за допомогою оптронів теж вважається хорошим засобом підвищення завадостійкості, але насправді не є надійним захистом від НЗ. Типова ємність оптрона – 0,5 пФ, при підстановці цього значення в якості C_{CPL} падіння напруги на індуктивності L_{GND} в схемі на рисунку 3.2 зменшується до 4 В, що все одно досить для збою. Якщо пристрій має декілька ліній введення/виведення, розв'язаних оптронами, то ємність C_{CPL} буде відповідно більша.

Радикального зменшення напруги завад на внутрішньому загальному дроті пристрою можна досягти, якщо правильно скомпонувати пристрій і вибрати оптимальну точку заземлення. Наприклад, цілком очевидно, що по внутрішньому загальному дроту пристрою на рисунку 3.5 струми перешкод на ділянці "а"–"в" взагалі не течуть, відповідно, не виникає причин для збою блоків 1 і 2. У пристрої на рисунку 3.5 внутрішній загальний дріт пристрою розділений на дві частини: "чисту" ("а"–"в") і "брудну" ("в"–"г"). По "чистій" частині струми завад не протікають, до неї можна приєднувати усі блоки, потенційно чутливі до завад (блоки 1 і 2). Струми завад що течуть тільки по

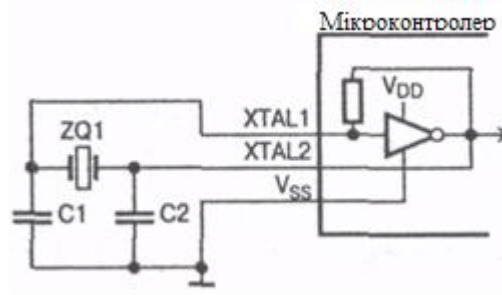


Рисунок 3.6 – Схема кварцевого генератора МК

Точки підключення конденсаторів і мікроконтроллера до спільного дроту печатної плати грають істотну роль. Щонайменший перекіс напруги загального дроту між C1 і Vss, що виникає при проходженні НЗ по загальному дроту пристрою, буде багаторазово посилений і потрапить до середини мікроконтроллера, як короткий неправдивий тактовий імпульс. Оскільки тривалість неправдивого тактового імпульсу набагато менша, ніж тривалість "справжніх", внутрішня логіка мікропроцесора може перейти в непередбачуваний стан. Мікропроцесор "зависне", і не кожен вбудований сторожовий таймер зможе його скинути, оскільки в деяких мікроконтроллерах сторожові таймери тактуються від загального генератора і самі можуть "зависнути" після дії такої завади.

На рисунку 3.7 показані приклади розводки цього вузла на печатній платі. Фрагмент ліворуч розведений в припущенні, що загальний дріт печатної плати екіпотенціальний. Конденсатори C1 і C2 підключені до нього так, як і усі інші елементи, товщина провідників загального дроту вибрана великою.

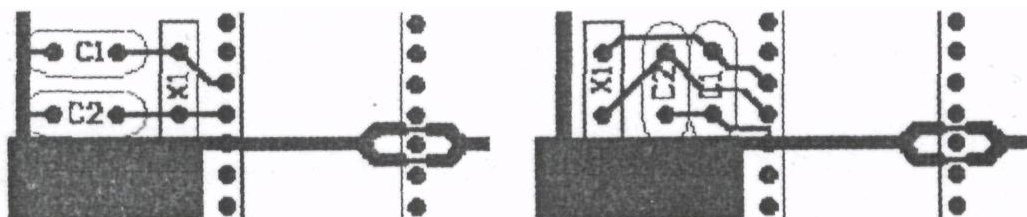


Рисунок 3.7 – Розводка загального дроту на платі

Така розводка зустрічається часто, але вона не забезпечує високої завадостійкості. Фрагмент справа розведений так, щоб струм завад не протікав по доріжці, що сполучає конденсатори C1 і C2 з виведенням мінуса живлення мікроконтроллера. Ця доріжка утворює ділянку "чистого" загального дроту.

Завадостійкість мікропроцесорного пристрою з такою розводкою буде максимальна.

3.3 Підключення сигналу "Скидання"

Вхід скидання мікроконтроллера є ще одним ланцюгом, схильним до впливу наносекундних перешкод. Нерідко розробники ігнорують цей очевидний факт і використовують розгалужений ланцюг скидання, безпосередньо підключений до різних вузлів на платі. Замикання головного дроту між джерелом сигналу скидання (часто це супервізор живлення) і мікроконтролером викликає неправдиве скидання пристрою. Схемотехнічно розв'язати цю проблему неважко, досить на вхід мікроконтроллера додати простий RC-ланцюжок, як показано на рисунку 3.8.

Проте таке рішення повинне супроводжуватися і правильною розводкою "холодного" виведення конденсатора C3, інакше ніякої користі воно не принесе.

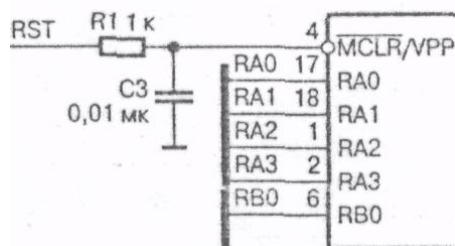


Рисунок 3.8 – Схема входу скидання МК

Вимоги до розводки провідника, що сполучає СЗ з мінусовим виведенням мікроконтролера такі ж, як для першого прикладу, ніякі інші деталі, окрім СЗ, до цього провідника підключати не можна. Виняток становлять тільки конденсатори кварцевого генератора (С1 і С2 на рисунку 3.7).

Забезпечити високу завадостійкість пристрою можна на етапі загального компонування. Типова плата пристрою, при компонуванні якої питання завадостійкості не були взяті до уваги, показана на рисунку 3.9. Для підключення зовнішніх сигналів і живлення в ній використані усі чотири кромки печатної плати. Мікропроцесор розташований майже в центрі печатної плати, тобто у місці найбільш схильному до впливу наносекундних перешкод. В разі використання суцільного загального дроту дуже ймовірно, що такий пристрій буде збиватися. Не міняючи компонування істотного поліпшення завадостійкості в такому пристрої можна досягти, якщо розділити загальний дріт на "чисту" і "брудну" частини, як умовно показано на рисунку 3.9. Зовнішній контур є "брудною" частиною, він спеціально призначений для поширення наносекундних завад. До "брудної" частини не можна підключати пристрої, чутливі до завад.

Внутрішній "півострів" "чистої" частини сполучений з "брудною" частиною в одній точці. В усі сигнальні лінії, що проходять між "чистою" і "брудною" частинами, необхідно додати резистори або дроселі, щоб перегородити шлях НЗ (бар'єри).

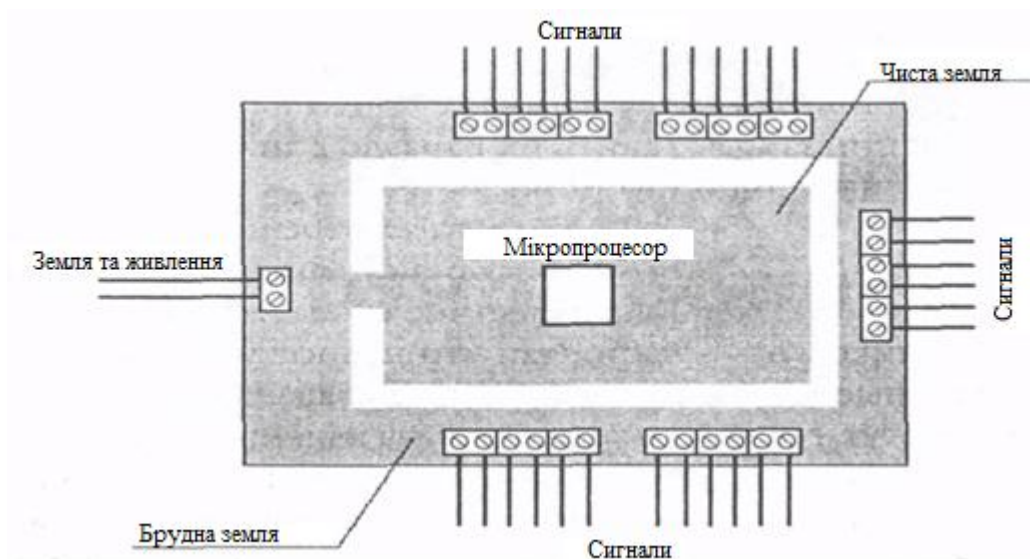


Рисунок 3.9 – Компонування плати з МК

Подальше поліпшення завадостійкості досягається перекомпонуванням пристрою, як показано на рисунку 3.10. Видно, що усі термінали зосереджені з одного "брудного" боку плати. Тим самим шлях поширення завад по загальному дроту плати значно скорочений.

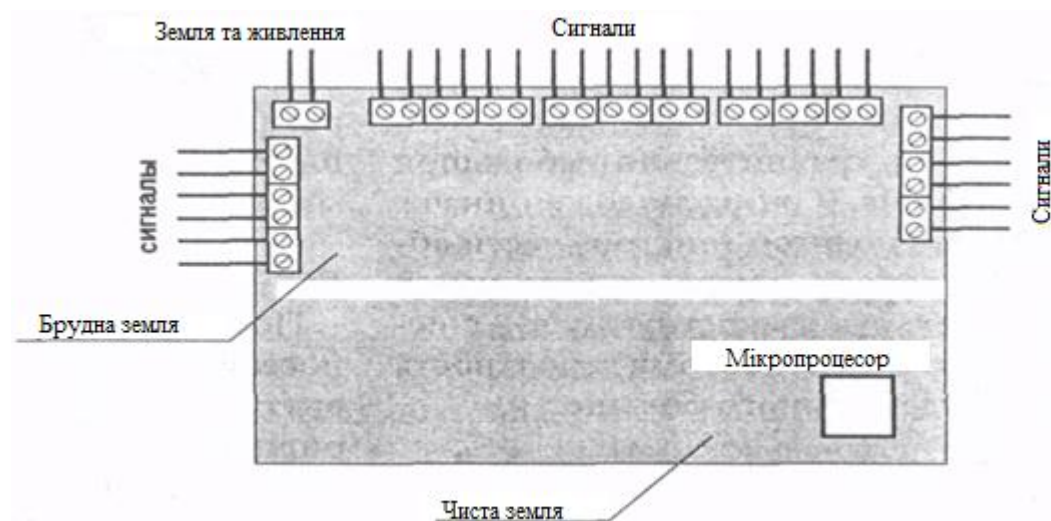


Рисунок 3.10 – Компонування плати з МК

Після того, як внутрішній загальний дріт пристрою розділений на "чисті" і "брудні" частини, виникає питання, як запобігти проникненню завад з "брудної" частини в "чисту"? Наприклад, у пристрою на рисунку 3.5 блок 2 підключений до "чистої" частини, але він обмінюється сигналами з блоком 3, який схильний до впливу завад. У приведеному вище було згадано, що сигнальні ланцюги, що сполучають вузли на "чистій" і "брудній" частинах, повинні містити бар'єри для завад – резистори або дроселі. Практика показує, що повсюдне використання бар'єрів зазвичай підвищує завадостійкість пристрою у декілька разів.

На рисунку 3.11 показані два варіанти розводки майданчика загального дроту під мікроконтроллером. Замість кварцевого резонатора і конденсаторів використовується трьохвивідний керамічний резонатор для монтажу на поверхню ХІ. Розводка виконана для гіпотетичного "правильного" мікроконтроллера, розробники якого потурбувалися про завадостійкість і розташували загальний результат між виходами генератора. Мікроконтроллери сімейства M16C фірми Renesas, які є одними з найзавадостійкіших 16 бітових мікроконтролерів, дійсно мають подібне розташування виводів.

Невикористані виходи мікроконтроллера підключені до внутрішнього майданчика загального дроту. На рисунку 3.11 ліворуч цей майданчик сполучений з "чистою" частиною загального дроту плати декількома перехідними отворами. За рахунок цього пристрій виявляється завадонестійким. Струм перешкоди, що протікає до "чистої" частини і йде в істинну землю через ємнісний зв'язок, створює градієнт напруги ("перекіс"). Перехідні отвори передають цей перекіс на майданчик під мікроконтроллером. Струм перешкоди частково протікає через виведення мікроконтроллера, підключені до майданчика, що може викликати збій.

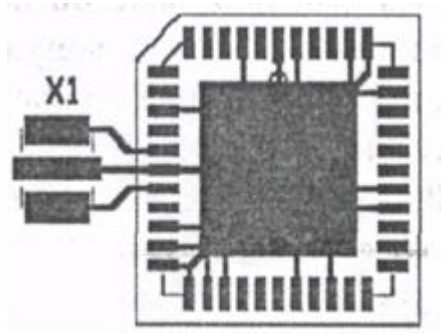


Рисунок 3.11 – Розводка загального дроту

На рисунку 3.11 справа майданчик під мікроконтролер сполучений з "чистою" частиною в одній точці поряд із загальним виводом мікроконтроллера. Завадостійкість максимальна, оскільки "чиста" частина на протилежному боці плати при цьому стає різновидом екрану, що захищає "надчистий" майданчик під мікроконтролером.

Окрім зовнішніх джерел наносекундних завад різні вузли усередині пристрою самі можуть генерувати взаємні перешкоди. Сучасні цифрові мікросхеми, особливо ВІС, теж є джерелами НЗ. В момент перемикування сотні і тисячі транзисторів усередині ВІС змінюють свої стани, в результаті сотні і тисячі паразитних місткостей перезаряджаються (наприклад, місткості затворів в мікросхемах КМОП). В результаті через виведення загального дроту і живлення мікросхем протікають імпульсні струми наносекундної і субнаносекундної тривалості і великої амплітуди. Поширюючись по шинах загального дроту і живлення плати, ці струми дещо погіршують сумарну завадостійкість пристрою, але самі по собі, як правило, причиною збоїв не бувають.

Для зменшення шкідливого впливу цих струмів в ланцюзі живлення поряд з мікросхемами ставлять керамічні розв'язуючі конденсатори.

Конденсатори повинні встановлюватися як можна ближче до виведень загального дроту і живлення, щоб зменшити розмір контура, по якому циркулюють струми перезарядки.

3.4 Підключення ключа з реле

Розглянемо мікроконтроллер, що керує потужним навантаженням за допомогою реле, через ключ на біполярному транзисторі (рисунку 3.12).

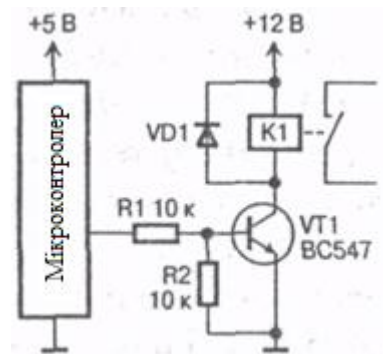


Рисунок 3.12 – Схема управління потужним навантаженням

Контакти реле є джерелом наносекундних завад. Крім того, зовнішні перешкоди досить легко проходять "крізь" реле за рахунок його паразитної прохідної місткості і місткостей монтажу. В тій же частині реле, не транзистори VT1 самі по собі до впливу НЗ не схильні.

Мінусове виведення мікроконтроллера V_{ss} підключене до "чистої" частини загального дроту, емітер транзистора VT1 – до "брудної". Резистор R1 окрім своєї основної функції, виконує роль бар'єру, що перешкоджає поширенню перешкод з "брудної" частини в "чисту". Прохідна місткість резистора, як правило, мала, близько 0,2 – 0,3 пФ, тому резистор створює досить ефективний бар'єр для НЗ. У особливо важких випадках для зменшення прохідної ємності можна включати по два-три резистори послідовно. Якби замість біполярного використовувався польовий транзистор, то R1 довелося б поставити саме в якості бар'єру, хоча для функціонування схеми він був би не потрібний.

3.5 Підключення через оптронну пару

Інший типовий приклад – підключення оптронів до мікроконтролера. На рисунку 3.13 представлений фрагмент вхідної і вихідної оптронної розв'язки.

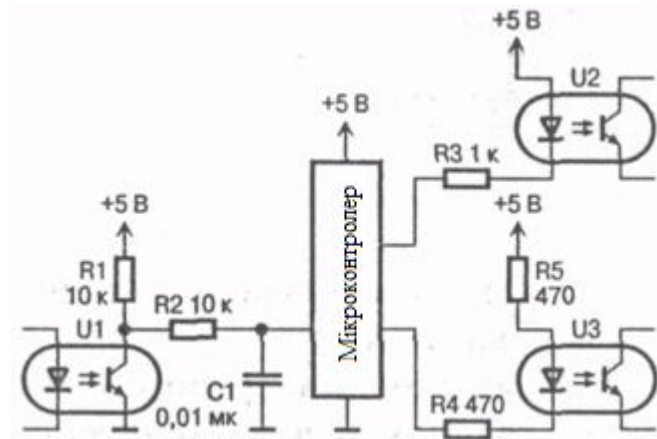


Рисунок 3.13 – Схема з оптронної розв'язкою

Емітер вхідного оптрона U1 підключений до "брудної" частини загального дроту, оскільки за рахунок прохідної ємності в 0,5 пФ оптрон напівпрозорий для НЗ. Сам низькошвидкісний оптрон досить байдужий до НЗ, але потрібно помітити, що оптрони з підключеним виведенням бази фототранзистора іноді "ловлять заваду", тому прийнятніше використати оптрони без виведення бази.

Резистор R1 може бути підключений як до "брудного", так і до "чистого" виведень живлення, оскільки сам резистор є бар'єром, що перешкоджає проходженню НЗ на "чисте" живлення. Резистор R2 опором 1...100 кОм служить бар'єром для завад між оптроном і мікроконтролером. Конденсатор C1 не є обов'язковим елементом, проте його наявність додатково покращує завадостійкість, оскільки зменшує струм завад, що протікає по виведенню Vss мікроконтролера. Конденсатор C1 і

мікроконтролер підключені до "чистої" частини загального дроту. Анод світлодіода вихідного оптрона U2 підключений до "брудного" живлення + 5 В. Струмозадаючий резистор R3 одночасно служить бар'єром для завад. У особливо важкій завадовій обстановці корисно зашунтувати світлодіод оптрона конденсатором 1...10 нФ, або хоч би резистором можливо меншої величини.

У разі, коли неможливо або незручно підключати оптрон до "брудного" живлення, можна розділити струмозадаючий резистор на два, як це показано для оптрона U3. Резистор R5 служить бар'єром для перешкод між оптроном і "чистою" шиною живлення + 5 В.

Частина струму перешкод на рисунку 3.1 протікає через ємність зв'язку Сх. Згадаємо, що при випробуванні пристрою на завадостійкість воно повинне знаходитися на ізолюючій підставці на висоті 100 мм над суцільною заземленою поверхнею. Іноді одній тільки ємності зв'язку із землею буває досить для збою пристрою. Розділення загального дроту на "чисту" і "брудну" частини саме по собі не зменшує сумарну величину ємнісного зв'язку. Співвідношення ємностей зв'язку для "чистої" і "брудної" частин відповідає відношенню їх площин. Цілком очевидними методами боротьби з ємнісними зв'язками є перерозподіл частин загального дроту, зменшення площ провідників і часткове екранування. Звернемо увагу на положення мікропроцесора на рисунку 3.10. Він розташований в кутку плати, тому за рахунок ємнісного зв'язку крізь нього тектиме порівняно невеликий струм. На рисунку 3.9 він розташований інакше. Великий полігон "чистої" частини загального дроту праворуч від нього має значний ємнісний зв'язок з істинною землею, тому вірогідність збою буде набагато більше.

3.6 Підключення до джерела живлення

Розглянемо варіанти підключення пристрою до джерела живлення. Схема підключення пристрою показана на рисунку 3.14.

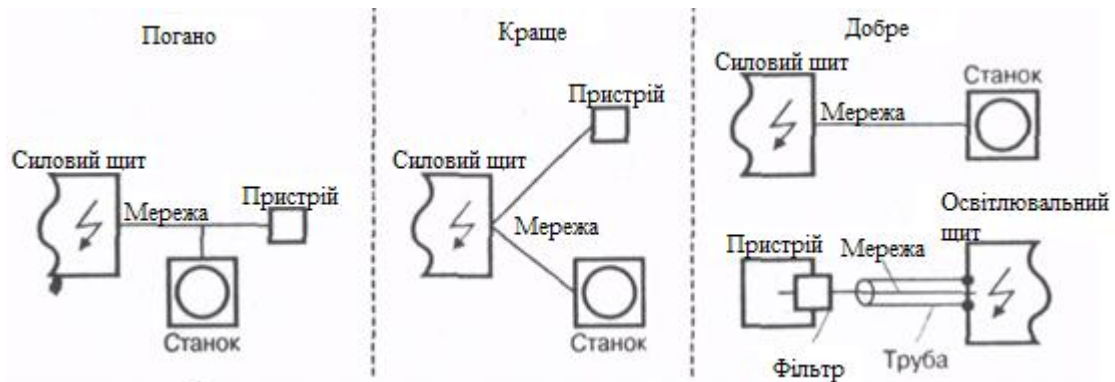


Рисунок 3.14 – Схеми підключення до джерела електроживлення

Вважається, що ніби розв'язуючі конденсатори ставляться для захисту від зовнішніх перешкод. Це, звичайно, помилка. Внаслідок такої помилки іноді зустрічаються плати, де розв'язуючі конденсатори стоять далеко від мікросхем, хоча ніщо не заважало поставити їх набагато ближче до виведень живлення.

Особливого розгляду заслуговує мікросхема супервізора живлення. Як відомо, спрацьовує вона нечасто, так що наносекундних перешкод практично не створює. Проте вона сама схильна до впливу НЗ, тому поблизу супервізора живлення необхідно ставити керамічний розв'язуючий конденсатор. Це окремий випадок, коли такий конденсатор і справді є фільтром для зовнішніх перешкод.

Форма сигналу змінної напруги промислової живлячої мережі (~220 В, 50 Гц) впродовж коротких проміжків часу може сильно відрізнятися від синусоїдальної – можливі викиди або "врізання", зниження амплітуди однієї або декількох півхвиль і т. д. Причини виникнення таких спотворень пов'язані зазвичай з різкою зміною мережевого навантаження, наприклад: при включенні потужного електродвигуна, печі, зварювального апарату. Тому слід по можливості здійснювати розв'язку від таких джерел завад по мережі (рисунок 3.15) [6].

Окрім вказаної міри, можливо, знадобиться введення мережевого фільтру на введенні живлення пристрою з метою пригнічення короткочасних завад. Резонансна частота фільтру може лежати в межах 0,15 – 300 МГц; широкосмугові фільтри забезпечують пригнічення завад в усьому вказаному діапазоні. На рисунку 3.15 наведений приклад схеми мережевого фільтру. Цей фільтр має габарити 30х30х20 мм і змонтований безпосередньо на колодці введення мережі в пристрій. У фільтрах повинні використовуватися високочастотні конденсатори і дроселі, або без осердів, або з високочастотними осердями.

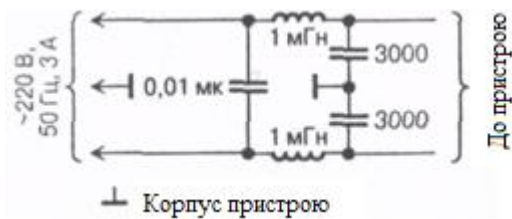


Рисунок 3.15 – Схема мережевого фільтру

В деяких випадках обов'язковим є введення електростатичного екрану (звичайної водопровідної труби, сполученої із заземленим корпусом щита живлення) для прокладення усередині нього дротів первинної живлячої мережі. Наприклад, короткохвильовий передавач парку таксомотора, розташований на протилежній стороні вулиці, здатний при певній взаємній орієнтації наводити на відрізок дроту сигнали амплітудою декілька сотень вольт. Цей же дріт, поміщений в електростатичний екран, буде надійно захищений від такого роду наведень.

Розглянемо методи пригнічення мережевих завад безпосередньо у блоці живлення пристрою. Якщо первинна і вторинна обмотки силового трансформатора розташовані на одній і тій же котушці (рисунок 3.16, а), то за рахунок ємнісного зв'язку між обмотками імпульсні завади можуть проходити з первинного ланцюга у вторинний. Рекомендуються чотири способи пригнічення таких завад (в порядку зростання ефективності).

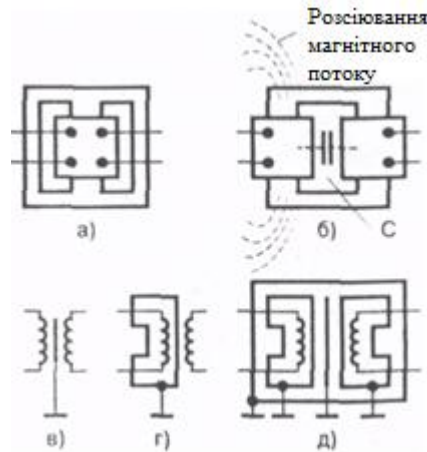


Рисунок 3.16 – Способи пригнічення перешкод в мережевих трансформаторах

Первинна і вторинна обмотки силового трансформатора виконуються на різних котушках (рисунок 3.16, б). Прохідна ємність зменшується, проте знижується ККД, оскільки не увесь магнітний потік з області первинної обмотки потрапляє в область вторинної обмотки у зв'язку зрозіянням через навколишній простір[6].

Первинна і вторинна обмотки виконуються на одній і тій же котушці, але розділяються екраном з мідної фольги завтовшки не менше 0,2 мм. Екран не має бути короткозамкнутим витком. Він з'єднується з корпусом "землею" пристрою (рисунок 3.16, в). Первинна обмотка повністю полягає в екрані, що не є короткозамкнутим витком. Екран заземлюється (рисунок 3.16, г).

Первична і вторинна обмотки вміщують в індивідуальні екрани, між якими прокладається розділювальний екран. Увесь трансформатор полягає в металевому корпусі (рисунок 3.16, д).

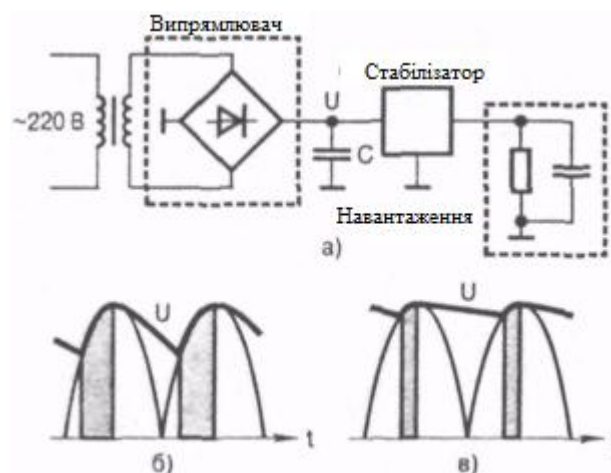
Екрани і корпус заземляються. Цей тип трансформатора в силу гранично захищеності від проходження перешкод дістав назву "ультраізолятор". При усіх перерахованих способах пригнічення перешкод розводку мережевих дротів усередині пристрою слід виконувати екранованим дротом, з'єднавши екран з корпусною "землею". Недопустиме

укладання в один джгут мережевих і інших (що живлять плати, сигнальних і т. п.) дротів навіть у разі екранування тих і інших.

Рекомендується паралельно первинній обмотці силового трансформатора у безпосередній близькості від виведень обмотки встановити конденсатор місткістю приблизно 0,1 мкФ і послідовно з ним-струмообмежувальний резистор опором близько 100 Ом.

Це дозволяє "замикати" енергію, накопичену до сердечника силового трансформатора, у момент розмикання мережевого вимикача. Без конденсатора ця енергія розтікається через паразитні елементи, що може призвести до збоїв сусідніх пристроїв, пов'язаних з даним по загальній мережі або (і) по загальній "землі". Крім того, зменшується вірогідність збоїв сусідніх пристроїв при включенні нашого пристрою.

Відмітимо, що зі збільшенням ємності у НЧ фільтрі (рисунку 3.17, а) блоку живлення нашого пристрою збільшується вірогідність збоїв сусідніх пристроїв, оскільки споживання енергії від мережі нашим пристроєм все більшою мірою набуває характеру ударів. Дійсно, напруга U на виході випрямляча росте в ті інтервали часу, коли енергія відбирається від мережі (рисунок 3.17, б). Ці інтервали на рисунок 3.17, б заштриховані.



]

Рисунок 3.17 – Схема включення стабілізатора

Зі збільшенням ємності конденсатора C тривалість імпульсів його зарядки стає усе меншим (рисунок 3.17, в), а струм, що відбирається в імпульсі від мережі все більше. Таким чином, зовні "нешкідливий" пристрій може створювати в мережі перешкоди, що "не поступаються" перешкодам від зварювального апарату.

У пристроях, виконаних у вигляді конструктивно закінчених блоків, існують принаймні два типи шин "землі" – корпусна і схемна.

Корпусна шина згідно з вимогами техніки безпеки в обов'язковому порядку підключається до шини заземлення, прокладеної в приміщенні. Схемна шина (відносно якої відлічуються рівні напруги сигналів) не має бути сполучена з корпусною усередині блоку для неї має бути виведений окремий затиск, ізольований від корпусу[6].

На рисунку 3.18 показані варіанти неправильного і правильного заземлення групи пристроїв, які пов'язані між собою інформаційними лініями (ці лінії не показані). Схемні шини "землі" об'єднуються індивідуальними дротами в точці А, а корпусні в точці В, по можливості наближеною до точки А. Точка А може не підключатися до шини заземлення в приміщенні, проте це створює незручності, наприклад при роботі з осцилографом, у якого "земля" пробника сполучена з корпусом.

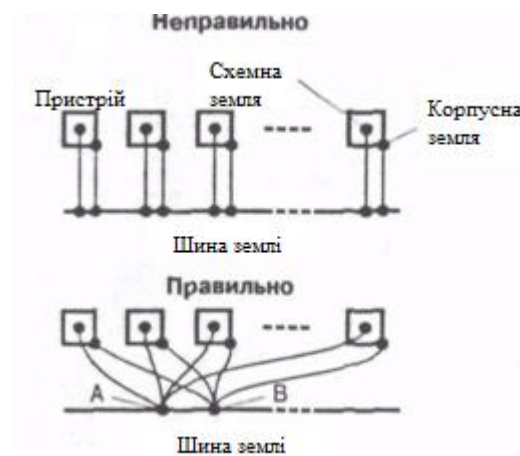


Рисунок 3.18 – Схеми заземлення

При неправильному заземленні (рисунку 3.18) імпульсна напруга, що породжується зрівнюючими струмами по земляній шині, буде фактично прикладена до входів приймальних магістральних елементів, що може викликати їх неправдиве спрацювання. Слід зазначити, що вибір найкращого варіанту заземлення залежить від конкретних "місцевих" умов і частенько проводиться після серії ретельних експериментів. Моменти перемикання більшості типів інтегральних схем з одного стану в інший супроводжуються різким короткочасним зростанням струму, споживаного від джерела вторинного електроживлення.

Енергія, що відбирається від джерела живлення в ці моменти, витрачається на заряд паразитних ємностей і на протікання "наскрізного" струму через вихідні каскади, побудовані за двотактною схемою (коли "верхній" і "нижній" транзистори одночасно знаходяться в активному режимі). Розряд паразитних вихідних ємностей супроводжується появою короткочасних імпульсних струмів по шинах загального дроту. Через кінцеву індуктивність шин живлення і "землі" імпульсні струми викликають появу імпульсної напруги як позитивної, так і негативної полярності, яка прикладена між виведеннями живлення і "землі" мікросхем. Якщо шини живлення і "землі" виконані тонкими печатними або іншими провідниками, а високочастотні розв'язуючі конденсатори або зовсім відсутні, або їх число недостатньо, то при одночасному перемиканні декількох ТТЛ-мікросхем на "далекому" кінці печатної плати амплітуда імпульсних перешкод по живленню (викидів напруги, що діють між виведеннями живлення мікросхеми) може скласти 2 В і більше. Тому при проектуванні печатної плати необхідно виконувати наступні рекомендації.

Шини живлення і "землі" повинні мати мінімальну індуктивність. Для цього вони виконуються у вигляді ґратчастих структур, що покривають усю площу друкованої плати. Неприпустимо підключення мікросхем ТТЛ до шини, що є "відростком", оскільки у міру наближення до його кінця індуктивність ланцюгів живлення накопичується. Шини живлення і "землі"

повинні по можливості покривати усю вільну площу друкованої плати. З особливою увагою слід підходити до проектування накопичувальних матриць динамічної пам'яті. Матриця має бути квадратом, щоб адресні лінії, що управляють, мали мінімальну довжину. Кожна мікросхема повинна знаходитися в індивідуальному осередку сітчастої структури, утвореної шинами живлення і "землі" (двоє незалежних ґрат). Шини живлення і "землі" накопичувальної матриці не повинні навантажуватися "чужими" струмами, поточними від адресних формувачів, підсилювачів сигналів управління і т. д.

Підключення зовнішніх шин живлення і "землі" до плати через роз'єм повинне робитися через декілька контактів, рівномірно розташованих по довжині роз'єму, для того, щоб вхід в ґратчасті структури шин живлення і "землі" робився відразу з декількох точок.

Пригнічення завад по живленню повинне здійснюватися поблизу місць їх виникнення. Тому поблизу виведень живлення кожної мікросхеми ТТЛ має бути розташований високочастотний конденсатор місткістю не менше 0,02 мкФ. Це також в особливому ступені відноситься до згаданих мікросхем динамічної пам'яті. Для фільтрації низькочастотних завад необхідно використати оксидні конденсатори, наприклад, ємністю 100 мкФ.

При використанні мікросхем динамічної пам'яті оксидні конденсатори встановлюються, наприклад, по кутах накопичувальної матриці або у іншому місці, але поблизу цих мікросхем. Замість високочастотних конденсаторів нерідко застосовують спеціальні шини живлення BUS – BAR, CAP – BUS, які прокладають під лінійками мікросхем або між ними. Ці шини є розподіленими конденсаторами з погонною ємністю приблизно 0,02 мкФ/см. При тій же сумарній ємності, що і при використанні дискретних конденсаторів, шини забезпечують значно краще пригнічення завад при більш високій щільності монтажу.

На рис. 3.19 приведені рекомендації по підключенню пристроїв, виконаних на печатних платах П1 – П3, до виходу блоку живлення. Сильноточний пристрій, виконаний на платі П3, створює на шинах

живлення і "землі" більше завад, тому його слід фізично наблизити до блоку живлення, а ще краще забезпечити його живлення за допомогою індивідуальних шин.

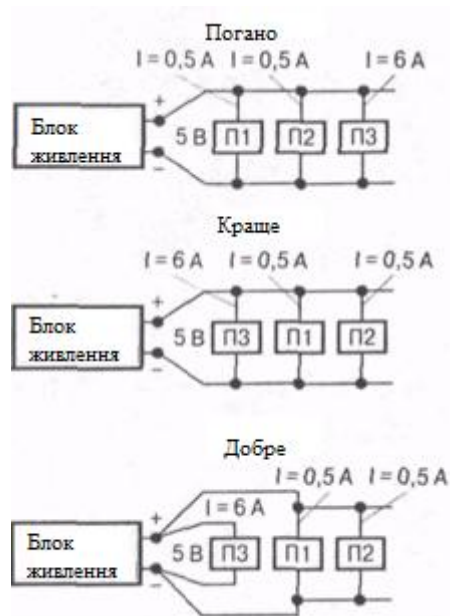


Рисунок 3.19 – Підключення вузлів на окремих друкованих платах до БЖ

4 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ

Блокувальні конденсатори виявляються джерелом імпульсного току, спожитого цифровими схемами при переключенні, зменшують падіння напруги у ланцюгах живлення і заземлення та сприяють фільтрації завад, утворених джерелами живлення і заземлення. На рисунку 4.1 наведено традиційний простий засіб шунтування, застосовуваний у цифрових схемах.

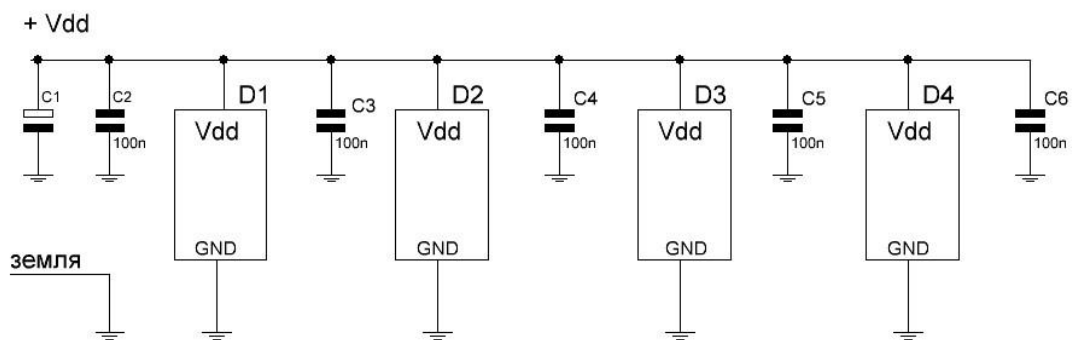


Рисунок 4.1 – Шунтування шини живлення за допомогою блокувальних конденсаторів

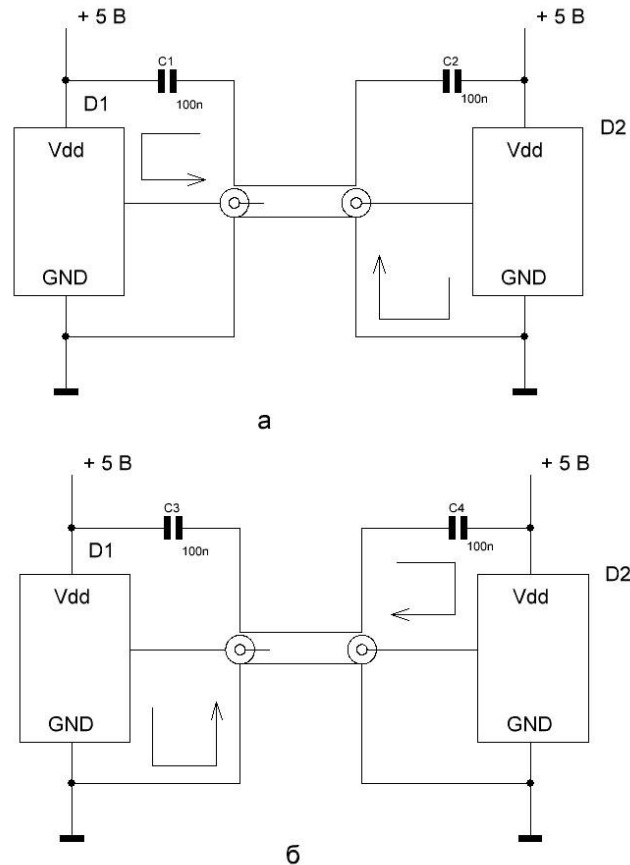
Оксидний конденсатор великої ємності (> 1 мкФ, на кожен мікросхему) розташований поблизу джерела живлення. Поряд кожної мікросхеми знаходиться керамічний блокувальний конденсатор ємністю 0,1 мкФ, а до кожної швидкодіючої мікросхеми підключаються також керамічні блокувальні конденсатори малої ємності (100 – 1000 пФ).

4.1 Рекомендації щодо підвищення завадостійкості

Кожна мікросхема, що передає сигнали поза межами печатної плати на якій вона знаходиться, або приймає сигнали із-за меж печатної плати, повинна мати керамічний блокувальний конденсатор ємністю 0,1 мкФ між

джерелом живлення та лінією зворотного току сигналу (рисунку 4.2). На рисунку напрямки кола зворотного току сигналу показані стрілками.

Такий спосіб шунтування має недоліки, бо шунтуючі конденсатори дорогі і крім того слабо фільтрують завади з частотою вище 10 МГц через низькість власних резонансних частот (таблиця 1.1) [1].



а) – при переході від низького логічного рівня до верхнього , б) – при переході від верхнього логічного рівня до низького

Рисунок 4.2 – Шунтування передавальних та приймальних елементів, що знаходяться поза платою

Проблему завад можна вирішити шляхом ретельної синхронізації системи. Для зменшення перехідних струмів, виникаючих у джерел живлення і пристроях заземлення слід управляти невеликою групою мікросхем за допомогою рознесених тактових сигналів. Скороченню періоду

часу у збіганні якою система найбільше підлягає впливу завад, сприяє застосування схем синхронізації та стробування вхідних даних.

Кожний вхідний сигнал, що надходить на плату слід подавати тільки на одну ІС (бажано з тригерами Шмітта на входах), це допоможе вирішити проблеми синхронізації.

Вхідні ланцюги з тригерами Шмітта підвищують завадостійкість схем та покращують оброблення сигналів з повільним зростанням амплітуди.

Якщо вхідний сигнал надходить на стандартний логічний елемент, час зростання і спаду слід підтримувати малим для запобігання паразитних коливань ($dU/dt > 0,1 \cdot U / t$, $dU/dt > 0,1 \cdot U / t$).

Особливу увагу потребують сигнали, що виходять з плати. Виходи тригерів, лічильників і зсувних регістрів слід буферизувати логічними елементами або підсилювачами – передавачами для рішення проблеми відбиття і викидів від неузгоджених ліній зв'язку. Пропускання виходячих із плати провідників скрізь феррितове кільце дозволяє підключати до виходу неузгоджені лінії зв'язку великої довжини. Сигнали що створює плата не повинні поступати на входи мікросхем, що знаходяться на цій платі. Якщо знехтувати цим правилом, то можна зіткнутися з значними проблемами завад, виникаючих на вихідному передавачу (рисунку 4.3).

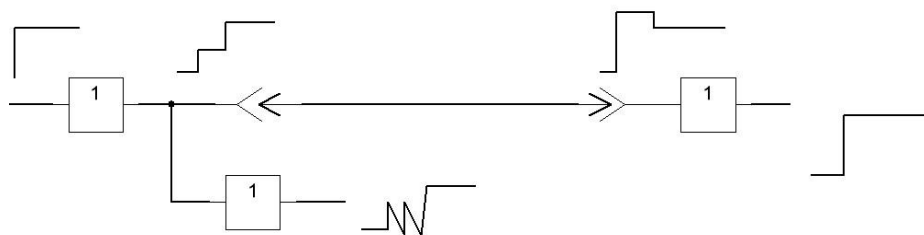


Рисунок 4.3 – Викиди, викликані відбиттям у довгих провідниках

Задля запобігання викидів довжина неузгоджених ліній зв'язку не повинна перевищувати наступне співвідношення [9]:

$$\ell_c = 0,66 \cdot t_r / t_u \text{ [м]}, \quad (4.1)$$

де t_r – час зростання фронту імпульса;

t_u – погоня затримка розповсюдження сигналу в лінії зв'язку.

Аналогічно, завади на вході повинні знаходитись у межах завадостійкості схеми, оскільки у протилежному випадку можливі перебої в її роботі.

Індуктивний паразитний зв'язок виявляється переважно у схемах з низьким імпедансом (коли імпеданс замкнутого кола менш імпеданса вільного простору, тобто 376,7 Ом). Провідники, котушки індуктивності з розімкнутим осердям і трансформатори сприймають або генерують електромагнітні поля, що створює низькочастотний фон у звукових стереосистемах та перехрестні завади або електромагнітні наведення в цифрових ІС.

Індуктивний паразитний зв'язок особливо небажаний, якщо чутливі схеми розташовані поблизу схем, по яких протікає великий струм, така ситуація зустрічається у печатних платах з загальною землею.

Ємнісний паразитний зв'язок виникає головним чином у схемах з високим імпедансом (імпеданс кола перевищує (376,7 Ом), коли провідники та інші незаземлені ділянки системи сприймають або генерують електричні поля. Такий тип паразитного зв'язку зустрічається у печатних платах без вбудованого шара землі. Паразитна ємність провідників робить істотний вплив на функціонування резонансних схем.

На рисунку 4.4 наведена схема задаючого генератора, призначеного для генерації коливань з частотою. 5,8 МГц. При приєднанні до схеми тестера частота синхронізації змінилась до 2 МГц із-за впливу паразитної ємності його монтажу. Паразитна ємність монтажу може також визивати паразитні коливання у цифрових ІС.

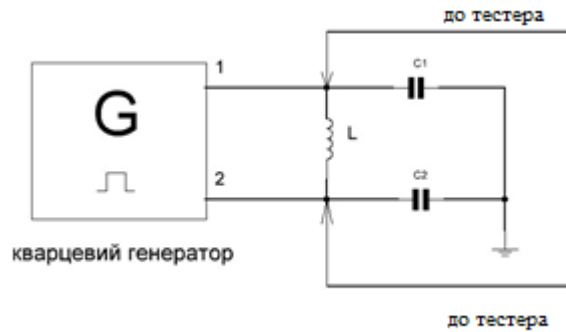


Рисунок 4.4 – Вплив паразитної ємності монтажу на резонансний контур

Затримки розповсюдження і відбиття сигналу у провідниках призводять до небажаних краточасових викидах напруги та інших явищ, причини яких встановити вельми не просто. На рисунку 4.5 показаний лічильник серії 74F593, за допомогою довгих провідників приєднуваний до тестера.

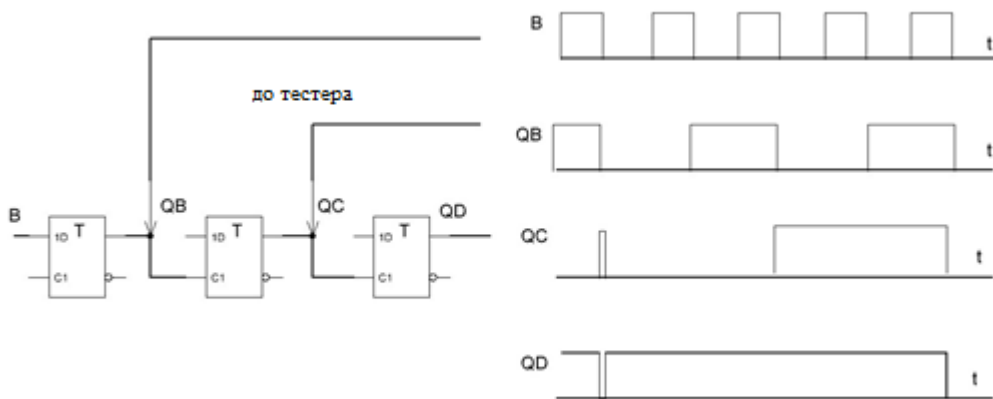


Рисунок 4.5 – Помилки у ліченні, обумовленні довгими провідниками

Близько 85 % лічильників, приєднаних подібним чином функціонують штатно, приблизно у 5 % спостерігаються збої і приблизно 10 % лічать дуже швидко.

Осцилограф з великим часовим дозвілом дозволяє виявити викиди напруги понад 1В на виходах QB і QC, котрі можуть викликати помилкове

переключення наступного триггера лічильника, тобто помилку у ліченні. Затримки розповсюдження і відбиття сигналу у провідниках можуть також привести до паразитних коливань у ланцюгах джерел живлення. С такими труднощами особливо часто приходиться зустрічатися при випробуваннях печатних плат, у яких були відсутні блокувальні конденсатори. Крім того на виході лінійних джерел живлення, розрахованих на напругу + 5 В, спостерігались свавільні зміни напруги від + 5,1 В до + 5,6 В із-за паразитних коливань на вході джерел живлення постійного струму. Таку перешкоду вдається подолати докладаючи блокувальний конденсатор у вимірювальну головку щоб викиди струму не виявляли діяння на джерело живлення тестера.

Провідник завдяки своїм розміром і формі подає себе як антена, яка може сприймати або вилучати електромагнітні завади. Ефективними антенами є провідники, довжина яких перевищує $\lambda / 8$, λ – довжина хвилі сигналу ($\lambda \approx 3 \cdot 10^8 / f$ [м], якщо f виражено у герцах).

У системах, застосовуючих логічні IC 74LS та 74S, провідники довжиною більш ніж 0,3 м можуть стати основними джерелами завад (рисунок 4.6).

Окрім того, у точках провідника, роздільного відстанню ℓ один від одного, внаслідку утворення стоячих хвиль імпеданс пропорційний величині $[1 + |\operatorname{tg}(2 \cdot \pi \cdot \ell / \lambda)|]$. Дійсно, точки провідника, віддалені друг від друга на $0,25 \cdot \lambda$, $0,75 \cdot \lambda$, $1,25 \cdot \lambda$ і т.д. повністю ізольовані. Цей ефект обмежує розміри систем заземлення. Для більшості схем відстань між заземленнями не повинна перевищувати $0,1 \cdot \lambda$, а у малочутливих схемах її можна збільшити до $0,15 \cdot \lambda$, але у чутливих схемах відстань не повинна перевищувати $0,05 \cdot \lambda$.

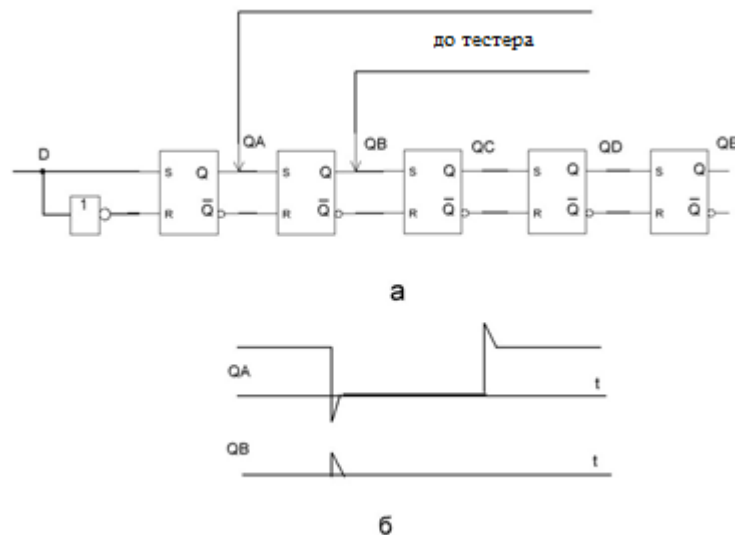


Рисунок 4.6 – Помилки зсувних регистрів, обумовлених довгими провідниками

До кожної схеми треба підключати блокувальний конденсатор великої ємності (10 – 100 мкф, ≥ 1 мкф на кожену схему) розташований поблизу джерела живлення. Поряд з кожною тригерною ІС знаходиться керамічний блокувальний конденсатор ємністю 0,1 мкф, а до швидкодіючих мікросхем підключається також керамічні блокувальні конденсатори малої ємності (100 – 1000 пФ).

Поблизу джерела живлення розміщується танталовий оксидний (або полікарбонатний з металізованими обкладками) конденсатор для фільтрації низькочастотних завад. Ємність останнього повинна в 10 разів перевищувати ємності інших конденсаторів у ланцюгу, разом взятих.

Таке розміщення дешевих компонентів забезпечує задовільне шунтирування до частот 100 МГц і більш. Керамічні конденсатори повинні мати еквівалентну послідовну індуктивність менш 20 нГн і еквівалентний послідовний опір менш 0,5 Ома. З урахуванням індуктивності виводів танталові (або полікарбонатні) конденсатори повинні мати еквівалентні послідовні індуктивність і опір, відповідно менш 30 нГн и менш 1 Ома. Імпеданс ферітового кільця при тактовій частоті схеми не повинен

перевищувати 10 Ом, а при частотах, перевищуючих тактову частоту ІС у 5 разів, імпеданс повинен перевищувати 50 Ом на робочому струмі. Найкращі результати одержують, коли провідник два рази пропускати скрізь феррїтове кільце. Якщо імпеданс одного феррїтового кільця занадто малий, можна застосувати послідовно декілька кілець або більш довге і товсте кільце. Якщо схема припускає додаткове падіння напруги, замість феррїтового кільця можна застосувати композиційний або металевоплівковий резистор з опором ≈ 51 Ом.

У діапазоні частот 30 МГц – 1 ГГц тактируючі синхросигнали та їхні гармоніки виникають основною причиною випромінюваних завад. Парні гармоніки можна різько зменшити, якщо застосувати синхросигнали з 50 % коефіцієнтом заповнення (коли тривалість синхросигналів приблизно рівна їхній паузі). Слід спробувати зменшити кількість ІС, керуємих, кожним тактовим синхросигналом. Якщо тактируючі синхросигнали повинні поступати на декілька плат, в якості буферів бажано застосовувати вхідні логічні елементи на триггерах Шмітта, а також обмежити розмах напруги і швидкість зростання (dU/dt) амплітуди основних синхросигналів. Якщо синхросигнали керуються перемикачами поза платою, треба уникнути безпосереднього керування синхросигналами від таких перемикачів. Замість цього бажано приєднати до перемикачів кола, керовані логічними елементами на платі, які в свою чергу керуються тактируючими синхросигналами. Зменшенню завад від тактируючих синхросигналів будуть сприяти також їхнє рознесення по фазі і децентралізація.

Проблему завад можна рішити шляхом ретельної синхронізації системи. Для зменшення перехідних струмів, виникаючих у джерелах живлення і пристроях заземлення, слід керувати невеличкою групою мікросхем за допомогою рознесених тактируючих сигналів. Скорочування періоду часу, за який система найбільш схильна впливу завад, сприяє застосуванню схем синхронізації та стробування вхідних даних.

4.2 Екранування швидкодіючих схем

Ефективність екранування звичайно виражається в дБ і визначається формулою:

$$E = 10 \cdot \lg (P_C / P_{CЭ}), \quad (4.2)$$

де P_C — потужність сигналу без екрану;

$P_{CЭ}$ — потужність сигналу з екраном.

В більшості випадків для захисту від завад і наведення ефективність екранування повинна рівнятися 30 – 60 дБ. На частотах вище 100 кГц одношарові екрани запеспечують ефективність екранування 40 – 70 дБ, а двохшарові до 120 дБ. Отвори і зазори обмежують послаблення електричних и високочастотних магнітних полів, в той час як послаблення низько частотних магнітних полів визначається матеріалом екрану та його товщиною. На частотах вище 10 МГц практично усі метали мають скін-ефект розміром 20 – 40 мкм, а поверхневий характеристичний опір мають 2 мОм / квадрат. В таблиці 4.1 наведені дані ефективності екранування електричного поля (характеристичний опір $Z_w = 4$ кОм), в діапазоні частот від 50 Гц до 100 МГц екранами різних матеріалів товщиною 25 мкм – 1 мм.

Таблиця 4.1 – Ефективність екранування електричного поля

Частота, Гц	Алюміній, дБ.	Мідь, дБ	Мю–металл, дБ	Сталь, дБ	Цинк, дБ
50	70 – 133	75 – 138	76 – 145	75 – 136	60 – 122
100	72 – 137	78 – 138	80 – 141	78 – 140	62 – 125
10000	92 – 153	98 – 160	96 – 180	97 – 180	82 – 143
100000	102 – 170	108 – 180	116 – 180	105 – 180	92 – 155
1000000	111 – 180	117 – 180	> 180	> 180	101 – 180
10000000	120 – 180	125 – 180	> 180	> 180	110 – 180
100000000	133 – 180	142 – 180	> 180	> 180	120 – 180

Високий характеристичний опір Z_w електричних полів і плоских хвиль сприяє їхньому відбиттю на межі розділу повітря – екран, тому в цьому випадку дуже тонкі екрани виявлятимуться ефективними.

Магнітні поля з низьким характеристичним опором ($Z_w \leq 376,7 \text{ Ом}$) значно легше проникають скрізь межу розділу повітря – екран, але випробовують відбиття на межі розділу. При тому частка хвилі, котра не поглинає у екрані після багатократного внутрішнього відбиття, в кінцевому підсумку розсіюється. В таблиці 4.2 наведені дані ефективності екранування магнітного поля (характеристичний опір $Z_w \leq 40 \text{ Ом}$), в діапазоні частот від 50 Гц до 100 МГц, екранами різних матеріалів товщиною 25 мкм – 1 мм[19].

Таблиця 4.2 – Ефективність екранування магнітного поля

Частота, Гц	Алюміній, дБ.	Мідь, дБ	Мю–металл, дБ	Сталь, дБ	Цинк, дБ
50	30 – 93	35 – 98	36 – 105	35 – 96	20 – 82
100	32 – 96	38 – 101	39 – 116	38 – 99	22 – 85
10000	52 – 113	58 – 119	56 – 180	57 – 175	42 – 103
100000	62 – 130	68 – 140	$76 \geq 180$	65 – 180	52 – 115
1000000	71 – 180	77 – 180	$153 \geq 180$	$78 \geq 180$	61 – 154
10000000	$80 \geq 180$	85 – 180	≥ 180	$125 \geq 180$	70 – 180
100000000	$93 \geq 180$	102 – 180	≥ 180	≥ 180	80 – 180

Найбагатший екранувальний ефект створюють гофровані мідні стрічки.

Підсумком проведених досліджень та рекомендацій пропонується виконання печатних плат у вигляді двох шарових структур. Між двох діелектриків розташована площина загальної землі, яка поєднує «брудну» землю і «чисту» землю, усі загальні шини. Схеми ВЧ і схеми швидкодіючі, монтуються на верхній площині, а схеми НЧ і шини джерел живлення монтуються на низькій площині. Така структура монтажу РЕА показана на рисунку 4.7.



Рисунок 4.7 – Розташування загального екрана

Участь в гонці за смугою частот цифрового сигналу вимагає новаторського мислення. Для підвищення швидкодії системи недостатньо просто збільшити тактову частоту. У міру збільшення частоти провідність доріжок на печатній платі набуває складного характеру. На низьких частотах (наприклад, тактових частотах старих систем) опір доріжки переважно активний. У міру зростання частоти починає позначатися місткість доріжки. На найвищих частотах сильніше проявляється індуктивність доріжки. Усі ці характеристики можуть несприятливо впливати на завадостійкість системи. На тактових частотах сотні мегагерц мають важливіше значення ніж усі конструктивні особливості плати:

- контури доріжок, що проводять струм;
- відгалуження та узгодження;
- імпеданс і навантаження;
- вплив ліній передачі;
- розв'язки та розподіл живлення.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Тема магістерської роботи «Дослідження методів підвищення завадостійкості цифрових схем».

5.1 Ознайомлення з ідеєю

Таблиця 5.1 – Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів (користувачів)
Розробка рекомендацій Щодо підвищення завадостійкості цифрових схем	Загальні радіотехнічні вироби різноманітного призначення	Підвищена якість радіотехнічних виробів
		Підвищена швидкість дії цифрових схем

Ідея проекту цікавить усі вітчизняні підприємства які пов'язані з розробкою та виготовленням радіотехнічних пристроїв різноманітного призначення. Команда реалізації ідеї – це група спеціалістів складального цеху радіотехнічного підприємства. Концепція реалізації проекту полягає в застосуванні рекомендацій для пристроїв цивільного призначення, застосованих для використання у швидкодіючих цифрових системах

Таблиця 5.2 – Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Головні конкуренти	Усі виробники сучасних радіотехнічних виробів
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
3	Явних обмежень для входу до ринку не має. Обмеженням для входу можна вважати закритість підприємств і фірм	Кількість споживачів швидкодіючих схем зростає

Ринкові можливості запуску реалізації ідеї є досить привабливими в Україні зростає споживчий ринок радіотехнічного обладнання. Конкуренти

м.Дніпро, КБ «ПІВДЕННЕ» мають більший науковий потенціал і професійну підготовку, більш оснащену і потужну лабораторію вимірювальної техніки для експериментальної перевірки пристроїв але більш слабку технологічну базу для виготовлення інтегральних пристроїв. Дуже привабливою задачею стає задача об'єднати зусилля колективів в галузі проектування та виробництва пристроїв різного призначення.

Таблиця 5.3 – Попередня характеристика потенційних клієнтів

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів (користувачів)
1	Радіотехнічне обладнання високої якості	Швидкісний інтернет	Не має відмінностей	Одержати якісний швидкий інтернет

Потенційні клієнти – населення нашої країни, зацікавлені в насиченні ринка радіотехнічної техніки недорогими та надійними товарами, які відповідають їхнім підвищеним потребам.

Задача СВОТ – аналізу, надати структурований опис ситуації, відносно якої необхідно прийняти будь-яке рішення. Побачити та оцінити всі чинники, що впливають на прийняття рішення, а також визначити можливості розвитку. Для цього необхідно чітко розуміти наші позиції на ринку, можливі перспективи та наявні проблеми.

Існує безліч ситуацій, що передбачають застосування SWOT-аналізу:

- запуск стартапів, нових напрямків бізнесу;
- перегляд внутрішньої політики компанії;
- розгляд варіантів та можливостей перебудови бізнесу;
- перевірка правильності заданого курсу розвитку;
- покращення бізнес-процесів;
- для загального розуміння ситуації, що склалася на ринку;
- застосування нових матеріалів і нових технологічних прийомів.

До групи внутрішніх чинників належать сильні (S) та слабкі сторони бізнесу (W), і саме з їхнього вивчення починають аналіз. Внутрішні чинники визначаються ресурсами, які є у розпорядженні нашого підприємства, а також процесами, на які організація має безпосередній вплив, якість складальницького процесу.

Позиції підприємства оцінюємо за такими критеріями:

- фінансові ресурси: джерела фінансування, можливості отримання доходу, інвестиції;
- фізичні ресурси;
- обладнання, місцезнаходження, нерухомість;
- людські ресурси співробітники, цільова аудиторія;
- доступ до природних ресурсів, патенти, авторські права;

Тільки після того, як було досконально розглянуто та оцінено внутрішні чинники, переходимо до аналізу зовнішніх чинників, можливостей (O) і загроз (T), що прямо чи опосередковано впливають на бізнес. Інколи ми не здатні контролювати ці процеси, однак повинні їх знати та враховувати під час розробки загальної стратегії підприємства.

До зовнішніх чинників належать:

- ринкові тенденції;
- поява нових матеріалів чи технологій, зміни споживчих вподобань цільової аудиторії;
- відносини з клієнтами та постачальниками;
- економічні тенденції: глобалізація чи захист національних виробників, конкуренція, зміна світового попиту;
- зовнішнє фінансування, за рахунок держбюджету;
- демографічні показники, чисельність та вік населення, купівельна спроможність, цінності;
- політичні, екологічні, економічні обмеження та регуляції – ліцензії, квоти, митні податки та ін.

Таблиця 5.4 – SWOT– аналіз підприємства

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
достатній професійний досвід; провідне ОКБ в промисловій галузі, є патенти на корисну модель; згуртований колектив, об'єднаний однією метою; висока якість і надійність виробів; відпрацьовані технологічні процеси; достатня технічна база підприємства;	Мало обігових коштів; слабкий імідж виробів; слаба служба маркетингу; загальна закритість підприємства; текучість кадрів середньої ланки; залежність від постачальників;
Можливості:	Загрози:
Тенденції ринка товарів для супутникового ТБ сприятливі для нашої команди; розширення нових видів виробів стосовно до розвитку швидкісного інтернету; Застосування наших виробів в кабельних мережах колективного користування; застосування новітніх технологічних процесів при виробленні пристроїв НВЧ;	поява нових фірм виробників пристроїв для СТБ; конкуренти нарощують випуск нових виробів для СТБ; регулятивні заходи органів влади (заборона розташування антен на фасаді будівель); економічний спад в країні; підвищення вартості комплектуючих у зв'язку з підвищенням тарифів ЖКХ, підвищенням митних податків;

На основі проведеного аналізу було прийняте рішення: розгорнути виробництво пристроїв для швидкісного інтернету.

5.2 Стратегія охоплення ринку

Владні структури також формально зацікавлені в зростанні проекту, адже бізнес поповнює бюджет, дає робочі місця і покращує статистику. А ось з громадськими організаціями складніше. Часто вони збираються проти чогось, тоді як бізнес працює заради чогось. І виникає неминуче зіткнення інтересів. Бізнес хоче виробляти продукцію, а екоактивісти – бойкотувати супутні викиди і сміття. Зараз час, коли частка активістів–стейкхолдерів завдяки публічності і відкритості інформації зростає. Тому потрібно вивчати інтереси цієї сторони і вчитися взаємодіяти з громадськими інститутами, навіть стихійними.

Стратегія охоплення ринку полягає в розширенні застосування цифрових пристроїв у різних сегментах ринку.

Таблиця 5.5 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1		Споживачі готові прийняти якісний і надійний товар	Більш 1000шт. по кожному сегменту в межах регіону	Київ	Вхід кожного виробу на ринок досить вільний, бар'єрів немає
2					
3	Швидкісний інтернет				
Які цільові групи обрано: усі					

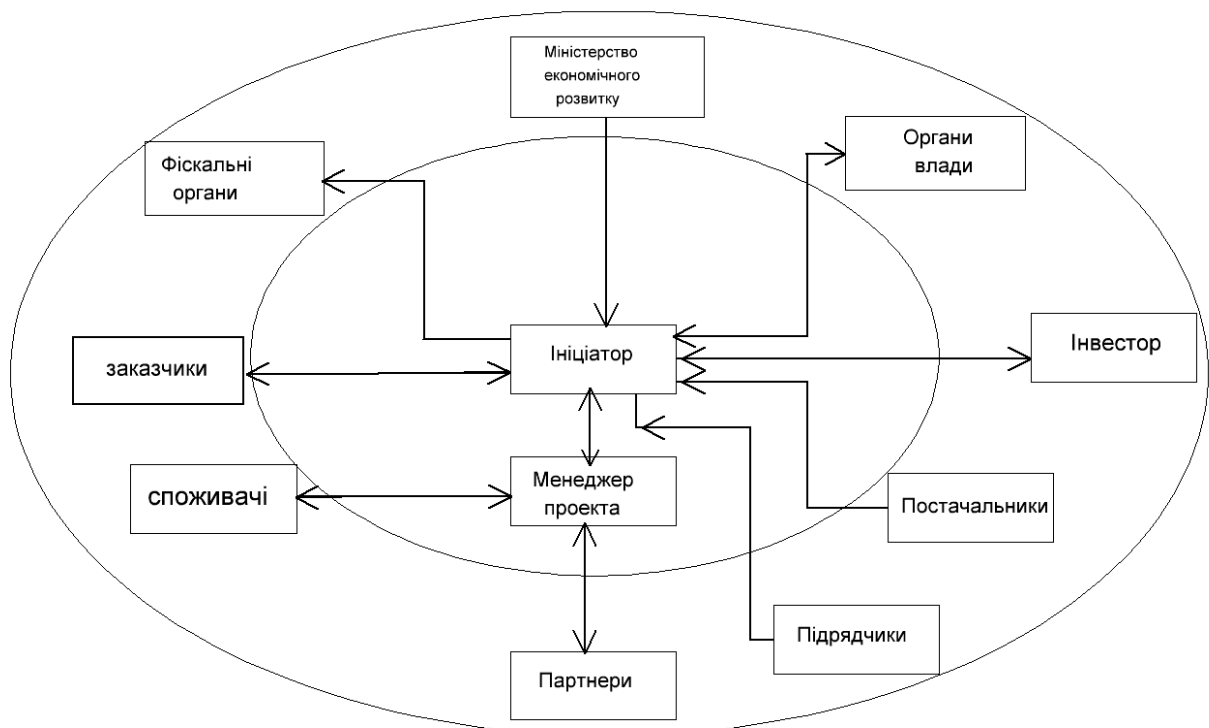


Рисунок 5.1– Карта стейкхолдерів

Для кожної людини можна обрати методи впливу, відповідно до ситуації, цілям, нашим задачам і можливостям, з урахуваннями психологічного портрета стейкхолдера. Наприклад, у вас є начальник відділу маркетингу. Він має вплив, але не лояльний, так як вважає, що керівництво веде проект не туди і його ідеї не цінують. Він може звільнитися і відвести свою команду. Мета: зробити його більш лояльним[28].

Стратегія вашої дії – підвищити відчуття важливості для команди і керівництва.

Засоби:

- впливати через потужного стейкхолдера, інвестора, – попросити його офіційно визнати значущість зусиль директора по маркетингу. Запропонувати дати йому трохи більше свободи в прийнятті рішень.

- є різні тактики впливу;
- моделювання – повільне конструювання бажаних вам умов в команді або ділових відносинах;
- консультації – йдемо і розмовляємо з людьми про те, що їм потрібно і як ми можемо вплинути;
- звернення до цінностей і відносин апелюйте до моральних цінностей людини, або до ваших особистих стосунків;
- побудова спілок – створюйте тимчасові і довгострокові альянси;
- обмін – «ти мені, я тобі», win-win;
- легітимізація – звертайтеся по заведеним правилам, нормам, діловим традиціям, щоб обґрунтувати важливість і справедливість ваших пропозицій.

5.3 Оцінка технічного рівня виробу

Технічний рівень проектного виробу можна оцінити шляхом зіставлення характеристик однієї типової мікропроцесорної схеми, виконаної по різних технологічних процесах, згідно рекомендацій, висунутих у розділі 4.2. Технічний рівень розроблювального виробу доцільно оцінювати за допомогою коефіцієнта технічного рівня, що розраховується бальним методом по основних технічних характеристиках, які зазначені в технічному завданні на дипломне проектування.

Перелік технічних параметрів для порівняння базового й проектного виробів, наведені в таблиці 5.1

Більш високий рівень технічного параметра порівнюваного варіанта оцінюють одиницею, менший рівень шляхом розрахунку числа балів по формулі:

$$Q_i = B_i / B_{\max}, \quad (5.1)$$

де B_i – менша абсолютна величина досліджуваного параметра, порівнюваного варіанта;

$B_{\max}$ – більша абсолютна величина порівнюваних варіантів досліджуваного параметра;

Q_i – бальна оцінка технічного рівня досліджуваного параметра щодо кращого варіанта.

Таблиця 5.6 – Оцінка технічного рівня нового виробу

Характеристики	Базовий виріб		Проектований виріб	
	Абсолютне значення	Бальна оцінка	Абсолютне значення	Бальна оцінка
Кількість елементів	26	1	26	1
Рівень завад на ВЧ	40 дБ	0,3	120 дБ	1
Рівень завад на НЧ	60 дБ	0,7	90 дБ	1
Рівень паразитного випромінювання,	12 дБ	0,2	2 дБ	1
Напруга живлення	+ 5 В	1	+ 5 В	1
Загальна завадостійкість	40 %	0,5	90 %	1
Максимальна робоча частота	33 МГц	0,1	400 МГц	1

За цією методикою визначаємо бальну оцінку технічного рівня кожного параметра порівнюваних варіантів, результати записуємо в таблицю. Потім знаходимо підсумкову бальну оцінку Q_i порівнюваних варіантів і коефіцієнт технічного рівня проектного (нового) виробу щодо аналога:

$$K_{\text{тр}} = \frac{Q_{\Sigma}^{\text{ПР}}}{Q_{\Sigma}^{\text{АН}}}, \quad (5.2)$$

де $K_{\text{тр}}$ – коефіцієнт технічного рівня;

$Q_{\Sigma}^{\text{ПР}}, Q_{\Sigma}^{\text{АН}}$ – сумарна бальна оцінка технічного рівня відповідно проєктованого виробу й аналога.

$$K_{\text{тр}} = 7 / 3,8 = 1,8.$$

Розрахунок на дослідження, проєктування і розробку не проводимо, так як виріб виготовляється по одній і тій же схемі і відрізняється лише конструктивними властивостями.

5.4 Розрахунок матеріальних витрат

До матеріальних витрат ставляться витрати на покупні комплектуючі вироби й витрати на основні матеріали. При розрахунку витрат на ПКВ необхідно враховувати також транспортно–заготівельні витрати, які становлять 10 % від сумарної вартості для ПКВ.

Таблиця 5.7 – Розрахунок витрат на закупні комплектуючі , варіант 1

Комплектуючі вироби й напівфабрикати	Кількість на один блок	Ціна за одиницю, грн.	Сума витрат на один блок, грн.
Конденсатори SMD1205	5	0,25	1,25
Мікросхема ATmega 63	1	79	79
Мікросхема MAX122	1	2,8	2,8
Мікросхема 74F03	2	1,7	3,4
Резистори SMD1205	10	0,13	1,3
Транзистори 2N2122	2	2,55	5,1
Діоди 1N4148	2	0,6	0,6
Діод FR1559	1	1,1	1,1
Роз'єм МРН4-2	1	2,3	2,3
Кварцовий резонатор	1	3,4	3,4
Разом	26		100,25
Транспортно–заготівельні витрати (10 %)			10,75
Загальна сума P_K^B			111

Таблиця 5.8 – Розрахунок витрат на закупні комплектуючі , варіант 2

Комплектуючі вироби й напівфабрикати	Кількість на один блок	Ціна за одиницю, грн.	Сума витрат на один блок, грн.
Конденсатори SMD1205	5	0,25	1,25
Мікросхема ATmega 63	1	79	79
Мікросхема MAX122	1	2,8	2,8
Мікросхема 74F03	2	1,7	3,4
Резистори SMD1205	10	0,13	1,3
Транзистори 2N2122	2	2,55	5,1
Діоди 1N4148	2	0,6	0,6
Діод FR1559	1	1,1	1,1
Оптопара 4N22	10	0,23	2,3
Екран	1	5	5
Кварцовий резонатор	1	3,4	3,4
Разом	26		105,25
Транспортно–заготівельні витрати (10 %)			10,75
Загальна сума P_K^B			116

Таблиця 5.9 – Склад, чисельність та фонд заробітної плати виробничих працівників

Категорії працівників	Наявна чисельність, осіб		Тарифна ставка за розрядом виконуваних робіт, грн.	Ефективний фонд робочого часу, годин	Тарифний заробіток, грн.	Преміальний відсоток до тарифного заробітку	Розмір премії, грн.	Фонд заробітної плати, за рік, грн.	ЄСВ, грн.
	за зміну	за добу							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Виробничі працівники, в тому числі:									
1. Основні працівники:									
–складальн. 5 розряд	2		59,7	176	10500	10	1050	138600	30492
.складальн.4 розряд	2		56,8	176	10000	10	1000	132000	29040
Складальн.2 розряд	3		51,1	176	9000	10	900	118800	26136
– технік	1		42,6	176	7500	10	750	99000	21780
Разом виробничих працівників Р _з	4		X	X	X	X	3700	488400	107448

Група виробничих працівників виконує роботу за три місяця, премію одержують поквартально, ЄСВ складає 22 %.

Таблиця 5.10 – Склад, чисельність та фонд заробітної плати адмінперсоналу

Посада	Кількість осіб	Посадовий оклад, грн.	Премія, відсоток до окладу, %	Сума премії грн.	Місячна заробітна плата, грн.	Річний фонд оплати праці, грн.	ЄСВ, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
Начальник цеха	1	22500	15	3375	25875	310500	68310
Начальник техбюро	1	19000	15	2850	21850	262200	57684
Разом управлінського персоналу			X	6225	47725	572700	125994

Статті комплектуючі та матеріали необхідні для виготовлення виробів своїми силами.

Таблиця 5.11 – Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати	Норматив у розрахунку на один. продук. (послуг)	Виробнича програма	Обсяг сировини	Ціна, грн.	Сума грн
1 Комплектуючі		1		116	116
2 Матеріали		1		60	60
Разом					176

Таблиця 5.12 – Розрахунок вартості спожитих послуг

Вид послуг	Норматив у розрахунку на один. продук.	Виробнича програма	Обсяг послуг	Тарифи, грн.	Сума, грн.
Електропостачання	41,6		1500	1,6	2400
Водопостачання	0,1		10	12,5	125
Теплопостачання	1		142	45	6390
Разом					89150

Таблиця 5.13 – Розрахунок амортизації

Група основних засобів	Норма амортизації	Первісна вартість ОЗ на 01.01	Сума грн
1	2	3	8
1 Комп'ютери			
Lenovo M 0833 2 шт.	50	12000	
2 Багатофункціональний пристрій MFU– 4010 1 шт.	50	1200	
3. Координатограф	20	22000	4400
Разом			

Таблиця 5.14 – Кошторис витрат

Калькуляційні статті	Витрати	
	у розрахунку на одиницю продукції, грн.	у розрахунку на весь обсяг продукції, грн.
Сировина та матеріали	0,041	176
Електропостачання	0,558	2400
Водопостачання	0,029	125
Теплопостачання	1,486	6390
інші	0,0581	250
Разом	2,172	9341
Заробітна плата основних виробничих працівників	113,581	488400
ЄСВ	54,288	233442
амортизація	1,665	7160
Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів поточний ремонт	11,627	73252
Загальновиробничі витрати	22,716	97680
Виробнича собівартість	206,0528	886023
Адміністративні витрати	133,186	572700
Інші витрати	6,976	30000
Повна собівартість	346,214	2407429

Підприємство випускає мікроконтролери для пристроїв інтернету.

Таблиця 5.12 – Розрахунок фінансового результату

№ періоду	Обсяги виробництва	Обсяги реалізації	Залишок нереалізованої продукції	Ціна	Дохід	Витрати	Фінансовий результат
1 1-рік	4400	4400	0	675	2970000	2407429	562571
2 2-рік	4410	4310	100	694	2991140	2407429	583711
Разом					5961140	4814858	1146282

Для нашого виробництва основним ризиком є своєчасне постачання комплектації радіоелементів при виготовленні закінчених конструкцій мікроконтролерів та підвищення цін на радіоелементи із-за підвищення тарифів ЖКХ, загальні нестабільні економічні обставини, поява нових фірм, виробляючих мікроконтролери для пристроїв управління швидкодійного інтернету.

Вхід до нового сегменту ринка, постачання обладнання для швидкого інтернету, застосовуючи технологічні можливості нашого підприємства.

5.5 Висновки

У данному розділі оглянута ідея «Розробка конструкції мікроконтролерів», які згідно рекомендацій, викладених у розділі 4.2, значно підвищать швидкодію пристроїв для інтернету. В процесі роботи були визначені основні групи стейкхолдерів, ризики, виконано SWOT-аналіз визначені витрати та фінансовий результат. Розрахунки показують, що витрати підприємства складають 2977446 грн., прибуток 1146282 грн. отримано у результаті реалізації ідеї, запропонованої у магістерській роботі.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Тема цієї дипломної роботи "Дослідження методів підвищення завадостійкості цифрових схем" передбачає дослідження, проектування і впровадження в експлуатацію конструкцій і рекомендацій, що виключають появи завад і порушення цілісності імпульсів в цифрових схемах.

6.1 Аналіз потенційних небезпек

При проектуванні нового приладу в конструкторському бюро підприємства працівники можуть піддаватися дії комплексу несприятливих чинників, обумовлених характером виробничого процесу і умовами праці, до яких відносяться:

- ураження електричним струмом через порушення правил електробезпеки, несправності електричного устаткування, відсутності або несправності заземляючого контура, який може привести до електротравмам, втраті працездатності або до летального результату;
- електромагнітне випромінювання при роботі з НВЧ пристроєм, який призводить до підвищеної стомлюваності і дратівливості;
- негативна дія статичних полів на організм людини, яке призводить до емоційних навантажень, перенапруження, роздратування;
- небезпечна дія хімічних реагентів при виробництві друкованих плат і пайці радіоелементів може привести до швидкої стомлюваності, роздратування очей, носоглотки і шкіри і отруєнню організму в цілому;
- негативна дія пари розчинників і ацетону при проведенні лакофарбних робіт також призводить до швидкої стомлюваності, головного болю, роздратування очей, носоглотки і шкіри;

- недостатність освітлення внаслідок затемнення вікон від близько розташованих інших об'єктів або дерев може привести до підвищеного навантаження на очі, дискомфорту, швидкої стомлюваності;
- незадовільні параметри мікроклімату, через підвищену вологість, запиленість, дуже високої або дуже низької температури, може привести до порушення стану здоров'я дискомфортному самопочуттю, які знижують працездатність;
- займання через порушення правил пожежної безпеки, яке може привести до нещасних випадків, загибелі людей, ушкодження устаткування і матеріальних цінностей.

6.2 Заходи по забезпеченню електробезпеки

Електробезпека на виробництві забезпечується:

- конструкцією устаткування і електроустановок;
- технічними способами і засобами захисту;
- організаційними і технічними заходами;

У конструкціях виробничого устаткування передбачений захист від ураження електричним струмом (включаючи випадки помилкових дій обслуговуючого персоналу). Струмопровідні частини виробничого устаткування, які є джерелами небезпеки, повинні знаходитися в недоступних для людей місцях, а якщо це неможливо, то мають бути надійно ізолювані, відповідно ГОСТ 12.2.007.0–75 ССБТ.

Приміщення в яких проходять виробничі процеси, у міру небезпеки і ураження електричним струмом належать до категорії "Приміщення без підвищеної небезпеки" і "Приміщення з підвищеною небезпекою", відповідно ГОСТ 12.1.019–79.

Для забезпечення електробезпеки застосовані окремо або спільно один з іншим такі технічні засоби захисту;

- електрична ізоляція струмопровідних частин (ГОСТ 12.2.007.0–75);
- захисне заземлення (занулення), відповідно ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ;
- захисне відключення (ГОСТ 12.2.007.0–75);
- електричні розділення мережі (ГОСТ 12.2.007.0–75);
- подвійна ізоляція (СНІП 2.09.04–87);

Захисним заземленням називається умисне електричне з'єднання із землею металевих неструмопровідних частин (корпус приладу, корпус трансформатора), які можуть виявитися під напругою при замиканні з струмоведучими частинам. Захисне заземлення досить ефективно у тому випадку, якщо струм що замикається на землю не збільшується зі зменшенням опору заземлення. Захисному заземленню підлягає устаткування:

- в приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних, а також в зовнішніх установках заземлення є обов'язковим при номінальній напрузі електроустановки вище 42 В змінного струму і 110 В постійного струму;
- в приміщеннях без підвищеної небезпеки заземлення є обов'язковим при напрузі 380 В і вище за змінний струм і 440 В і вище за постійний струм;
- у вибухонебезпечних приміщеннях заземлення виконується незалежно від величини напруги;

Заходи по забезпеченню безпеки від дії шкідливого виробничого випромінювання викладені нижче;

- забезпечення безпеки робітників від дії електромагнітного випромінювання не повинне перевищувати допустимих норм згідно ГОСТ 12.1.006–84 "Електромагнітні поля радіочастот. Загальні правила безпеки";

- значення напруженості електростатичного поля на робочих місцях, на поверхнях устаткування не повинні перевищувати гранично допустимих норм відповідно ГОСТ 12.1.045–84, СН 1757–77;
- інтенсивність потоків інфрачервоного випромінювання не повинна перевищувати допустимі значення ГОСТ 12.1.005–88.
- інтенсивність потоків ультрафіолетового випромінювання не повинна перевищувати допустимі значення відповідно СН 4557–88;
- допустимі рівні напруженості електростатичних полів встановлені в ГОСТ 12.1.045–84. "Електростатичні поля. Допустимі рівні на робочих місцях і вимоги до проведення контролю".

Допустимі рівні напруженості полів залежать від часу перебування персоналу на робочих місцях. Гранично допустимий рівень напруженості електростатичних полів дорівнює 60 кВ/г в 1 ч. Захист від статичної електрики здійснюється двома шляхами:

- зменшенням інтенсивності утворення електричних зарядів;
- усуненням зарядів статичної електрики, які утворилися;

Для покриття підлоги треба використати антистатичний лінолеум, бажано періодично проводити антистатичну обробку килимів, килимових матеріалів, синтетичних тканин і матеріалів з використанням препаратів побутової хімії.

Усунення зарядів статичної електрики досягається, передусім, заземленням корпусів устаткування. Заземлення для відведення статичної електрики можна об'єднувати із захисним заземленням електроустаткування.

Заходи по забезпеченню електробезпеки під час виробництва цього приладу повинні відповідати ГОСТ 12.1.018–90 ССБТ "Електробезпека. Загальні вимоги" і ГОСТ 12.1.03–91 ССБТ "Електробезпека. Захисне занулення, заземлення". Мережа включення електроживлення має бути захищена автоматами захисту мережі. Органи управління виконані і змонтовані так, щоб була виключена неправильна послідовність операцій або можливість довільного включення і виключення устаткування. Органи

аварійного відключення устаткування мають бути червоного кольору і розміщені в легкодоступних місцях.

Для захисту обслуговуючого персоналу від випадкового ураження електричним струмом при дотиці до устаткування на корпусі якого може виявитися напруга, передбачено захисне відключення.

6.3 Заходи по виробничій санітарії і гігієні праці

Санітарні вимоги до виробничих приміщень встановлюються згідно СН245–71, СНіП, ГОСТ, і ОСТ з урахуванням шкідливих речовин, що виділяються при технологічних процесах, а також метеорологічних умов. Згідно ГОСТ 12.1.007–76 нормуються гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони і середні смертельні дози при введенні в шлунок і нанесенні на шкіру шкідливих речовин, а також середня смертельна концентрація шкідливих речовин в повітрі. Основними чинниками, що характеризують метеорологічні умови виробничого середовища, є: температура і вологість повітря, рухливість повітря, теплове випромінювання. ГОСТ 12.1.005–76 встановлює оптимальні і допустимі метеорологічні умови для робочої зони приміщення і враховує пору року, тяжкість виконання робіт і надлишки явного тепла. Для роботи, що виконується в приміщеннях з незначними надлишками явного тепла оптимальні параметри:

- температура повітря — 19.25°C;
- відносна вологість не більше — 75 ;
- швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с.

Параметри метеорологічних умов контролюються на місцях. Інженер працює в приміщенні розміром 8х6х3м з комбінованим освітленням. Колір стелі і стін світло-бежевий. Розряд зорової роботи IV-а.

Нормативну освітленість E_n вибираємо відповідно до норм СНіП II – 4—79 "Природне і штучне освітлення. Норми проектування $E_n = 200$ лк. Коефіцієнт відображення стелі $K_{пот} = 0,5$, стін $K_c = 0,3$ і пола $K_{п} = 0,1$. Для освітлення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛД у світильниках ЛДОР–02. Повітряне середовище без пилу і виділень, в приміщенні постійно знаходяться люди.

Приймаємо коефіцієнт запасу $k_z = 1,3$ і коефіцієнт нерівномірності освітлення $Z = 1,1$.

Розрахунок освітленості робочих місць зводиться до вибору системи освітлення, визначення необхідного числа світильників, їх типу і розміщення. Виходячи з цього, розрахуємо параметри штучного освітлення. В якості джерела штучного освітлення використовуємо люмінесцентні лампи, типу ЛД 40–2, світловий потік лампи $F_{л} = 3000$ лм. Для визначення кількості світильників визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню, по формулі:

$$F = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta}, \quad (6.1)$$

де F – сумарний світловий потік, лм;

E_n – нормована мінімальна освітленість, лк ($E_n = 200$ лк);

S – площа приміщення, м²;

k – коефіцієнт запасу, який враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Він визначається у функції індексу приміщення і коефіцієнтів відображення стін ρ_z і стелі ρ_p . Коефіцієнти ρ_p і ρ_z приймають від 70 до 100 для нашого випадку візьмемо $\rho_p = 60$, $\rho_z = 50$. Значення η визначимо з таблиці коефіцієнтів використання різних світильників.

Знаходимо індекс приміщення:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (6.2)$$

де S – площа приміщення, $S = 48 \text{ м}^2$;

h – висота світильника над поверхнею робочого місця, $h = 2,5 \text{ м}$;

A – довжина приміщення, $A = 8 \text{ м}$;

B – ширина приміщення, $B = 6 \text{ м}$.

Підставивши значення параметрів приміщення у формулу (6.2) отримаємо:

$$i = \frac{48}{2,5 \cdot (8 + 6)} = 1,22$$

Знаючи індекс приміщення i і тип світильника ЛДОР, з таблиці 1 [16, стр.62] знаходимо значення $\eta \approx 0,47$. $h = 2,5$, висота підвісу світильників над рівнем робочої поверхні.

Висота робочої поверхні $H_{rp} = 0,8 \text{ м}$, висота підвісу світильників від стелі $H_p = 0,2 \text{ м}$, тоді $H_r = 3,5 - 0,8 - 0,2 = 2,5 \text{ м}$.

Підставивши значення у формулу (6.1) отримаємо:

$$F = \frac{200 \cdot 1,4 \cdot 48 \cdot 1,1}{0,47} = 31455. [\text{лм}]$$

Розрахуємо необхідну кількість ламп за формулою:

$$N = \frac{F}{F_{\lambda}}, \quad (6.3)$$

де N – потрібна кількість ламп;

F – необхідний світловий потік;

$F_{\text{л}}$ – світловий потік лампи, (ЛД – 40), $F_{\text{л}} = 3000$ лм.

Підставивши значення в (6.3) отримаємо:

$$N = \frac{31455}{3000} = 10,48 \text{ [шт]}.$$

Приймаємо число ламп $N = 12$, при виборі типу світильників, керуємося економічністю і ергономічними характеристиками, вибираємо світильники типу ЛД. Кожен світильник комплектується двома лампами. Приймаємо число світильників 6 (два ряди по 3 світильники).

Вентиляція є найбільш ефективним засобом для зниження концентрації шкідливих речовин (газів, пари, пилу), а також зниження тепла і вологості після вдосконалення технологічного процесу і устаткування. Основне призначення вентиляції — здійснення обміну повітря, що забезпечує видалення з робочого приміщення забрудненого або перегрітого повітря і подання чистого повітря. Для забезпечення режиму температурної вологості і відповідної чистоти повітря у виробничих приміщеннях робиться систематичний контроль стану повітряного середовища. При проектуванні і експлуатації систем вентиляції у виробничих будівлях керуються ГОСТ 12.1.005–76, СН 245–71 і СНиП II – 33 – 75. Гігієнічне нормування шуму (звукового тиску, рівня звуку) робиться по ГОСТ 12.1.003–83, а вібрації по ГОСТ 12.1.012–78.

6.4 Заходи пожежної безпеки

Система протипожежного захисту – сукупність організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на відвертання дії на людей небезпечних чинників пожежі і обмеження матеріального збитку. Заходи по пожежній безпеці спрямовані на забезпечення безпеки людей, на відвертання

пожежі, обмеження його поширення, створення умов для швидкої локалізації вогнища пожежі. Радіомонтажні приміщення згідно СНиП II – 90–81 "Виробничі будівлі промислових підприємств" належать до категорії Д по пожежній небезпеці. Враховуючи високу вартість устаткування, вибрані приміщення III міри вогнестійкості. Для відвертання утворення горючого середовища передбачаються наступні заходи:

- використання спеціальних меблів для робочого місця, стелевих покриттів з негорючих матеріалів (металеві стелі, кахель);
- складування легко займистих речовин (бензин, ацетон, лаки, фарби), а також спиртовмісних рідин в окремому ізольованому від пожеж приміщенні.

Для відведення надмірної теплоти слугують системи вентиляції і кондиціонування повітря. Важлива підтримка в приміщеннях нормальної температури і чистоти повітря за допомогою кондиціонерів.

Виробничі приміщення мають бути обладнані схемою електричної сигналізації з автоматичними датчиками комбінованого типу.

Вартісним і швидким засобом повідомлення про пожежу є електрична пожежна сигналізація автоматичної або ручної дії. Ручні сигналізатори встановлюються поза межами приміщень на відстані 150 м, усередині приміщень – на відстані 50 м один від іншого. У легкодоступному місці встановлені вогнегасники ВВК-1.4, ВВК-3.5. Для швидкої евакуації людей з виробничих приміщень, на випадок пожежі, є запасні двері виходу, що відкриваються назовні, і план евакуації на випадок пожежі, розташований на добре освітлюваному легкодоступному місці, наприклад на сходовому майданчику. На підприємстві має бути встановлений відповідний протипожежний режим, у тому числі:

- можливість (місце) паління, застосування відкритого вогню і побутових нагрівальних приладів;
- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт;

- місця для зберігання і допустима кількість сировини, напівфабрикатів і готової продукції, які можуть одночасно знаходитися у виробничих приміщеннях і на території;
- порядок відключення від мережі електроустаткування на випадок пожежі;
- порядок огляду і закриття приміщень після закінчення роботи;
- порядок проходження посадовцями навчання і перевірки знань з пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів і зайняття, після пожежно-технічного мінімуму з призначенням відповідальних за їх проведення.
- порядок організації експлуатації і обслуговування наявних технічних засобів протипожежного захисту (протипожежного водопроводу, насосних станцій, вогнегасників, і тому подібне);
- дії працівників у разі виявлення пожежі.

На випадок пожежі передбачені шляхи евакуації працюючих проходи, проїзди, евакуаційні виходи, згідно ДБН В.1.1.7–2002 "Пожежна безпека об'єктів будівництва". Евакуаційні виходи розташовуються розосереджено, а їх кількість у будівлі не менша двох.

При кількості працюючих в зміні до 50 чоловік передбачений другий (запасний) вихід на зовнішні сходи.

Коридори і проходи, призначені для евакуації, мають можливо меншу довжину і мінімальну кількість поворотів. На всьому протязі проходу немає порогів або проміжних сходищ, згідно СНиП 2.09.02–85* "Виробничих будівель". Важливу роль в забезпеченні безпечного виходу людей грає протидимний захист евакуаційних шляхів. У будівлях заввишки до 9 поверхів незадимленість сходових клітин на час евакуації досягається їх ізоляцією від підвалів, горищ і поверхів. Для цього влаштовані відособлені входи в підвали, вхід на сходову клітину з поверхів здійснюють через тамбур

– шлюз з підпором повітря, відділяють горища від сходових клітин перекриттями з негорючих матеріалів.

Для виявлення початкової стадії загоряння і сповіщення служб пожежної охорони використовуються системи автоматичної пожежної сигналізації (АПС). Крім того, вони можуть самостійно приводити в дію установки для пожежогасіння, коли пожежа ще не досягла великих розмірів. Системи АПС складаються з пожежних сповіщувачів, ліній зв'язку і приймальних пультів (станцій).

Ефективність застосування систем АПС визначається правильним вибором типу сповіщувачів і місць їх установки. При виборі пожежних оповіщувачів враховувалися конкретні умови їх експлуатації особливості приміщення і повітряного середовища, наявність пожежних матеріалів, характер водяного горіння, специфіка технологічного процесу і т.д. Об'єкти будівлі, в якій знаходиться кімната, окрім АПС обладнані установками стаціонарної автоматичної пожежогасінні. Найдоцільніше застосовувати установки газового гасіння пожежі, дія яких зумовлена на швидкому заповненні приміщення вогнегасящою газовою речовиною з різким зниженням змісту в повітрі кисню.

6.5 Заходи по забезпеченню безпеки під час робочого процесу

На виробництві радіоелектронної апаратури загрозу здоров'ю людей становить таке явище як електромагнітне випромінювання. Первинним проявом дії електромагнітної енергії є нагрівання, яке може призвести до змін і навіть до пошкоджень тканин і органів.

Механізм поглинання енергії – складний. У тканинах, які опромінюються є іонна дисперсія, дипольне і резонансне поглинання. Теплова дія характеризується загальним підвищенням температури тіла або локальним нагріванням тканин. При загальному опроміненні підвищення температури тіла більше ніж на 1 0 С недопустиме. Нагрівання особливо

небезпечно для органів зі слабкою терморегуляцією, які мають невелику кількість кровоносних судин або недостатньо інтенсивний кровообіг (мозок, очі, нирки, шлунок, жовчний міхур). Електромагнітна енергія довжиною хвилі 1-20 см шкідливо діє на очі, викликаючи катаракту. Під впливом магнітного поля частотою 50 Гц з'являється відчуття миготіння. У результаті довготривалого перебування в зоні дії електромагнітне поле настає передчасна стомлюваність, сонливість або порушення сну, болі голови, настає розлад нервової системи. При систематичному опроміненні спостерігається зміна кров'яного тиску, сповільнення пульсу, нервово-психічні захворювання і трофічні явища (випадіння волосся, ламкість нігтів).

Дослідженнями встановлено, що біологічна дія одного і того ж за частотою ЕМП залежить від напруженості його складових або густини потоку потужності для діапазону більше 300 МГц. Це є критерієм для визначення біологічної активності електромагнітного випромінювання. Для цього електромагнітні випромінювання з частотою до 300 МГц розбиті на діапазони, для яких установлені граничнодопустимі рівні напруженості електричної і магнітної складової поля. при його дії на людину можливі гострі та хронічні форми порушення фізіологічних функцій організму тому слід забезпечити безпеку для становлять електромагнітні імпульси – вони індукують високу електричну напругу в електромережах, електричному і електронному обладнанні.

Зростання напруженості спричиняє зростання електричної напруги і виділення великої кількості тепла, внаслідок чого зазнають пошкоджень електронні елементи, електричні кола і навіть лінії електропередачі. Високі напруги також можуть призвести до пробію електричної ізоляції. Робочі місця обслуговуючого персоналу можуть опинитися в наступних зонах електромагнітного поля: ближній, проміжний і дальній в залежності від частот електромагнітного імпульсу, параметрів і типів системи, яка випромінює та відстані від джерела випромінювання до робочого місця.

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання застосовуються екранування. Екранування джерел випромінювання використовується для зменшення інтенсивності електромагнітного поля на робочому місці. У цьому випадку застосовують заземлені екрани з металевих листів або сіток у вигляді замкнутих камер або кожухів.

При виборі конструкції екрана або камери необхідно враховувати ступінь їх герметичності (наявність отворів). Якщо отвори рівні або кратні цілому числу півхвиль, тоді різко зросте потужність випромінювання, оскільки така щілина є антеною. У цьому випадку послаблення електромагнітне поле досягається насадкою на отвір спеціального патрубка, який являє собою граничний хвилевід. Вентиляційні, оглядові та інші отвори затягуються металевими сітками, які щільно припаяні по периметру. Застосовують граничні хвилеводи з сітками на обох кінцях, щільникову конструкцію або патрубки. Контактуючі поверхні частин екрана повинні мати антикорозійне покриття, (лудіння, цинкування, міднення) і щільно прилягати один до одного по всьому периметру.

Екранування робочого місця застосовують, якщо неможливо здійснити екранування джерел випромінювання. Для цього споруджують невеликі кабінки або металеві ширми з радіопоглинаючим покриттям.

Індивідуальні засоби захисту застосовують у тому випадку, коли інші засоби недопустимі або неефективні. Як засоби захисту застосовують халати, комбінезони, капюшони, захисні окуляри.

Для захисту від постійного магнітного поля застосовують шапки і спідниці з пермалою.

Для захисту очей від НВЧ-випромінювання застосовують сіткові або скляні окуляри, покриті шаром двооксиду олова.

6.6 Висновки

Передбачені в лабораторії обладнаної персональними комп'ютерами з візуальними дисплейними терміналами заходу по охороні праці, виробничій санітарії, гігієні праці і пожежної безпеки забезпечують безпечні і комфортні умови праці персоналу.

Лабораторія спроектована і обладнана відповідно до СНіП 2.09.04–87. Усе електроустаткування відповідає вимогам розділу 6.1 "Правила влаштування електроустаткування". Заходи по забезпеченню електробезпеки розроблені відповідно до ГОСТ 12.1.019–90 ССБТ "Електробезпека. Загальні вимоги" і ГОСТ 12.1.030–91 ССБТ "Електробезпека. Захисне заземлення, занулення". Заходами по захисту від НВЧ і електромагнітних випромінювань є: зменшення випромінювання безпосередньо у джерела; раціональне розміщення НВЧ і УВЧ установок; екранування джерел випромінювання і робочих місць.

Заходи по оздоровленню повітряного середовища плануються відповідно до значень оптимальних метеорологічних параметрів, встановлених ГОСТ 12.1.005–88 "ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони" і санітарними нормами ДСН 3.3.6–042–99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень". Передбачається очищення повітря, використовуваного для вентиляції. Вентиляція, охолодження і очищення повітря здійснюються побутовими кондиціонерами, встановленими у вікнах. Компенсація і видалення надмірного тепла з лабораторії також досягається за допомогою використання засобів вентиляції і кондиціонування. Для захисту обслуговуючого персоналу лабораторії від шуму, згідно ДСН 3.3.6.037–99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку" і ГОСТ 12.1.003–83 "ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки" виконуються наступні заходи: застосовується обробка корпусів устаткування шумопоглинаючими матеріалами; застосуванням засобів колективного і індивідуального захисту.

Для захисту обслуговуючого персоналу лабораторії від вібрації, згідно ДСН 3.3.6.039–99 "Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації" і ГОСТ 12.1.012–90 "ССБТ. Вібраційна безпека. Загальні вимоги" виконуються наступні заходи:

- центрування механізмів, що обертаються, а так само підтяжка болтових з'єднань;
- застосування засобів індивідуального і колективного захисту.

Так як до освітленості приміщення пред'являються високі вимоги, пов'язані з явним переважанням зорової інформації (до 90 % загального об'єму) при роботі з вимірювальною апаратурою і стендовим устаткуванням; передбачається використання як природного, так і штучного освітлення згідно ДБН В.2.5–28–2006 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення".

На підставі вимог ДСанПіН 3.3.2.007–98 "Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно–обчислювальних машин" розроблений комплекс заходів спрямований на поліпшення умов роботи з ВТД. Розроблений план виробничого приміщення з комп'ютеризованими робочими місцями. А також розроблен цілий комплекс заходів по забезпеченню протипожежної безпеки в лабораторії. Передбачені заходи по цивільній обороні забезпечують стійку роботу об'єкту і безпеку персоналу в умовах надзвичайної ситуації.

ВИСНОВКИ

Виконаний аналітичний огляд публікацій дає уявлення про термін «чисте» заземлення і «брудне» заземлення. Цей термін з'явився у зв'язку з поширенням масового випуску і застосування мікропроцесорної і мікроконтролерної техніки у всіх галузях сучасної промисловості, а також у зв'язку з застосуванням швидко діючих мікросхем. Не зовсім коректне виконання заземлення на печатних платах призводить до появи загальних завад значної величини, а іноді до збоїв в роботі електронних пристроїв. Результатом даної роботи можна вважати розробку рекомендацій щодо конструювання радіоелектронних засобів на печатних платах з коректним виконанням загального заземлення у вигляді двохшарової конструкції, коли «чисте» заземлення і «брудне» заземлення електрично з'єднуються в одну площину, а сигнальна ВЧ частина і живляча НЧ частина розташовані у різних шарах печатної конструкції пристроя.

У пояснювальній записці виконано економічне обґрунтування данного дослідження, одержаний досить помітний економічний ефект, і розглянуті заходи охорони праці при проектуванні і виробництві радіоелектронної апаратури.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Барнс Дж. Электронное конструирование: Методы борьбы с помехами [Текст] / Дж. Барнс. – М.: Мир, 1990. – 238 с.
2. Белинский В.Г. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА [Текст] / В.Г. Белинский и др – К.: Вища школа, 1992. – 494 с.
3. Поліщук Є.С. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник [Текст] / Є.С. Поліщук, М.М. Дорошовець та інш.–Львів.: Вид.”Бескид–Біт”, 2003. – 544 с.
4. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств [Текст] / Г.И. Волович. 2–е изд., – М.: Изд. дом «Додека–XXI», 2007. – 528 с.
5. Ред Э. Т. Справочное пособие по высокочастотной схемотехнике: Схемы, блоки, 50–омная техника [Текст] / Э.Т. Рэд – М.: Мир, 1990. – 256 с.
6. Сташин В.В. Проектирование цифровых устройств на однокристальных микроконтроллерах [Текст] / В.В. Сташин и др. – М.: Энергомашиздат. 1990 .– 224 с.
7. Циделко В.Д. Проектирование микропроцессорных измерительных приборов и систем [Текст] / В.Д. Циделко, Н.В. Нагаец – К.: Техника, 1984. – 234 с.
8. Ушкар М.Н. Микропроцессорные устройства в радиоэлектронной аппаратуре [Текст] / М.Н. Ушкар – М.: Радио и связь, 1988–196 с.
9. Хрусталеv Д.А. Особенности конструирования печатных плат для импульсных источников питания / Д.А. Хрусталеv // Схемотехника, 2002, №12, с.18 – 19.
10. Григорьев О.П. Транзисторы: Справочник [Текст] / О.П. Григорьев и др.– М.: Радио и связь, 1989– 272 с.
11. Григорьев О.П. Диоды: Справочник [Текст] / О.П. Григорьев и др.– М.: Радио и связь, 1990. – 336 с.

12. Якубовский С.В. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник [Текст] / С.В. Якубовский, Л.И. Ниссельсон, В.И. Кулешова и др.; Под ред. С.В. Якубовского. – М.: Радио и связь, 1990. – 496 с.
13. Изьюров Г.И. Расчет электронных схем. Примеры и задачи: Учебное пособие для вузов [Текст] / Г.И. Изьюрова и др.– М.: Высшая школа, 1987. – 335 с.
14. Уильямс А. Применение интегральных схем: Практическое руководство. [Текст] / А.Уильямса. – М.: Мир, 1987, кн.1– 380 с., кн.2– 432 с.
15. Гольденберг Л.М. Теория и расчет импульсных устройств на полупроводниковых приборах [Текст] / Л.М. Гольденберг. – М.: Связь, 1969. – 755 с.
16. Титце У. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство [Текст] / У. Титце, К. Шэнк. – М.: Мир, 1982. – 512 с.
17. Сорокин С.А. Медология расчета электрических параметров линий связи печатных плат для высокопроизводительных вычислительных устройств / С.А. Сорокин, С.М. Чудинов // Научные ведомости, серия Экономика. Информатика.2017. №2 (251). Выпуск 41, стр. 81–91.
18. Логвиненко М.Ф. Моделювання дії джерел завад в дискретних бінарних каналах зв'язку / М.Ф. Логвиненко, Г.Ю. Під'ячий, В.А. Світличний // Системи обробки інформації, 2008. Вип. 7, стор. 74 – 77.
19. Пуртов Л.П. Элементы теории передачи дискретной информации [Текст] / Л.П. Пуртов, А.С. Замрий, А.И. Захаров, В.М. Охорзин; под. ред. Л.П. Пуртова. – М.: Связь, 1972. – 232 с.
20. Блох Э.Л. Модели источника ошибок в каналах передачи цифровой информации [Текст] / Э.Л. Блох, О.В. Попов, В.Я. Турин. – М.: Связь, 1971. – 312 с.
21. Дуднік Г.І. Методичні вказівки до дипломного проектування розділу “Охорона праці” / Укл.: Г. І. Дуднік, В. П. Порохненко, А. А.

Потуремець, А.О. Писарський, О. В. Коваленко, О. М. Савчук. – Запоріжжя. – ЗНТУ, 2003. – 60 с.

22. Касьян Є.М. Методичні вказівки до економічного обґрунтування дипломних проектів для студентів спеціальності 7.090701 “Радіотехніка” / Укл.: Є. М. Касьян, Т. А. Антоненко, Л.М. Біла. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2002 – 30 с.

25. Губський А. І. Цивільна оборона: Підручник для студентів вузів [Текст] / А.І. Губський. – К.: Міністерство освіти, 1995. – 216 с.

26. Бойко В.И. Схемотехника электронных систем: Цифровые устройства [Текст] / В.И. Бойко, А.Н. Гуржий, В.Я. Жуйков, А.А. Зори, В.М. Спивак, В.В. Багрий. – СПб.: БХВ – Петербург, 2004. – 512 с.

27. Кобевник В.Ф. Охрана труда [Текст] / Кобевник В.Ф.– К,: Выща школа., 1990.– 286 с.

28. Куркова О.П. Организация и планирование научно–технгических исследований и разработок . [Электронный ресурс]. Монография. [Текст] / О.П. Куркова – СПб. Наукоемкие технологии, 2018. – 245 с.

29. «Устойчивость к наносекундным импульсным помехам.» ГОСТ Р 51317.4.4–99.

30. «Устойчивость к электростатическим разрядам». ГОСТ Р 51317.4.2–99.