

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається

Завідувач кафедри

_____ І.С. Скарга-Бандурова

« ____ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТА) БАКАЛАВРА
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

НА ТЕМУ:

«Нормалізатор дискретних сигналів на базі мікроконтролера STM32»

Освітній ступінь «бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Керівник проекту:

(підпис)

Кардашук В. С.

(ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

(підпис)

Критська Я. О.

(ініціали, прізвище)

Здобувач вищої освіти:

(підпис)

Тремполець А. В.

(ініціали, прізвище)

Група:

КІ-16 бд

Сєверодонецьк 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра Комп'ютерних наук та інженерії
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Т.в.о. завідувача кафедри КНІ
С.О. Сафонова
«_____» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

_____ Тремполець Андрію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема проекту (роботи): «Нормалізатор дискретних сигналів на базі мікроконтролера STM32» затверджена наказом по університету № 73/15.15 від «30» квітня 2020 р.

2. Строк здачі студентом закінченого проекту (роботи): 10.06.2020 р.

3. Вихідні дані проекту (роботи): матеріали переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити): огляд апаратних засобів нормалізації дискретних сигналів на базі мікроконтролерів, постановка задачі на розроблення структурної схеми, обґрунтування та вибір апаратних засобів, розроблення схеми електричної принципової, застосування гальванічної розв'язки, розгляд режимів роботи нормалізатора, розгляд питань та розроблення рекомендацій з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точною назвою обов'язкових креслень):

_____ Електронні плакати

6. Консультанти роботи, з вказівкою розділів, що до них відносяться

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Кардашук В.С., к.т.н., доц.		
Охорона праці	Критська Я.О., ст.викл.		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник _____ Кардашук В. С.
(підпис)

Завдання до виконання прийняв _____ Тремполець А. В.
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1.	Отримання завдання, збір матеріалів	18.05.20 – 24.05.20	
2.	Огляд апаратних засобів нормалізації дискретних сигналів	25.05.20 – 28.05.20	
3.	Постановка завдання на розробку нормалізатора	29.05.20 – 30.05.20	
4.	Розроблення структури нормалізатора	31.05.20 – 01.06.20	
5.	Вибір елементної бази та схеми електричної принципової	02.06.20 – 08.06.20	
6.	Оформлення пояснювальної записки	08.06.20 – 09.06.20	
7.	Підготовка та подання роботи до захисту	09.06.20 – 10.06.20	

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Тремполець А. В.
(ініціали, прізвище)

Керівник _____
(підпис)

Кардашук В.С.
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту: 75 сторінок, 19 рисунків, 8 таблиць, 24 джерела посилань, 5 додатків на 15 сторінках .

У дипломному проекті розроблено нормалізатор дискретних сигналів на базі мікроконтролера STM32 фірми ST Microelectronics.

Проведений огляд та аналіз апаратних засобів реалізації нормалізаторів. За результатами дослідження сформульовані мета та завдання дипломного проекту.

Проведено обґрунтування та вибір елементної бази для реалізації проекту. Визначені технічні характеристики, режими експлуатації, сфери застосування та експлуатаційні обмеження на використання нормалізатора.

Розроблена структурна схема, електрична принципова, описана робота нормалізатора.

Для підвищення надійності передачі даних нормалізатор дискретних сигналів побудований з використанням гальванічної розв'язки, що дає змогу захистити обладнання від електромагнітних перешкод та електростатичної напруги, підвищити його завадостійкість.

Розглянуті питання та сформульовані рекомендації щодо охорони праці в умовах виробництва.

**НОРМАЛІЗАТОР, ДИСКРЕТНИЙ СИГНАЛ,
МІКРОКОНТРОЛЕР, ГАЛЬВАНІЧНА РОЗВ'ЯЗКА, КАНАЛ, ПОРТИ
ВВОДУ-ВИВОДУ.**

Умови отримання дипломного проекту:

СНУ ім. Володимира Даля, пр. Центральний 59а, м. Северодонецьк,
93406.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 .ОГЛЯД АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ НОРМАЛІЗАЦІЇ ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ	8
1.1 Особливості використання модулів вводу-виводу	8
1.2 Дискретний сигнал	9
1.3 Нормалізація дискретних сигналів	14
1.4 Гальванічна розв'язка	16
1.5 Постановка задачі розроблення	19
1.6 Висновки до розділу 1	20
1.7 Перелік джерел посилань до розділу 1	20
2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ	22
2.1 Структура модуля вводу дискретних сигналів	22
2.2 Введення дискретних сигналів	25
2.3 Введення частоти, періоду і рахунок імпульсів	26
2.4 Застосування радіально-послідовного інтерфейсу	29
2.5 Висновки до розділу 2	32
2.6 Перелік джерел посилань до розділу 1	33
3 АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ НОРМАЛІЗАТОРА ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ	34
3.1 Робота нормалізатора	34
3.2 Інформаційний обмін з контролером по ІРПС	39
3.3 Мікроконтролер STM32F103VCT6	42
3.4 Висновки до розділу 3	43
3.5 Перелік джерел посилань до розділу 3	44
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	45
4. 1 Загальні питання з охорони праці	45

	5
4.2 Аналіз стану умов праці	47
4.2.1 Вимоги до приміщень	48
4.2.2 Вимоги до організації місця праці	48
4.3 Виробнича санітарія	49
4.3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації) блоку	49
4.3.2 Пожежна безпека	50
4.3.3 Електробезпека	51
4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища	52
4.4.1 Освітлення	52
4.5 Вентилювання	53
4.6 Розрахунок захисного заземлення (забезпечення електробезпеки будівлі)	53
4.7 Висновки до розділу 4	57
4.8 Перелік джерел посилань до розділу 4	58
ВИСНОВКИ	60
ДОДАТОК А. Структурна схема мікроконтролера STM32F103xC	61
ДОДАТОК Б. Структурна схема нормалізатора	62
ДОДАТОК В. Схема електрична принципова нормалізатора	63
ДОДАТОК Д. Перелік елементів нормалізатора	67
ДОДАТОК Ж. Презентація	69

ВСТУП

Автоматизація виробничих процесів займає одне з провідних місць в комплексі засобів, що сприяють підвищенню продуктивності і поліпшення якості продукції підприємств. Для контролю і ведення складних технологічних процесів, які об'єднують в собі багатofункціональні ланцюга параметрів, контроль їх в одиницю часу, необхідна реалізація досить складних систем.

Швидкий розвиток компонентів елементної бази для побудови мікроконтролерних (МК) і мікропроцесорних (МП) систем управління різними пристроями і технологічними процесами сприяє науково-технічному розвитку, є основою вдосконалення архітектури таких систем, якісного підвищення їх продуктивності і надійності.

Мікроконтролери широко використовуються для побудови радіоелектронних пристроїв найрізноманітнішого призначення. Використання у сучасному МК достатнього потужного обчислювального пристрою з широкими можливостями, побудованого на одній мікросхемі замість цілого набору, значно знижує розміри, енергоспоживання і вартість побудованих на його базі пристроїв.

Мікроконтролери використовуються в управлінні різними пристроями і їх окремими блоками. Номенклатура та область застосування таких систем постійно розширюється.

На сучасному етапі науково-технічного розвитку їх впровадження охоплює практично всі види виробничої та наукової діяльності. Застосування МП та МК у науково-технічних рішеннях вимагає від спеціалістів досконалого володіння сучасними методами проектування МП та МК систем, вміння використовувати їх при практичному вирішенні інженерних задач.

Метою бакалаврської роботи є розроблення нормалізатора дискретних сигналів на базі мікроконтролера STM32 фірми STMicroelectronics для

перевірки роботи різноманітного технологічного обладнання як, наприклад, датчики дискретних сигналів, дискретні канали введення інформації, цифрові пристрої оброблення дискретних сигналів.

1 ОГЛЯД АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ НОРМАЛІЗАЦІЇ ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ

1.1 Особливості використання модулів вводу-виводу

В теперішній час розвитку інформаційних технологій та автоматизації різноманітних технологічних процесів на ринку програмно-логічних контролерів (ПЛК) є величезна різноманітність їх модифікацій, викликане природною широтою сфер застосування. Спільним є тільки прагнення до стандартизації, викликане перспективами ідеології "відкритих систем". В останні роки намітилася також тенденція стирання колишніх відмінностей між ПЛК та промисловими комп'ютерами.

Модулі вводу-виводу характеризуються усталеним набором вимог до їх функціонування і основними технічними параметрами. Протягом десятиліть залишаються найбільш вживаними модулі введення сигналів термопар, термоперетворювачів опору, тензодатчики і універсальні модулі. Поліпшення технічних характеристик модулів і ПЛК визначається, в основному, виробниками напівпровідникової елементної бази, в першу чергу мікропроцесорів і аналого-цифрових перетворювачів, а також розвитком технології монтажу електронних пристроїв [1,6].

Напрямами подальшого розвитку промислових ПЛК є зниження габаритів і ваги, підвищення стійкості до зовнішніх впливів, поліпшення зручності монтажу і спрощення пуско-налагодження систем автоматизації, забезпечення високої надійності і гарячої заміни, розширення функцій контролю і діагностики, зниження вартості.

Пристрої (модулі) вводу-виводу є інтерфейсом між процесором ПЛК і реальним світом. В ідеальному випадку було б бажано мати в процесорі значення виміряних сигналів в будь-який момент часу. Однак оскільки кількість каналів вводу-виводу в деяких системах може досягати тисяч, а

вимірювальні канали завжди мають обмежену пропускну здатність, виміряні значення надходять в процесор в дискретні моменти часу.

Існує кілька рівнів і способів опитування безлічі каналів введення. Сучасний модуль введення має свій власний мікроконтролер, який виконує циклічний опитування всіх своїх каналів і поміщає отримані дані в буфер. Якщо за алгоритмом роботи системи автоматизації використовуються тільки кілька каналів модуля, то канали, що не використовуються можна замаскувати (виключити їх з процедури опитування), якщо це потрібно для збільшення швидкодії системи. При надходженні в модуль команди зчитування значень зі входів зібрані дані передаються з буфера модуля в ПЛК, де поміщаються в буфер ОРС сервера або в певну область ОЗУ.

Опитування модулів може виконуватися циклічно з однаковою частотою для всіх модулів або з різною частотою. Другий варіант дозволяє зменшити завантаженість шини, по якій виконується обмін даними між модулями введення і процесорним модулем.

1.2 Дискретний сигнал

Дискретний сигнал (лат. *Discretus* - «переривчастий», «розділений») - сигнал, який є переривчастим (на відміну від аналогового) і який змінюється в часі і приймає будь-яке значення зі списку можливих значень. Список можливих значень може бути безперервним або квантованим.

Існує плутанина між поняттями дискретного і цифрового сигналів. Часто цифровий сигнал називають дискретним, тому що він складається з дискретних (окремих) частин (*samples*), незважаючи на те, що цифровий сигнал не є переривчастим сигналом.

В англійській мові використовують поняття: *discrete time* (дискретний час), для розгляду значень змінних в окремі моменти часу; *continuous time* (безперервне час), для розгляду значень змінних в будь-який момент часу,

причому між будь-якими двома моментами часу існує нескінченна кількість інших моментів часу.

Цифровий сигнал виходить послідовністю двох кроків:

Семпліювання, який виробляє безперервний сигнал дискретного часу

Квантування, який замінює значення кожного семпли наблизеним значенням, вибраним із заданого дискретного набору (квантованих рівнів).

Дискретність застосовується в обчислювальній техніці для пакетної передачі даних.

Дискретизація (від лат. *Discretio* – «розрізняти», «розпізнавати») – в загальному випадку – уявлення безперервної функції дискретною сукупністю її значень при різних наборах аргументів.

Для функції змінної $f(x)$ – представленої безліччю її значень $f(x_0)$, $f(x_1)$, ... $f(x_{n-1})$ на заданій дискретній множині значень аргументу x_0, x_1, \dots, x_{n-1} .

В обробці сигналів – уявлення аналогового безперервного сигналу $S(t)$ сукупністю його значень, цю сукупність прийнято називати вибірками $S(t_0)$, $S(t_1)$, ... $S(t_{n-1})$, взятих в моменти часу t_0, t_1, \dots, t_{n-1} . (рис.1.1) [2].

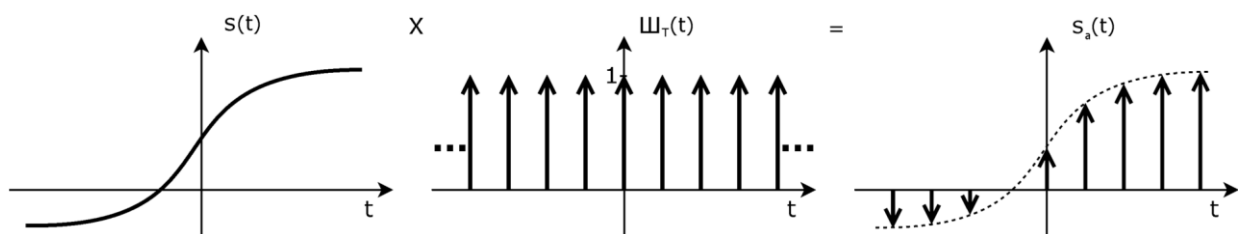


Рисунок 1.1 – Аналоговий безперервний сигнал та його вибірки

У загальному випадку період часу від однієї вибірки до наступної може відрізнятися для кожної пари сусідніх вибірок, але зазвичай при обробці сигналу, вибірки слідує через фіксований і постійний проміжок часу (рис. 1.2).

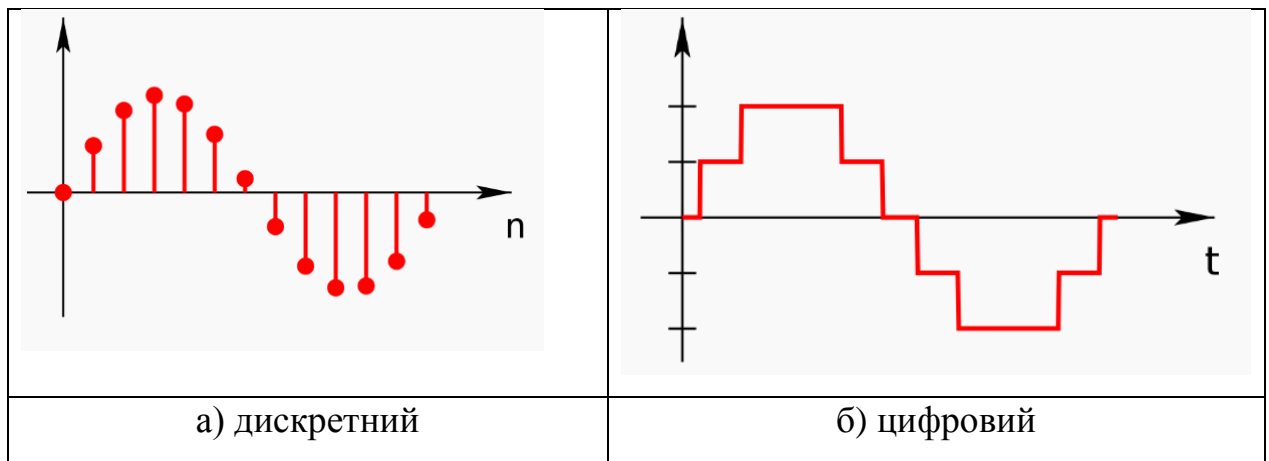


Рисунок 1.2 – Часова діаграма а) дискретного та б) цифрового сигналів

Цей проміжок в такому випадку називають періодом дискретизації або інтервалом вибірок T .

Величина зворотна періоду дискретизації $F_s=1/T$ є частотою вибірок або частотою дискретизації [1].

Прикладами аналогового сигналу можуть служити аудіо- або відеосигнали, сигнали різних вимірювальних датчиків тощо. Для подальшої цифрової обробки аналогові безперервні сигнали обов'язково попередньо піддаються дискретизації і квантування за рівнем за допомогою аналого-цифрових перетворювачів.

Зворотний процес отримання безперервного аналогового сигналу заданого дискретною сукупністю його вибірок називається відновленням (рис. 1.3).

Відновлення проводиться цифро-аналоговими перетворювачами.

Всі сигнали в природі по суті аналогові, наприклад, сигнали від датчиків на основі термопари або термоопору.

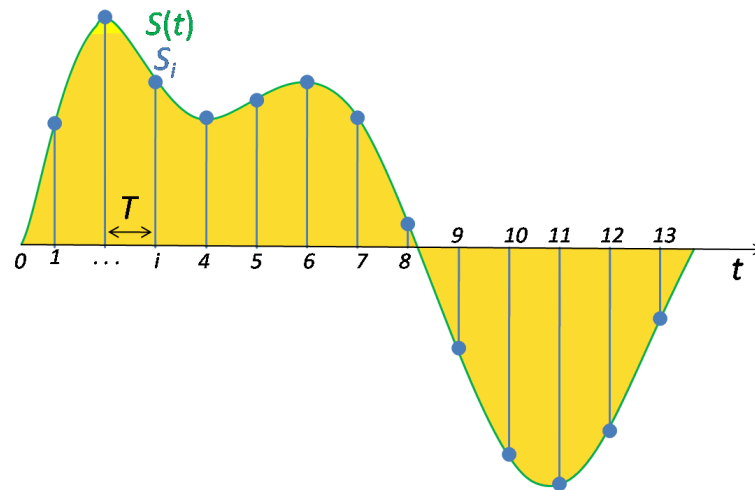


Рисунок 1.3 – Відновлення безперервного аналогового сигналу

Для цифрової обробки сигналу, зберігання його і передачі в цифровому вигляді аналогові сигнали попередньо оцифровуються. Переведення в цифровий формат отриманих значень включає дискретизацію і квантування за рівнем, вироблену за допомогою АЦП. Після цифрової обробки, передачі, зберігання цифрових даних, що кодують сигнал, часто необхідно зворотне перетворення цифрового образу сигналу в аналоговий сигнал. Наприклад, звуковідтворення аудіозаписів з компакт-диска.

Також дискретизація застосовується в системах аналогової імпульсної модуляції.

Практично відновлення аналогового сигналу за сукупністю вибірок проводиться з тим або іншим ступенем точності, причому точність відновлення тим вище, чим більша їх кількість і число рівнів квантування кожної вибірки.

Чим більше частота дискретизації і число рівнів квантування, тим більше потрібно ресурсів для обробки, зберігання, передачі оцифрованих даних.

Тому частоту дискретизації і розрядність АЦП практично вибирають виходячи з розумного компромісу.

Наприклад, при цифровій передачі голосу для гарної розбірливості мови достатня частота дискретизації 8 кГц.

Високоякісне відтворення музичних творів з компакт-дисків (CD) в сучасному стандарті проводиться з частотою дискретизації 44,1 кГц (CD), 48 кГц, 88,2 кГц або 96 кГц, що забезпечує високоякісне відтворення звуку у всій смузі чутних частот 20 Гц - 20 кГц [2].

Оцифровка відеосигналу з смугою частот 6 МГц проводиться з частотою дискретизації понад 10 МГц [3].

Дискретні сигнали утворюють шляхом множення аналогового сигналу $x(t)$ на так звану функцію дискретизації $y(t)$, яка представляє собою періодичну послідовність коротких імпульсів, що слідують з кроком дискретизації T_d .

В ідеальному випадку в якості функції дискретизації використовується періодична послідовність дельта-функцій.

Процес вимірювання величини сигналу через рівні проміжки часу називається рівномірною (за часом) дискретизацією (рис. 1.4, 1.5)). Багато пристроїв для введення даних здійснюють дискретизацію.

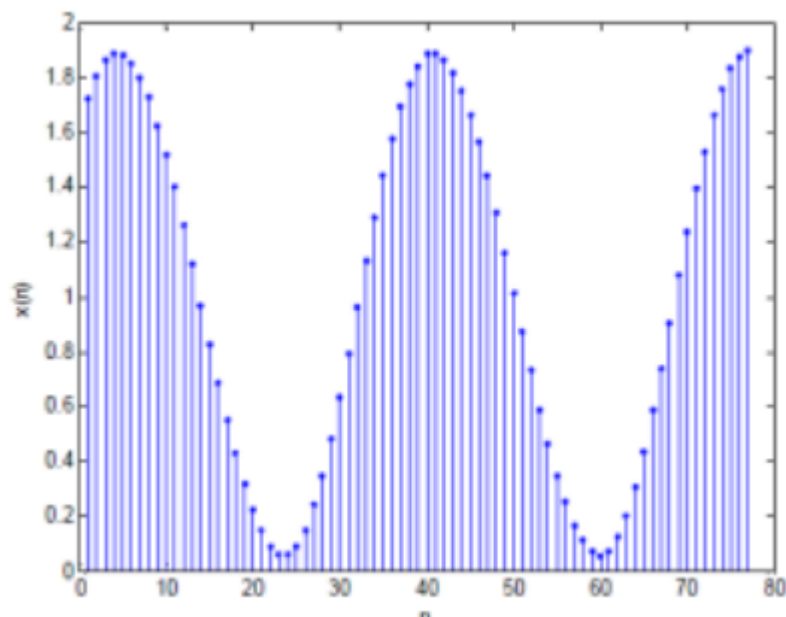


Рисунок 1.4 – Рівномірна дискретизація

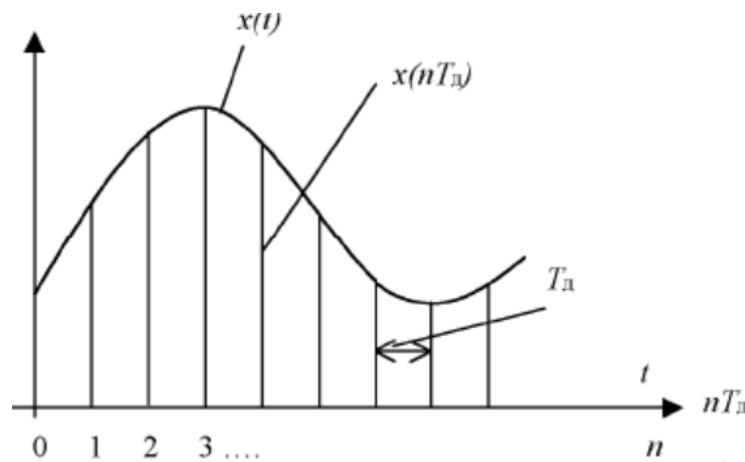


Рисунок 1.5 – Графік неперервного $x(t)$ та дискретизованого сигналу $x(nT_d)$

1.3 Нормалізація дискретних сигналів

Інколи отримані в результаті виміру значення виходять за межі визначених значень роботи цифрових схем. У таких випадках отримані сигнали після виміру підлягають нормалізації.

Тобто, нормалізація – це процес вирівнювання частотних характеристик до визначених цифровими схемами значень.

Наприклад, у цифровому звукозапису під нормалізацією звуку розуміється процес вирівнювання гучності звукового сигналу щодо будь-якого стандарту, наприклад гучності іншого звукового сигналу.

Для цифрових схем – обмеження діапазону використання діапазоном напруг сигналів, притаманних даній серії мікросхем.

Перш ніж перейти до перетворення вхідного сигналу у цифровий код він має пройти декілька етапів оброблення (рис.1.6).

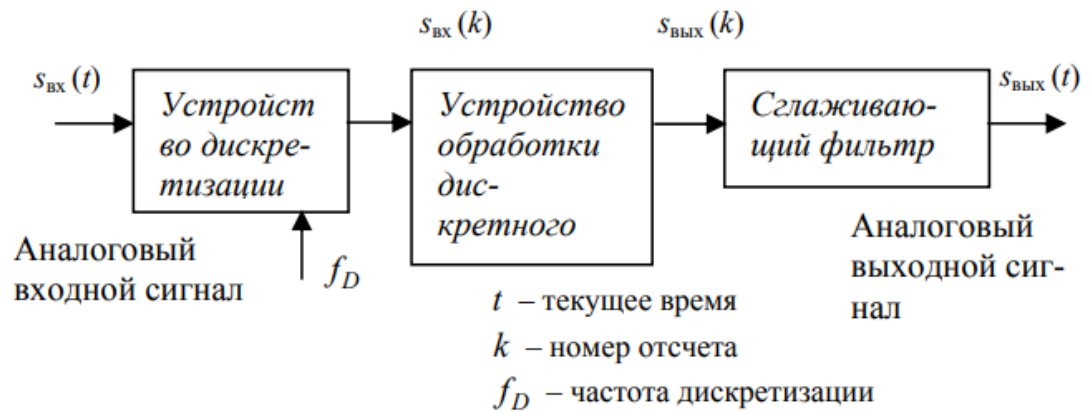


Рисунок 1.6 – Узагальнена структурна схема дискретної системи

Серед відомих методів дискретизації аналогових сигналів на практиці широко застосовуються [6]:

- Теорема Котельнікова;
- Дискретне перетворення Фур'є;
- Z-перетворення та ряд інших.

В промислових комп'ютерних системах різноманітного призначення застосовуються різноманітні модулі, що проводять нормалізацію дискретних сигналів.

Лінійка продукції нормалізації сигналів Advantech для систем збору даних включає в себе нормуючі перетворювачі для різних сигналів датчиків. Модельний ряд включає в себе пристрої здатні задовольнити специфічні вимоги застосування, в тому числі в залежності від швидкості збору даних і типів датчиків (табл. 1.1) [4].

Таблиця 1.1 – Лінійка продуктів ADAM фірми Advantech

Тип	Призначення
ADAM-3011	Нормалізатор сигналів термопар з ізоляцією
ADAM-3013	Нормалізатор сигналів термометрів опору
ADAM-3014	Гальванорозв'язаний нормалізатор аналогових сигналів
ADAM-3016	Нормалізатор сигналу тензодатчика

1.4 Гальванічна розв'язка

Гальванічна розв'язка широко використовується в техніці. Вона дозволяє забезпечити захист по живленню, входи або виходи електронної апаратури від дії джерел електричного струму при аварійних ситуаціях [4].

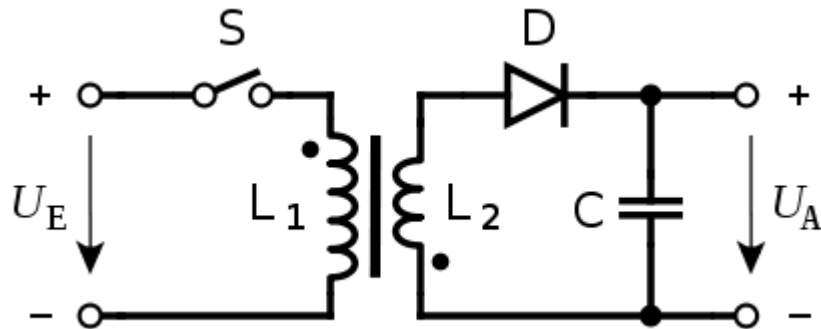


Рисунок 1.7 – Перетворювачі DC/DC з повною гальванічною розв'язкою

Перетворювачі DC/DC (постійного струму в постійний струм) вважаються гальванічно розв'язаними, якщо між входом і виходом немає електричного зв'язку.

Суть роботи таких пристроїв полягає в перетворенні вхідної постійної напруги в змінну і її передачу через трансформатор, на вихідний випрямляч і стабілізатор напруги. При цьому передача енергії здійснюється тільки через магнітне поле трансформатора.

Тому, щоб не відбувалося на вході пристрою (аварійне підвищення напруги, відмова елементів схеми і т.п.), на виході це може, у гіршому разі, відбитися лише, як зникнення або пониження напруги. І навпаки, небезпечні потенціали у вихідних ланцюгах, не можуть викликати відмову вхідних ланцюгів.

Особливе значення має гальванічна розв'язка в забезпеченні електробезпеки в побуті і на виробництві. Вона дозволяє уникнути

проходження фазного потенціалу мережі на землю через тіло людини, у разі несправності електроустановки.

Живлення електронних пристроїв через розв'язуючий конвертор убезпечить їх від виходу з ладу, у разі перевищення напруги у комп'ютерній мережі.

Такі ситуації можуть бути викликані, наприклад, відмовою регулятора напруги, відключенням однієї з фаз напруги тощо.

Без використання розв'язки граничний струм, що протікає між ланцюгами, обмежений тільки електричними опорами, які зазвичай відносно малі. В результаті можливе протікання струмів вирівнювання та інших струмів, здатних пошкоджувати компоненти ланцюга або вражати людей, торкаючись до обладнання, що має електричний контакт з ланцюгом.

В якості такого приладу може використовуватись трансформатор або оптрон. В обох випадках ланцюга виявляються електрично розділеними, але між ними можлива передача енергії або сигналів.

Гальванічна розв'язка – принцип ізоляції діючих частин електричних систем для запобігання протіканню між ними електричного струму. Інформація в такому випадку передається за допомогою оптрона [5].

Гальванічна розв'язка використовується, коли два або більше електричних кола повинні обмінюватися інформацією, але їхні «землі» можуть бути під різними потенціалами.

Це є ефективним методом боротьби з небажаними паразитними сигналами, які проникають через спільні ділянки «земляного» провідника. Гальванічна розв'язка використовується також для безпеки, запобігаючи враженню електричним струмом.

Одним із методів гальванічної розв'язки джерела живлення є, наприклад, використання мікросхеми MAX253, а стабілізатора напруги – на базі MC78L05 фірми Motorola.

Стабілізатор напруги видає значення напруги +5В і живить канал вихідної частини блоку.

На рисунку 1.7 наведена реалізація гальванічної розв'язки джерела живлення зі стабілізатором напруги [7].

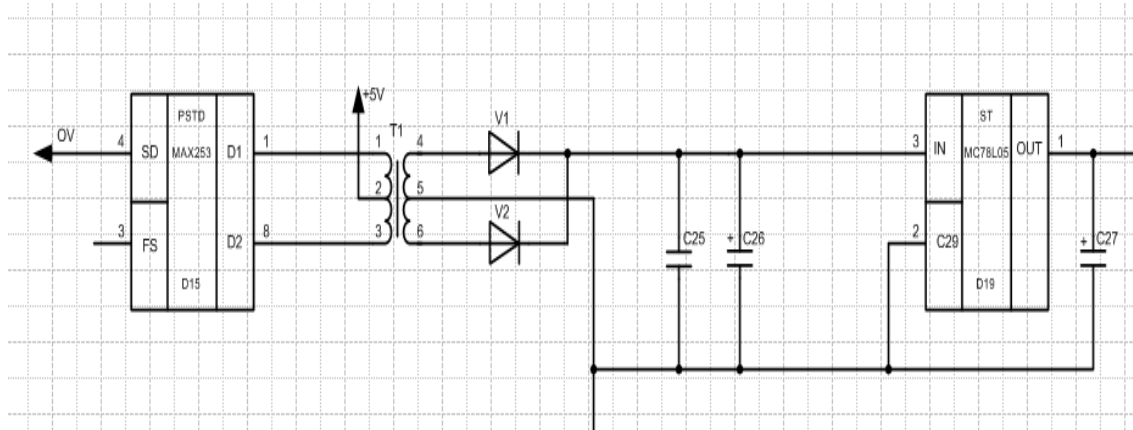


Рисунок 1.7 – Реалізація гальванічної розв'язки джерела живлення зі стабілізатором напруги

Передача інформації в лінію здійснюється через оптрони.

На рис. 1.8 наведена апаратна реалізація каналу передачі через оптрон 5П18 [7].

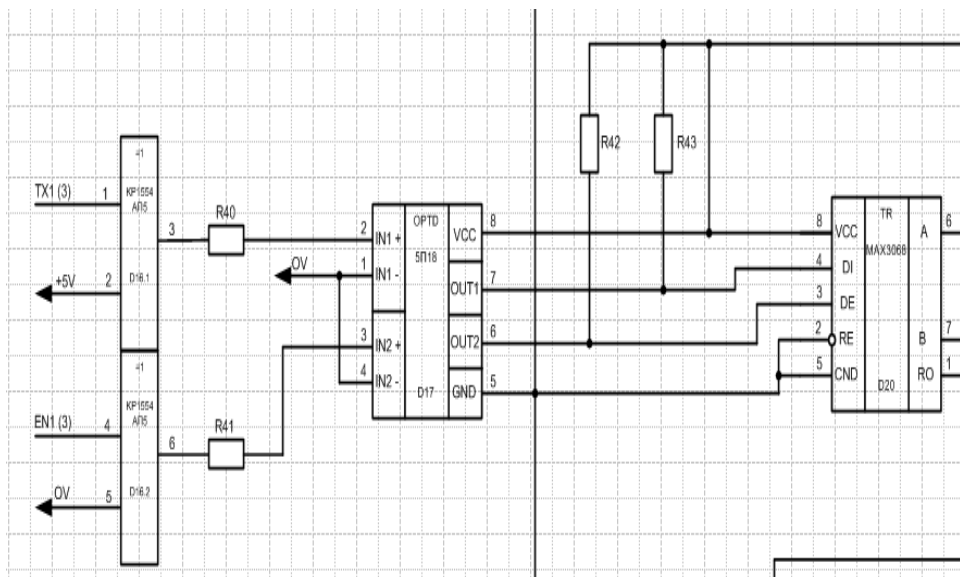


Рисунок 1.8 – Апаратна реалізація каналу передачі інформації через оптрон

5П18

Прийом інформації від датчиків здійснюється також через оптрони. На рис. 1.20 наведена апаратна реалізація одного каналу прийому через оптрон 5П18 (рис. 1.9) [7].

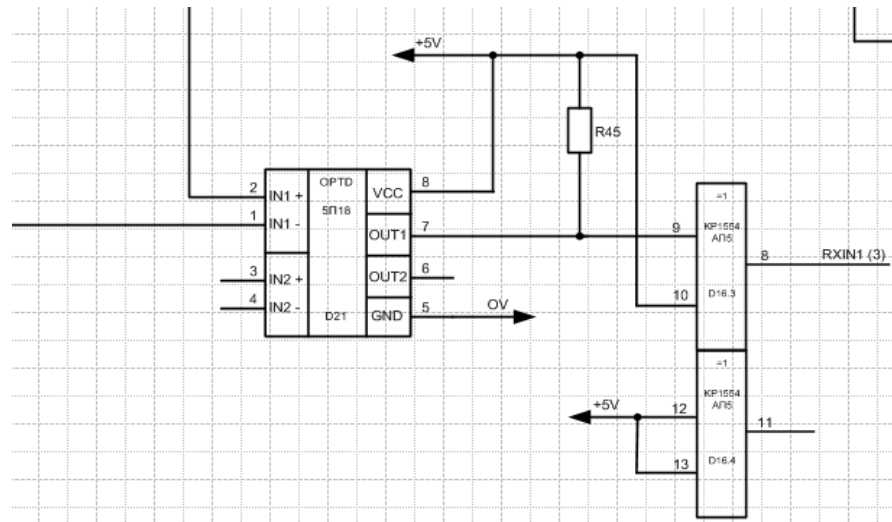


Рисунок 1.9 – Апаратна реалізація каналу прийому інформації через оптрон

1.5 Постановка задачі розроблення

Для виконання поставленої задачі у дипломному проекті необхідно розробити нормалізатор дискретних сигналів з наступними технічними характеристиками:

- кількість каналів введення дискретних сигналів частотою 50Гц – 16;
- вхідна напруга логічного «0» (немає напруги на вході) - не більше 40 V;
- вхідна напруга логічної «1» (є напруга на вході) - від 164 до 253 В;
- вхідний струм каналу не менше 10 мА при вхідній напрузі 164 В;
- діапазон вимірювання частоти вхідного сигналу від 45 до 55 Гц.
- час реакції нормалізатора – не більше 180 мс;
- періодичність видачі нових даних на частоті 50 Гц не більше 60 мс.

1.6 Висновки до розділу 1

У першому розділі дипломного проекту проведено огляд побудови модулів вводу-виводу, які характеризуються усталеним набором вимог до їх функціонування і основними технічними параметрами,

Розглянуто етапи та апаратні засоби перетворення дискретного сигналу у цифровий код. Визначено важливість використання гальванічної розв'язки як ефективного методу захисту з небажаними паразитними впливами та сигналами.

Здійснена постановка задачі на розроблення нормалізатора дискретних сигналів, напрямками їх подальшого удосконалення та підвищення надійності

1.7 Перелік джерел посилань до розділу 1

1. Устройства ввода-вывода. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.bookasutp.ru/Chapter6_3.aspx (дата звернення: 9. 05. 2020).

2. Дискретні та безперервні сигнали. [Електронний ресурс]. Режим доступу https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp%27yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t2/13.htm (дата звернення: 9. 05. 2020).

3. Загальні підходи до оброблення інформації. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://kivra.kpi.ua/wp-content/uploads/file/discipline/AOTI/AOTI_1.pdf (дата звернення: 9. 05. 2020).

4. Гальванічна розв'язка ліній передач інтерфейсу. [Електронний ресурс]. Режим доступу <http://ua.nauchebe.net/2014/09/galvanichna-rozvyazka-linij-peredach-interfejsu/> (дата звернення: 9. 05. 2020).

5. Модуль дискретного вводу 8-ми каналів и вивода 8-ми каналів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_fly

page.tpl&product_id=216&category_id=64&option=com_virtuemart&Itemid=71
(дата звернення: 24. 05. 2020).

6. Засоби автоматизації технологічних процесів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/avp/metod/T3A%20Курсова%20робота.pdf> (дата звернення: 17. 05. 2020).

7. Рязанцев О.І., Кардашук В.С. Застосування програмованих логічних інтегральних схем в інтерфейсній частині багатоканальних блоків вводу-виводу. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – Луцьк: ЛНТУ, 2012. – № 8. – С. 93– 97.

2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

2.1 Структура модуля вводу дискретних сигналів

У системах автоматизації дуже поширені виконавчі сигнали, які надходять від кінцевих вимикачів, датчиків охоронної або пожежної сигналізації, датчиків заповнення ємностей, датчиків збігання стрічки на конвеєрі, датчиків наближення тощо. Такі сигнали не зовсім правильно називаються "дискретними", але цей термін міцно увійшов в практику.

Модулі введення дискретних сигналів в промислової автоматизації мають кілька різних типів входів [1]:

- вхід типу "сухий контакт";
- дискретний вхід для логічних сигналів у формі напруги;
- вхід дискретних сигналів 110 ... 220 В.

"Сухим" контактом в системах автоматизації називають джерело інформації, що не має вбудованого джерела енергії, наприклад, контакти реле або дискретні виходи типу "відритий колектор". Для передачі інформації про стан такого контакту необхідний зовнішнє джерело струму або напруги.

Мікроконтролер модуля введення виконує періодичне сканування входів або за запитом ПЛК. Мікроконтролер виконує також усунення ефекту "брязкоту" "сухих" контактів. Команди опитування входів, встановлення адреси, швидкості обміну, формату даних і ін. Надсилаються в модуль через послідовні інтерфейси, зазвичай, RS-485 або радіально послідовний (ІРПС).

Структура модуля вводу дискретних сигналів представлена на рис. 2.1 [2].

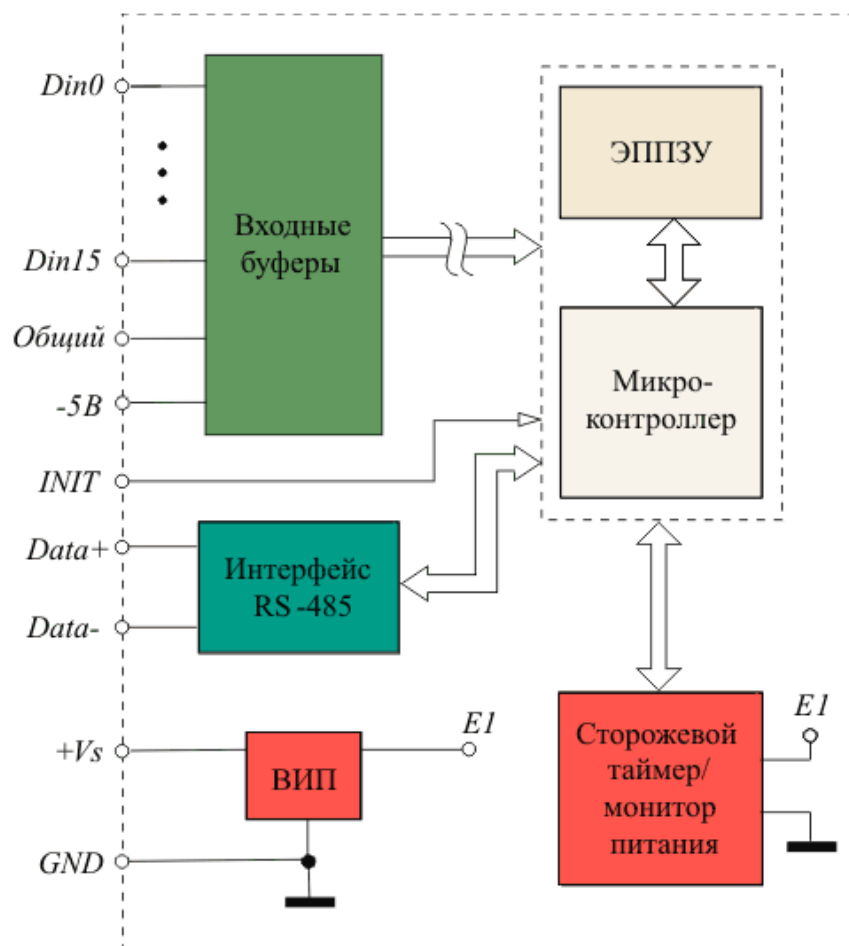


Рисунок 2.1 – Структура модуля для ввода дискретных сигналів

Мікроконтролер модуля введення виконує періодичне сканування входів або за запитом ПЛК. Мікроконтролер виконує також усунення ефекту "брязкоту" "сухих" контактів. Команди опитування входів, встановлення адреси, швидкості обміну, формату даних і ін. Надсилаються в модуль через послідовний інтерфейс, зазвичай RS-485.

Для правильного застосування модулів дискретного вводу необхідно обрати структуру і характеристики входних каскадів (рис. 2.2, рис. 2.3).

Дискретні входи гальванічно розв'язані від іншої частини модуля введення. Розв'язка виконується, як правило, за допомогою оптронів з двома випромінюють діодами, включеними зустрічно. Це забезпечує можливість підключення до входів дискретних сигналів будь-якої полярності [4].

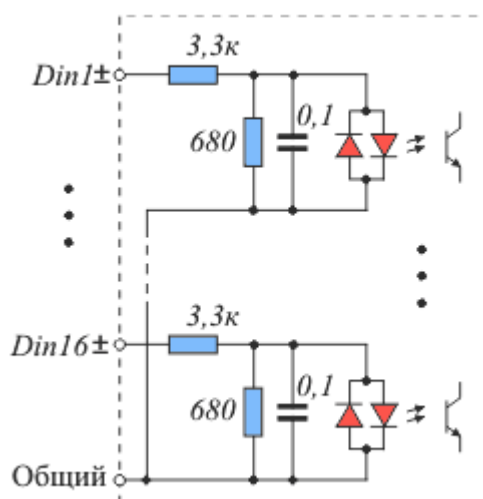


Рисунок 2.2 – Структурна схема вхідних каскадів каналів дискретного вводу

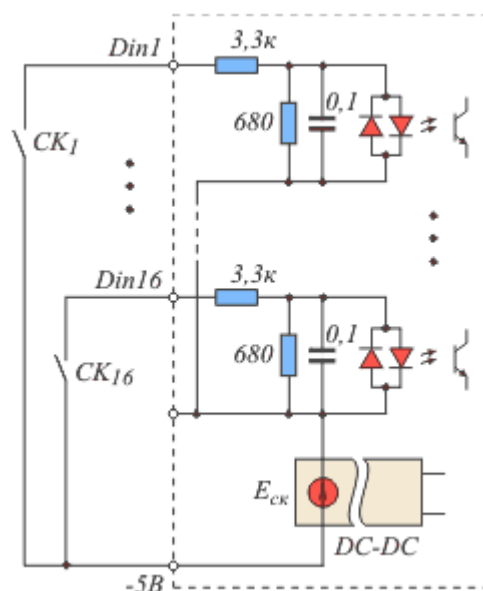


Рисунок 2.3 – Структурна схема вхідних каскадів для джерел типу «сухий контакт»

Гальванічна ізоляція може бути поканальною або груповою. Найчастіше використовується групова ізоляція, оскільки при цьому майже вдвічі зменшується кількість вхідних клем модуля.

Конденсатор використовується у вхідних каскадах модулів для фільтрації високочастотних перешкод. Значення граничної частоти вибирається в результаті компромісу між швидкістю модуля і можливістю помилкового спрацьовування при впливі високочастотних перешкод. Типове значення граничної частоти і швидкості опитування входів лежить в районі 1 кГц. Для збільшення завадостійкості використовують також тригери Шмідта на виході сигналів оптронів.

Рівень логічної одиниці дискретних сигналів становить зазвичай від 3В до 30В, рівень логічного нуля - від 0 до 2 В.

Для введення сигналів від джерел типу "сухий контакт" використовують джерело напруги, як показано на рис. 2.3.

Аналогічно підключають дискретні виходи типу "відкритий колектор".

Джерело може бути як вбудованим в модуль дискретного вводу, як, наприклад, в модулях NL-16DI фірми RealLab!), так і зовнішнім.

Введення високої постійної напруги виконується за схемою рис. 2.2, однак для зниження потужності, що розсіюється на опорі, використовують оптрони з малим керуючим струмом і опір з більшим опором і великою пробивною напругою.

2.2 Введення дискретних сигналів 220 В

Введення сигналів високої (220В) змінної напруги частотою 50 Гц здійснюється аналогічно розглянутому вище рішення, однак замість опору, що задає струм для включення оптрона, використовують конденсатор, щоб знизити активну потужність розсіювання (рис. 2.4).

Опір номіналом 750 кОм на рис. 2.4 служить для розряду конденсатора при відключених входах, що є стандартною вимогою електробезпеки [4].

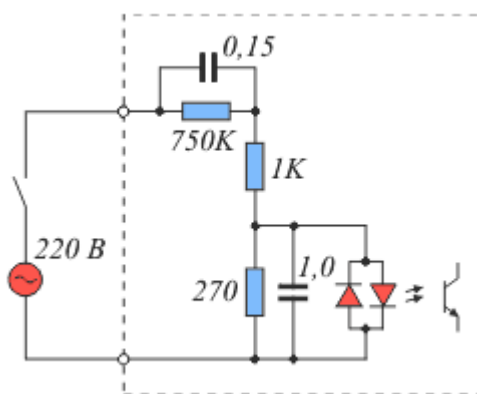


Рисунок 2.4 – Структурна схема вхідних каскадів для введення дискретних сигналів 220 В

Опір номіналом 1 кОм обмежує кидок струму у момент комутації входу, призначення інших елементів - таке ж, як в ланцюзі на рис. 2.2, рис. 2.3.

Каскади для введення високої напруги можуть бути із загальним проводом або незалежні.

Для відображення стану дискретних входів (включено/вимкнено) використовують світлодіоди, які включають або до оптрона, або після нього.

2.3 Введення частоти, періоду і рахунок імпульсів

Функції лічильника, частотоміра і вимірювача періоду проходження імпульсів зазвичай поєднуються в одному і тому ж модулі введення. Такі модулі можуть бути використані для вирішення наступних завдань [3]:

- вимір швидкості обертання валу двигуна з метою її стабілізації або зміни по заданому закону;
- підрахунок кількості продукції на конвеєрі;
- вимірювання частоти періодичного сигналу;

- робота з датчиками, що мають імпульсний вихід (наприклад, енкодери - датчики кута повороту, електролічильники або анемометри);
- автоматичне дозування лічильної продукції;
- підрахунок руху продукції на складі.

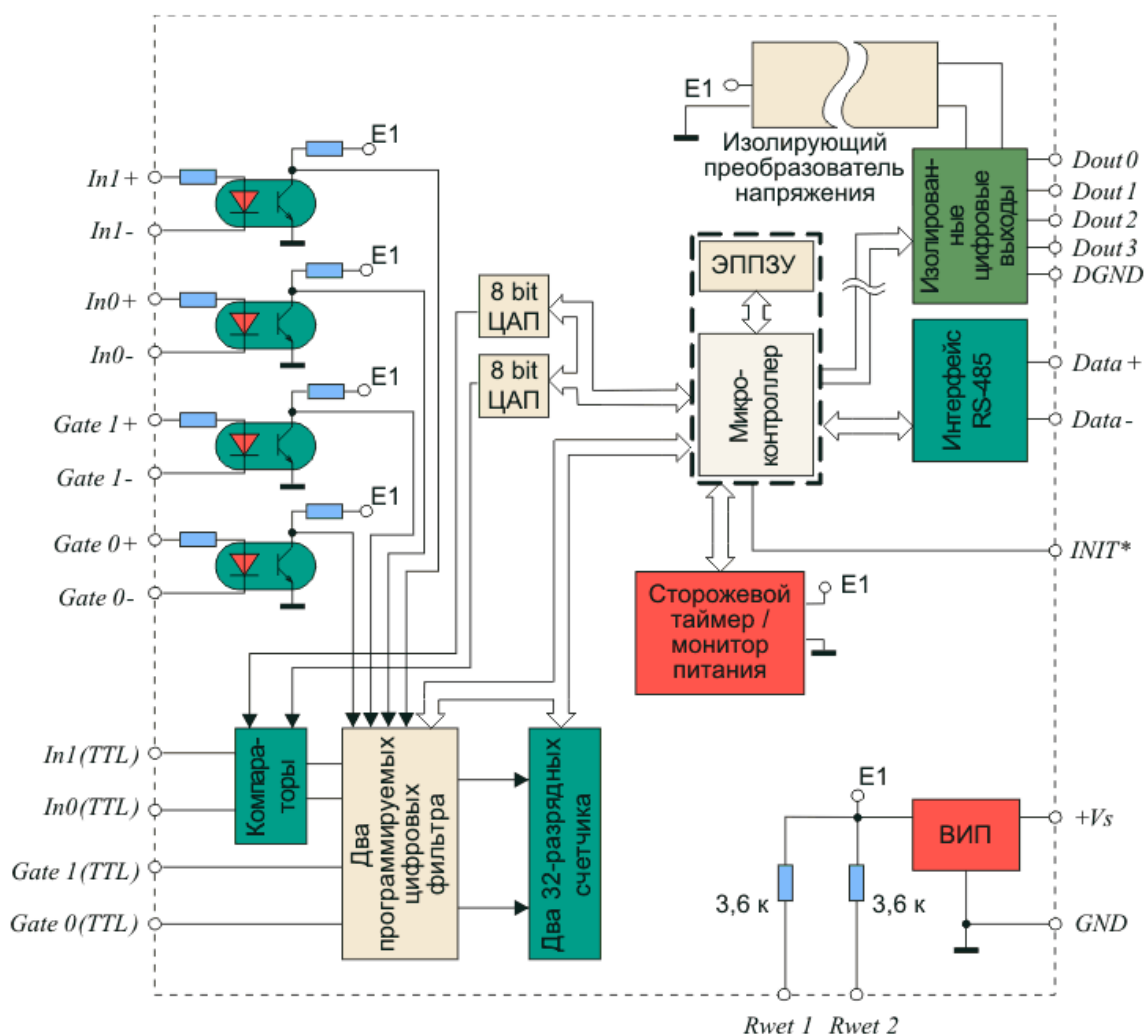


Рисунок 2.5 – Структурна схема модуля вводу частотних сигналів

Структуру типового модуля введення розглянемо на прикладі лічильника-частотоміра NL-2С фірми RealLab, що містить два 32-розрядних лічильника-частотоміра. Кожен лічильник має ізольовані і неізольовані входи. Ізольовані входи виконані за допомогою оптрона і є пасивними з боку джерела сигналу. Неізольовані входи мають програмно регульовані

рівні логічного нуля і одиниці. Це дозволяє зменшити ймовірність помилкового спрацьовування модуля в умовах перешкод. Для регулювання рівнів використані два 8-розрядних потенціометра. Для придушення перешкод служить також цифровий фільтр з параметрами налаштування, виконаний на МК, що входить до складу модуля.

На рис. 2.5 використані наступні позначення:

- Gate – входи дозволу рахунку;
- In – рахункові входи з програмованими логічними рівнями; - дискретні виходи;
- INIT * – контакт для виконання початкових установок модуля;
- Data +, Data- – контакти інтерфейсу RS-485.

Для розширення функціональних можливостей кожен рахунковий вхід модуля має вхід дозволу рахунку (Gate) і джерело струму для харчування "сухих" контактів. Модуль має також чотири ізольованих дискретних виходу із загальною "землею".

МК виконує:

- команди, що посилаються з керуючого комп'ютера;
- алгоритм цифрової фільтрації;
- підрахунок кількості імпульсів;
- протокол обміну через інтерфейс ІРПС.

До складу модуля входить сторожовий таймер, що виробляє сигнал скидання, якщо МК перестає виробляти сигнал "ОК" (це періодичний сигнал, який підтверджує, що мікроконтролер не «завис»). Другий сторожовий таймер всередині мікроконтролера переводить виходи модуля в безпечні стану ("Safe Value"), якщо з керуючого комп'ютера перестає приходити сигнал "Host OK".

Схема живлення містить вторинне імпульсне джерело живлення, що надходить ззовні напругою в діапазоні від +10 до + 30В в напругу +5 В для живлення електричного кола всередині модуля. Модуль містить також

ізолюючий перетворювач напруги для живлення каскадів виведення дискретних сигналів.

Зовнішні керуючі команди надсилаються в модуль через порт RS-485.

2.4 Застосування радіально-последовного інтерфейсу

На різних етапах створення блоків систем на базі МК та ПК пристроїв автоматизації виконання вимірювальних, експериментальних, керувальних процесів керування розроблялись інтерфейси для задоволення їх потреб.

Напрямами вдосконалення інтерфейсів крім надійності та завадозахищеності є швидкість обміну, дальність зв'язку, можливість керування більшою кількістю пристроїв, зменшення ліній зв'язку та енергоспоживання. Серед існуючих перспективних інтерфейсів провідного (такого, який здійснюється через металеві провідники) зв'язку можна виділити сукупність інтерфейсів, які здійснюють зв'язок типу «Точка-Точка» і багатоточкові інтерфейси.

Інтерфейси типу «Точка-Точка» здійснюють зв'язок в кожний момент часу тільки між двома сторонами – Передавачем та Приймачем, хоча ролі сторін можуть змінюватись. До таких інтерфейсів належать інтерфейси ІРПС, RS-232, SpaceWire.

Багатоточкові інтерфейси можуть встановлювати зв'язок одночасно з багатьма Передавачами та Приймачами. Природно, при цьому можуть виникати конфлікти (колізії) в лініях зв'язку. Інтерфейси побудовані так, щоб колізії можна було виправити протоколом на каналному рівні (модель OSI).

В свою чергу багатоточкові інтерфейси поділяються на такі, що працюють в режимі «Один передавач – декілька Приймачів» та такі, що з'єднують одразу декілька Передавачів і декілька Приймачів. До перших відносяться інтерфейси RS-422 та RS-423, до других - RS-485, CAN, GPIB, SMBus, SPI.

Інтерфейси з часом вдосконалюються, деякі відмирають, тому існує чимала кількість модифікацій вказаних інтерфейсів, проте принципово вони схожі на ті, які вказані в таблиці 2.2 [4].

Таблиця 2.2 – Інтерфейси передачі даних

Класифікаційна ознака	Назва	Швидкість кбит/с	Дальність, м	Область використання
Точка-Точка	ІРПР	До 115,2	До 15	Принтер, дисплей, плотер і т.п.
	ІРПС	До 33,6	До 500	Телетайп, принтер і т.п.
	RS-232	До 115,2	До 20	Модем, контролер і т.п.
	SpaceWire	До 400000,0	До 10	Космічні апарати
Багатоточкові	RS-422	До 10000	До 12	Автоматика
	RS-423	До 100	До 1200	Автоматика
	RS-485	До 5000	До 1200	Автоматика
	CAN	До 10/1000	До 5000/25	Автомобілі, автоматика
	GPIB	До 500/8000	До 20/1,0	Вимірювальні прилади
	SMBus	До 3400	Обмежується ємністю лінії 400 пФ	Мікроконтролерні пристрої.
	SPI	До 10000	Обмежується ємністю ліній зв'язку	Мікроконтролерні пристрої.

Інтерфейс для передачі інформації між пристроями з радіально-послідовним зв'язком (ІРПС) також призначений для реалізації з'єднання пристроїв загального призначення до ПК або контролера.

Інтерфейс забезпечує асинхронну передачу постійним струмом (струмова петля) по 4-проводному дуплексного зв'язку. З'єднані кінцеві пристрої мають гальванічне розділення, здійснене з боку ланки взаємозв'язку, яка не живиться струмом.

Номінальне значення ізоляційної напруги гальванічного поділу - 500В. Максимальна довжина фронтів сигналів в кінці лінії, навантаженої на характеристичний опір, не перевищує 50 мкс.

Лінії взаємозв'язку забезпечують передачу сигналів зі швидкістю 9600 біт/с на відстань від 0 до 500 м.

При передачі на великі відстані пропорційно знижується швидкість передачі. Крутизна фронтів сигналу, заміряних на вихідних затискачах передавача, навантаженого опором 100 Ом, повинна бути не більше 1 мкс (рис. 2.6) [2].

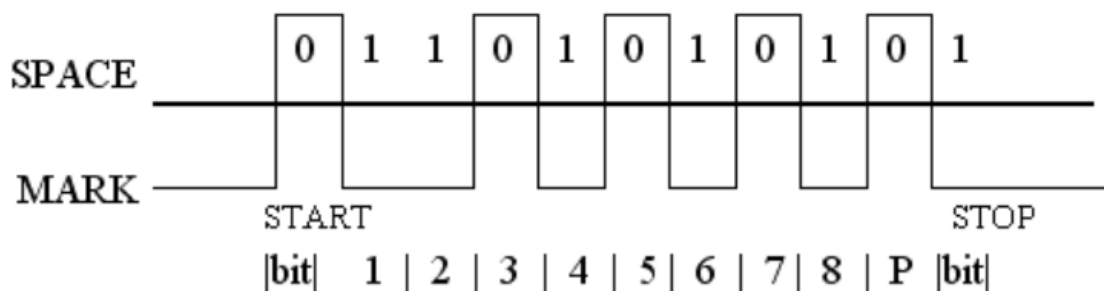


Рисунок 2.6 – Формат даних ІРПС

Рівні лог. 1 та лог. 0 відповідають при струмовій петлі 40 мА:

- MARK (лог. 1) від 30 до 50 мА;
- SPACE (лог. 0) від 0 до 5 мА;

при струмовій петлі 20 мА:

- MARK (лог. 1) від 15 до 25 мА;
- SPACE (лог. 0) від 0 до 3 мА.

Схема джерела сигнального струму виконується так, щоб відключення навантаження або коротке замикання обох вихідних затискачів або одного з них на землю не приводили до її пошкодження. Будь-яке вмикання на приймальній стороні виконується так, щоб при тривалому навантаженні максимально допустимим струмом воно не призводило до пошкодження приймача.

Що стосується фізичної реалізації, то падіння напруги, що вимірюється на вхідних затисках приймача, в стані "1" на лінії зв'язку – не більше 5 В.

Вхідна ємність - менше 10 пф. Приймач працює незалежно від крутизни фронтів у діапазоні до 50 мкс.

Поле використання інтерфейсів ІРПР та ІРПС останнім часом значно звужене. Це викликано зменшенням кількості існуючих пристроїв, для яких вони були створені. Тим не менше їх застосування у передачі інформації в системах з гальванічною розв'язкою завдяки високій надійності та завадостійкості до перешкод у важких умовах експлуатації

Кожне коло струмової петлі реалізоване так, що електроживлення при активному режимі роботи передавача забезпечується передавачем.

Напруга на вихідних затискачах активних кіл у цьому випадку не більше 25 В.

Спад напруги, виміряне на контактах приймача в стані лог. 1 у колі, повинно бути не менше 2,5 В.

Довжина інтерфейсного кабелю при швидкості передачі 9600 біт/с не перевищує 500 м. При більшій довжині кабелю швидкість передавання потрібно зменшити.

2.5 Висновки до розділу 2

У другому розділі дипломного проекту проведено вибір та обґрунтування елементної бази розроблення.

Мікроконтролер модуля введення виконує періодичне сканування входів або за запитом ПЛК. Дискретні входи гальванічно розв'язані від іншої частини модуля введення. Розв'язка виконується, як правило, за допомогою оптронів з двома діодами включеними зустрічно. Це забезпечує можливість підключення до входів дискретних сигналів будь-якої полярності.

Для передачі інформації від мікроконтролера до ПЛК використано інтерфейс ІРПС, який забезпечує асинхронну передачу постійним струмом (струмова петля) по 4-проводному дуплексного зв'язку. З'єднані кінцеві

пристрої мають гальванічне розділення, здійснене з боку ланки взаємозв'язку, яка не живиться струмом.

Номінальне значення ізоляційної напруги гальванічного поділу - 500В. Максимальна довжина фронтів сигналів в кінці лінії, навантаженої на характеристичний опір, не перевищує 50 мкс.

2.6 Перелік джерел посилань до розділу 2

1. Аналоговые полевые интерфейсы: токовая петля 4-20 мА – от простого к сложному. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.compel.ru/lib/97023> (дата звернення: 18. 05. 2020).

2. Давачі. Навчальний посібник 2-ге видання доповнене. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.svaltera.ua/upload/catalogs/davachi_2013.pdf (дата звернення: 19. 05. 2020).

3. Гальванічна розв'язка ліній передач інтерфейсу. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ua.nauchebe.net/2014/09/galvanichna-rozvyazka-linij-peredach-interfejsu/> (дата звернення: 24. 05. 2020).

4. Ввод дискретных сигналов. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.bookasutp.ru/Chapter6_3_7.aspx (дата звернення: 24. 05. 2020).

3 АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ НОРМАЛІЗАТОРА ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ

3.1 Робота нормалізатора

Структурна схема нормалізатора наведена у додатку Б.

Схема електрична принципова нормалізатора наведена у додатку В

Перелік елементів нормалізатора наведено у додатку Д.

Робота нормалізатора здійснюється під керуванням програми мікроконтролера D1. Робота мікроконтролера тактується зовнішнім генератором, що працює на частоті 20 МГц.

Електроживлення нормалізатора здійснюється від двох джерел живлення контролера напругою постійного струму від 20 до 28 В. Напруга від двох джерел через захисні діоди V1, V2 і термістори R4, R5 надходять на вхід перетворювача напруги D2, який служить для перетворення вхідної напруги в напругу 3,3 В для живлення МК і логічної частини нормалізатора.

Потенційні сигнали надходять на схему нормалізаторів U1-U16, де здійснюється перетворення вхідного сигналу (~ 220 В) в логічний сигнал. Оптрони 1V2-16V2 і 1V3-4V3 реалізують гальванічну розв'язку вхідних каналів один від одного і від ланцюгів електричного живлення +3,3 В. Обмежувачі напруги 1V1-16V1 забезпечують максимальний рівень напруги 12 В частотою 50 Гц у вхідних ланцюгах нормалізаторів.

Термістори 1R1-16R1 призначені для захисту нормалізаторів від перевантаження по струму.

Резистори 1R4-16R4 і 1R5-4R5 обмежують струм через вхідні діоди оптопар.

Конденсатори 1C1-16C1 спільно з термісторами 1R1-16R1 визначають рівні спрацьовування оптопар.

Резистори 1R8-4R8, 1R10-4R10, 5R6-16R6 обмежують струм через транзистори оптронів.

Резистори 1R9-4R9, 1R11-4R11, 5R7-16R7 і конденсатори 1C2-16C2, 1C3-4C3 призначені для захисту портів мікроконтролера D1 від перешкод.

З виходів нормалізаторів U1-U16 сигнали надходять на тригери Шмітта D3-D6, які призначені для підвищення завадостійкості вхідних каналів.

Вузол зв'язку з контролером побудований на базі мікросхем D12-D14, який здійснюється по одній лінії зв'язку, що працює і на прийом і на передачу.

У початковому стані лінія зв'язку налаштована на прийом запитів від контролера. Після отримання запиту МК налаштовує лінію зв'язку на передачу з метою видачі відповіді в контролера, після закінчення видачі відповіді лінія перетворюється на стан прийому.

Для переводу лінії в стан прийому/передачі вхід OE (Output Enable) мікросхеми D13 встановлюється в стан логічної "1"/логічного "0". Резистори R27-R35 служать для узгодження ліній зв'язку.

Вузол прийому сигналів кількості контролерів, що керує нормалізатором, складається з опорів R36-R39. Кількість керівників контролерів (один або три) визначається двома сигналами дублювання (1NKMP, 2NKMP), які надходять на порти мікроконтролера.

Якщо напруги сигналів 1NKMP, 2NKMP відповідають логічному "0", то встановлюється режим роботи з одним контролером. Якщо напруги сигналів 1NKMP, 2NKMP відповідають логічної "1", то встановлюється режим роботи з трьома КМП.

Якщо логічні стани сигналів 1NKMP, 2NKMP не збігаються, то встановлюється помилка визначення кількості КМП

(ERNKMP = 1).

Індикатор РОБОТА/ВІДМОВА відображає стан працездатності нормалізатора.

Управління індикатором здійснюється МК D1 за допомогою мікросхем D9.1, D9.2 і резисторів R8-R10. Після включення живлення вихід

порту мікроконтролера, керуючого індикатором, знаходиться в третьому стані, при цьому червоний колір світіння індикатора забезпечується резистором R8. Резистори R9, R10 служать для обмеження струму через індикатор.

Індикатори H1-H16, що мають маркування «1» - «16», відображають наявність напруги на входах каналів. Відсутність світіння індикаторів відповідає логічному «0» на вході каналу, світіння зеленого кольору відповідає логічній «1».

Управління індикаторами здійснюється з виходів тригерів Шмітта D9-D11. Резистори R11-R26 служать для обмеження струму через індикатори.

Чотири нормалізатора U1-U4 забезпечують гальванічну розв'язку вхідних каналів один від одного і від ланцюгів управління, перетворення вхідних сигналів до рівнів логічних сигналів мікроконтролера, а також дозволяють проводити вимірювання частоти вхідних сигналів (рис. 3.1).

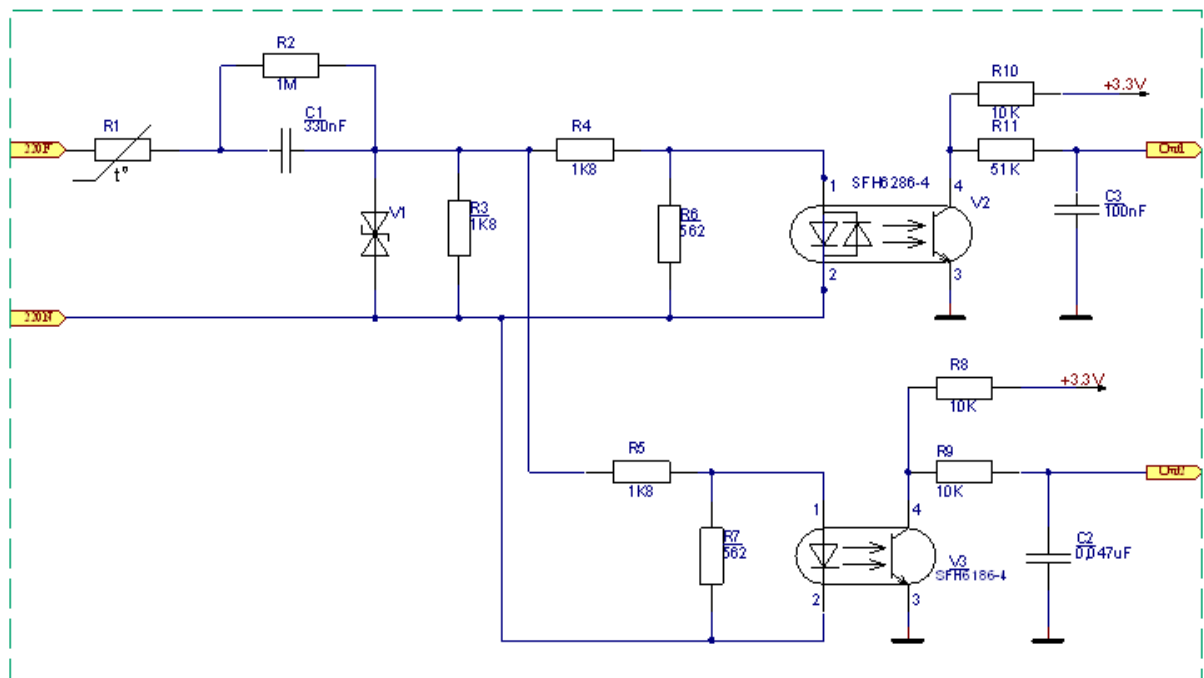


Рисунок 3.1 – Схема нормалізаторів U1-U4

12 нормалізаторів U5-U16 забезпечують гальванічну розв'язку вхідних каналів один від одного і від ланцюгів управління, а також перетворення вхідних сигналів до рівнів логічних сигналів мікроконтролера (рис. 3.2).

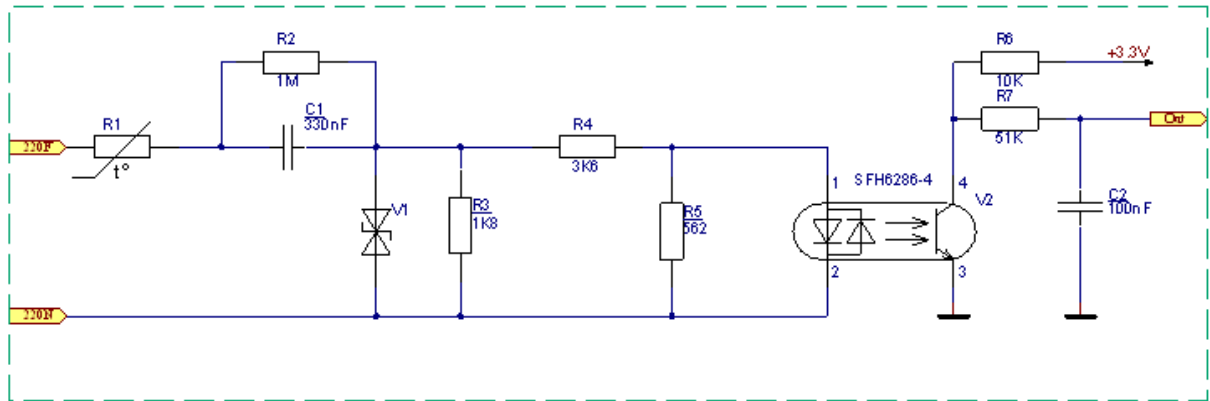


Рисунок 3.2 – Схема нормалізаторів U5-U16

Схема генератора забезпечує генерацію частоти 20 МГц для МК STM32F103 [1] (рис. 3.3).

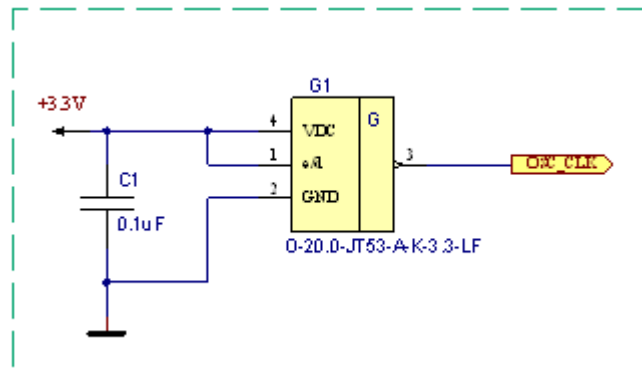


Рисунок 3.3 – Схема генератора U17

Робота пристрою починається з позначки частоти ≥ 45 Гц і закінчується на значенні >55 Гц.

Номінальна статична характеристика перетворення частоти вхідних сигналів каналів 1-4 відповідає формулі [4].

$$N_{\text{вих}} = \text{Ent} \left[\frac{(f_{\text{вх}} - f_0)}{h} + 0,5 \right], \quad (3.1)$$

де $N_{\text{вих}}$ - вихідний код;

$\text{Ent} [\dots]$ - символ, що визначає цілу частину числа;

$f_{\text{вх}}$ - значення частоти вхідного сигналу, Гц;

$f_0 = 45 \text{ Hz}$;

h - ціна одиниці молодшого розряду $0,3125 \cdot 10^{-3} \text{ Hz}$.

Граф стану нормалізатора показує основні етапи його роботи (рис. 3.4).

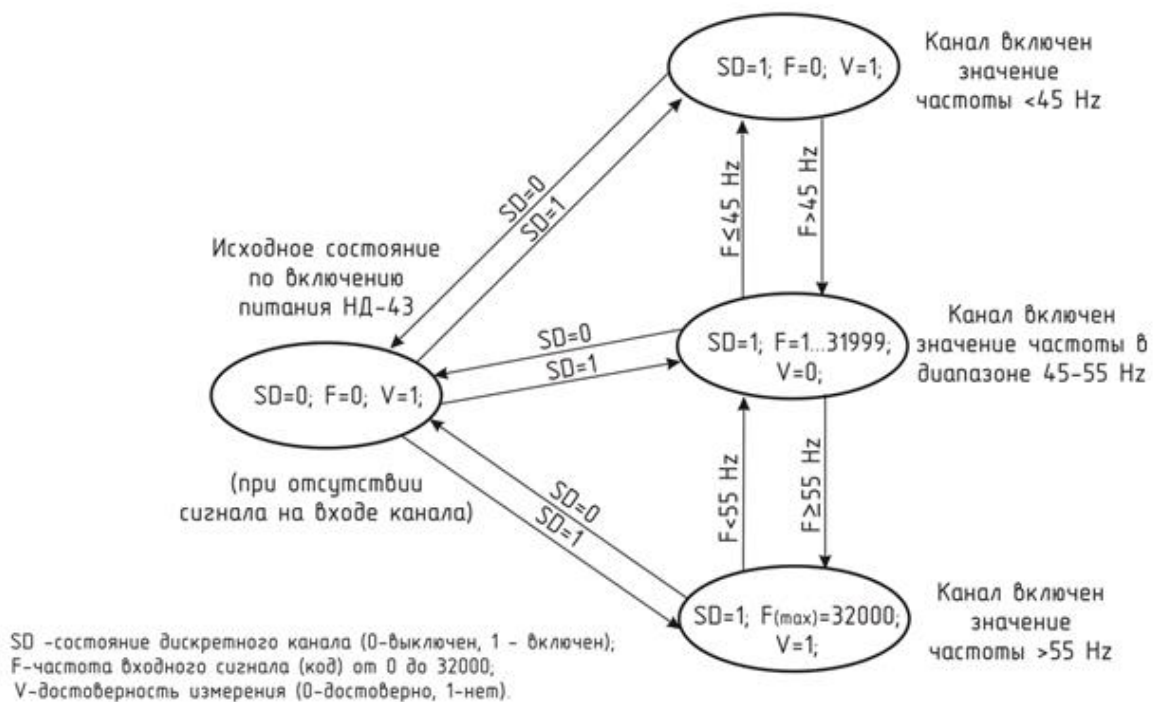


Рисунок 3.4 – Граф стану нормалізатора

Для вхідного сигналу частотою 50 Гц результат перетворення нормалізатором згідно (3.1) дорівнює $N_{\text{вих}} = 16000$.

Межа приведеної до частоти 50 Гц похибки перетворення частоти вхідного сигналу в код в робочих умовах експлуатації становить $\pm 4 \cdot 10^{-3}\%$.

Нормалізатор виставляє біт недостовірності вимірювання частоти вхідних сигналів 1-4 каналів. Якщо виміряна частота вхідного сигналу знаходиться не в діапазоні від 45 до 55 Hz, то у відповіді контролера буде виставлений біт $V_j = 1$, де j - номер каналу, для якого проводилося вимірювання. Біт V_j скинеться ($V_j = 0$), коли виміряна частота у відповідному каналі буде перебувати в діапазоні від 45 до 55 Hz.

3.2 Інформаційний обмін з контролером по ІРПС

Інформаційний обмін між нормалізатором та контролером відбувається по ІРПС (струмова петля).

Нормалізатор пов'язаний з контролером однієї персональної лінією зв'язку, по якій здійснюється прийом запиту та відповідь на нього.

Обмін нормалізатора з контролером здійснюється за ініціативою контролера. Нормалізатор відповідає тільки на безпомилково прийняті запити з передачею зафіксованих помилок попередніх запитів.

Кількість байтів в кадрі запиту - п'ять, кількість байтів в кадрі відповіді - 20.

Тип модуля нормалізатора на інтерфейсі ІРПС має адресу 0Bh.

Мінімальний час між зверненнями від КМП - 5 мс.

Механізм передачі байта - асинхронний, старт-стопний.

Швидкість обміну - 921600 біт/с. Формат переданих байтів - стартовий біт, вісім інформаційних бітів (передаються молодшими бітами вперед), один стоповий біт.

Нормалізатор проводить контроль байтів запиту по кожному напрямку ІРПС [4, 5].

(I - номер напрямку) на відповідність:

- прийнятому типу модуля з встановленням помилки $iER1$. $iER1 = 1/0$ у разі невірно / вірно прийнятого коду типу модуля (0Bh);

- довжині кадру запиту з встановленням помилки $iER2$. $iER2 = 1/0$ при невірній / вірною довжині кадру запиту;

- контрольної сумі з встановленням помилки $iER3$. $iER3 = 1/0$ при невірній / вірною контрольної сумі кадру запиту.

Формати кадрів запиту і відповіді наведені в таблицях 3.1 і 3.2 відповідно.

Таблиця 3.1 – Формат кадру запиту

№ байту у кадрі	Призначення бітів							
	7 старший	6	5	4	3	2	1	0 молодший
1	ТМО (0Bh)							
2	URAB	Резерв=0						
3	Резерв=0							
4	CRC16 контрольна сума кадру запиту (старша частина)							
5	CRC16 контрольна сума кадру запиту (молодша частина)							

Нормалізатор контролює час між двома запитами по кожному напрямку ІПІ-4 з встановленням помилки $iER4$. $iER4 = 1$ у разі закінчення тайм-ауту 150 мс між двома запитами або за відсутності безпомилкового запиту більше 150 мс.

Якщо хоча б від одного КМП прийнятий $URAB = 1$, то НД-43 переводить індикатор РОБ/ВІДМОВА в режим сигналізації непрацездатного стану (червоний колір світіння). Якщо від усіх трьох контролерів $URAB = 0$, то НД-43 управляє індикатором РОБ/ВІДМОВА згідно з результатами самодіагностики.

Нормалізатор по включенню живлення виконує функцію самодіагностики, контролюючи ПЗУ мікроконтролера, та періодично виконує контроль коду програми шляхом фрагментарного підрахунку і накопичення контрольної суми ПЗУ.

У відповідь на кожен безпомилковий запит нормалізатор видає кадр відповіді згідно з таблицею 3.2.

Таблиця 3.2 – Формат кадру відповіді

№ байту кадри	Призначення бітів								
	7	6	5	4	3	2	1	0	
1	TMO (0Bh)								
2	0	0	0	NKMP	0	0	0	0	
3	RAB	Резерв=0				ERNKMP	ERROM	0	
4	0	0	0	0	1ER4	1ER3	1ER2	1ER1	
5	0	0	0	0	2ER4	2ER3	2ER2	2ER1	
6	0	0	0	0	3ER4	3ER3	3ER2	3ER1	
7	Fh				Версія ПО МК модуля (від 0 до 15)				
8	SD8	SD7	SD6	SD5	SD4	SD3	SD2	SD1	
9	SD16	SD15	SD14	SD13	SD12	SD11	SD10	SD9	
10	Резерв=0				V4	V3	V2	V1	
11	F1 (молодша частина)								
12	F1 (старша частина)								
13	F2 (молодша частина)								
14	F2 (старша частина)								
15	F3 (молодша частина)								
16	F3 (старша частина)								
17	F4 (молодша частина)								
18	F4 (старша частина)								
19	Контрольна сума CRC16 кадру відповіді (старша частина)								
20	Контрольна сума CRC16 кадру відповіді (молодша частина)								

В кінці кожного переданого пакета запиту і відповіді формується 2-х байтова контрольна сума методом CRC16 з використанням полінома CCITT.

Результат контролю видається у відповідь на кожен запит від контролера. ERROM = 0/1 - контроль ПЗУ пройшов успішно/з помилкою.

Після включення живлення біти ERROM і RAB рівні одиниці, потім нормалізатор проводить самодіагностику, після закінчення якої стан бітів ERROM і RAB буде відповідати результату самодіагностики.

Нормалізатор здійснює контроль справності буферів зберігання результатів вимірювання частоти шляхом порівняння значень коду, що зберігаються в трьох різних буферах пам'яті.

При розбіжності всіх трьох значень коду, лічильник підрахунку несправностей оперативного пам'яті (далі - ОЗУ) проводить інкремент на одиницю. При досягненні лічильником значення більше 100, виставляється біт $ERROM = 1$ у відповіді від нормалізатора, який не скидається до виключення живлення. Як усередненого значення частоти приймається значення першого буфера. Лічильник підрахунку несправностей ОЗУ проводить декремент на одиницю один раз в 30 хвилин.

Нормалізатор постійно виконує контроль справності регістрів таймерів, які використовуються для вимірювання частоти. При цьому перевіряється здатність регістрів правильно записувати і зчитувати інформацію з пам'яті.

Контроль виконується кожен п'ятисотий період вхідного сигналу поточного каналу (10 с).

Якщо результат контролю виявляється негативним, то нормалізатор вважається непрацездатним ($RAB = 1$) і в кадрі відповіді встановлюється $ERROM = 1$.

3.3 Мікроконтролер STM32F103VCT6

STM32F103VCT6 – 32-розрядний сучасний високопродуктивний МК на базі ядра ARM Cortex-M3 фірми ST Microelectronics з характеристиками, що наведені у табл. 3.3 [1, 2, 3].

Функції високої продуктивності роблять мікроконтролер STM32F103xx у застосуваннях, що підходять для широкого спектру задач промислової автоматизації та інформаційних технологій [3].

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики МК STM32F103VCT6

Характеристика	Значення
Корпус	LQFP-100
Ядро	ARM Cortex-M3
Максимальна частота ядра	72 МГц
Об'єм пам'яті програм	256 кБайт
Тип пам'яті програм	Flash
Об'єм оперативної пам'яті	48 кБайт
Кількість входів / виходів	80
Інтерфейси	CAN, I ² C, IrDA, LIN, SPI, UART / USART, USB
Периферія	DMA, Motor Control PWM, PDR, POR, PVD, PWM, Temp Sensor, WDT
АЦП / ЦАП	A/D 16 x 12 розр., D/A 2 на 12 розр.
Напруга живлення	2...3,6 В
Робоча температура	– 40 ...+ 85 °С

Детально функції та застосування МК серії STM32F103xx описані в [1].

3.4 Висновки до розділу 3

У другому розділі дипломного проекту здійснено розроблення нормалізатора дискретних сигналів на базі мікроконтролера STM32F103VCT6 – 32-розрядного сучасного високопродуктивного пристрою на базі ядра ARM Cortex-M3 фірми ST Microelectronics.

Розроблений нормалізатор містить 16 дискретних каналів введення інформації та забезпечує вимір та зчитування частоти вхідного сигналу від 45 до 55 Гц.

З метою розроблення здійснено розроблення структури модуля, реалізацію ведення дискретних сигналів частотою 50 Гц, радіально-послідовного інтерфейсу [4,5].

Описана робота нормалізатора, визначені режими його роботи та інформаційний обмін з контролером.

3.5 Перелік джерел посилань до розділу 3

1. STM32F103VCT6 Datasheet. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/303659/STMICROELECTRONICS/STM32F103VCT6/1950/1/STM32F103VCT6.html> (дата звернення: 9. 05. 2020).

2. Микроконтроллеры STM32 «с нуля». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.compel.ru/lib/53954> (дата звернення: 21. 05. 2020).

3. ARM-микроконтроллеры STM32F. Быстрый старт с STM32-Discovery. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/128734/> (дата звернення: 14. 05. 2020).

4. Універсальні інтерфейси ІВС провідного зв'язку загального призначення. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://itcj.sethost.net/pdf/svp_3_1_12.pdf (дата звернення: 19. 05. 2020).

5. Интерфейс "токовая петля". [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.bookasutp.ru/Chapter2_4.aspx (дата звернення: 19. 05. 2020).

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні питання з охорони праці

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці.

В законі України «Про охорону праці» [1] визначається, що охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

При роботі з обчислювальною технікою змінюються фізичні і хімічні фактори навколишнього середовища: виникає статична електрика, електромагнітне випромінювання, змінюється температура і вологість, рівень вміст кисню і озону в повітрі. Неправильна організація робочого місця сприяє загальному і локальній напрузі м'язів шиї, тулуба, верхніх кінцівок, викривлення хребта і розвитку остеохондрозу. На всіх підприємствах, в установах, організаціях повинні створюватися безпечні і нешкідливі умови праці. Забезпечення цих умов покладається на власника або уповноважений ним. Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. Роботодавець повинен впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, які запобігають виробничому травматизмові, і забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань працівників. Він не має

права вимагати від працівника виконання роботи, поєднаної з явною небезпекою для життя, а також в умовах, що не відповідають законодавству про охорону праці. Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або людей, які його оточують, і навколишнього середовища.

Основним організаційним напрямом у здійсненні управління в сфері охорони праці є усвідомлення пріоритету безпеки праці і підвищення соціальної відповідальності держави і особистої відповідальності працівників.

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Відповідно до статті 3 Закону України «Про охорону праці» законодавство про охорону праці складається з Закону, Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" [2] та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів, норм міжнародного договору.

На законодавчому рівні визначено такі пріоритетні напрямки з безпеки праці:

- кожен працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених Законом, нормами і правилами вимог;
- напрямки реалізації конституційного права громадян на їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності:
- пріоритет життя і здоров'я працівників по відношенню до результатів виробничої діяльності підприємства;
- повна відповідальність роботодавця за створення належних – безпечних і здорових умов праці;

- соціальний захист працівників, повне відшкодування збитків особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- соціальний захист працівників, повне відшкодування збитків особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародної співпраці.

Наявні трудові відносини між працівниками і роботодавцями в Україні за темою дипломного проекту регулюються Кодексом законів про працю (КЗпП) [3] України, відповідно до якого права працюючої людини на охорону праці охороняються всебічно та норми охорони праці неухильно інтегровані до правил внутрішнього розпорядку організації/підприємства.

4.2 Аналіз стану умов праці

Завданням даної дипломної роботи є розроблення електронного блоку нормалізатора дискретних сигналів на базі мікроконтролера STM32.

Оскільки в процесі проектування використовується персональний комп'ютера, то аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників виконується саме для нього, на якому буде розроблятися схемна та описова частини проекту

Робота над нормалізатором дискретних сигналів на базі мікроконтролера STM32 проходить у приміщенні офісу. Для даної роботи достатньо одне робоче місце зі стаціонарним персональним комп'ютером (ПК).

4.2.1 Вимоги до приміщень

Геометричні розміри приміщення зазначені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Розміри приміщення

Найменування	Значення
Довжина, м	10
Ширина, м	5
Висота, м	3
Площа, м ²	50
Об'єм, м ³	150

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [4] розмір площі для одного робочого місця оператора персонального комп'ютера має бути не менше 6 кв. м, а об'єм — не менше 20 куб. м. Отже, дане приміщення цілком відповідає зазначеним нормам.

Для забезпечення потрібного рівного освітленості приміщення має вікно та систему загального рівномірного освітлення, що встановлена на стелі. Для дотримання вимог пожежної безпеки допущена можливість швидкого виходу з приміщення через вікно з можливістю вентилявання. Також у приміщенні завжди наявна ковдра, яку можна використати при пожежі.

4.2.2 Вимоги до організації місця праці

При порівнянні відповідності характеристик робочого місця з нормативними основними вимогами до організації робочого місця за ДСанПіН 3.3.2.007-98 [5] (табл. 4.2) і відповідними фактичними значеннями для робочого місця, констатуємо повну відповідність.

Таблиця 4.2 – Характеристика робочого місця

Найменування параметра	Фактичне значення	Нормативне значення
Висота робочої поверхні, мм	700	680 ÷ 800
Висота простору для ніг, мм	650	не менше 600
Ширина простору для ніг, мм	630	не менше 500
Глибина простору для ніг, мм	670	не менше 650
Висота поверхні сидіння, мм	420	400 ÷ 500
Ширина сидіння, мм	400	не менше 400
Глибина сидіння, мм	400	не менше 400
Висота поверхні спинки, мм	500	не менше 300
Ширина опорної поверхні спинки, мм	470	не менше 380
Радіус кривини спинки в горизонтальній площині, мм	400	400
Відстань від очей до екрану дисплея, мм	720	700 ÷ 800

4.3 Виробнича санітарія

На підставі аналізу небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації), пожежної безпеки можуть бути надалі вирішені питання необхідності забезпечення працюючих достатньою кількістю освітлення, вентиляції повітря, організації заземлення, тощо.

4.3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації) блоку

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів виконується у табличній формі (табл. 4.3). Роботу, пов'язану з ЕОП з ВДТ, у тому числі на тих, які мають робочі місця, обладнані ПК з ВДТ і ПП, виконують із забезпеченням виконання НПАОП 0.00-7.15-18 [6], яке встановлюють вимоги безпеки до обладнання робочих місць, до роботи із застосуванням ПК з ВДТ і ПП. Переважно роботи за проектами виконують у кабінетах чи

інших приміщеннях, де використовують різноманітне електрообладнання, зокрема ПК та периферійні пристрої. Основними робочими характеристиками персонального комп'ютера є:

- робоча напруга $U=+220\text{В} \pm 5\%$;
- робочий струм $I=2\text{А}$;
- споживана потужність $P=350\text{ Вт}$.

Таблиця 4.3 – Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів	Кількісна оцінка	Нормативні документи
Фізичні			
Підвищена або знижена вологість повітря	Експлуатація ЕОМ, принтерів, сканерів або серверного обладнання для роботи	3	[4]
Підвищений рівень напруги електричної мережі, замикання якої може відбуватися через тіло людини	Експлуатація ЕОМ, принтерів, сканерів або серверного обладнання для роботи	2	[7]
Недостатнє освітлення робочої зони	Порушення гігієнічних параметрів виробничого середовища	1	[8]
Психофізіологічні:			
Нервово-психічне перевантаження	<ul style="list-style-type: none"> - формулювання теми; - пошук інформація про предметну область; - виконання роботи; - оформлення записки. 	4	[5]
Фізичні(статичне-сидіння)	Порушення умов праці організації робочого місця(безперервна робота)	2	[5] [6]

4.3.2 Пожежна безпека

Пожежна безпека при застосуванні ПК забезпечується:

- 1) системою запобігання пожежі;
- 2) системою протипожежного захисту;
- 3) організаційно-технічними заходами.

Потенційними джерелами запалювання можуть бути:

- 1) іскри і дуги короткого замикання;

- 2) електрична іскра при замиканні і розмиканні ланцюгів;
- 3) перегріву від тривалого перевантаження;
- 4) відкритий вогонь і продукти горіння;
- 5) наявність речовин, нагрітих вище за температуру самозаймання;
- 6) розрядна статична електрика.

Причинами можливого загоряння і пожежі можуть бути:

- 1) несправність електроустановки;
- 2) конструктивні недоліки устаткування;
- 3) коротке замикання в електричних мережах;
- 4) запалювання горючих матеріалів, що знаходяться в безпосередній близькості від електроустановки.

4.3.3 Електробезпека

На робочому місці виконуються наступні вимоги електробезпеки: ПК, периферійні пристрої та устаткування для обслуговування, електропроводи і кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони за ПУЕ (правила улаштування електроустановок), мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв і устаткування для обслуговування, виконана як окрема групова три-провідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Електромережа штепсельних розеток для живлення персональних ПК, укладено по підлозі поруч зі стінами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Металеві труби та гнучкі металеві рукави заземлені. Захисне

заземлення включає в себе заземлюючих пристроїв і провідник, який з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється - заземлюючий провідник.

4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища

4.4.1 Освітлення

Розрахунок освітлення.

Для виробничих та адміністративних приміщень світловий коефіцієнт приймається не менше $1/8$, в побутових – $1/10$:

$$\sqrt{a^2 + b^2} \cdot S_b = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{10}\right) \times S_n \quad (4.1)$$

де S_b – площа віконних прорізів, m^2 ;

S_n – площа підлоги, m^2 .

$$S_n = a \cdot b = 10 \cdot 5 = 50 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{вік}} = 1/8 \cdot 50 = 6,25 \text{ м}^2$$

Приймаємо вікно площею $S = 6,25 \text{ м}^2$.

Розрахунок штучного освітлення виробляється по коефіцієнтах використання світлового потоку, яким визначається потік, необхідний для створення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні. Розрахунок кількості світильників n виробляється за формулою (4.2):

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot M} \quad (4.2)$$

де n – кількість світильників;

E – нормована освітленість робочої поверхні, визначається нормами – 300 лк;

S – освітлювана площа, m^2 ($S = 50 m^2$);

Z – поправочний коефіцієнт світильника (1.15 для ламп розжарювання та ДРЛ; 1.1 для люмінесцентних ламп), приймаємо рівним 1.1;

K – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації – 1.5;

U – коефіцієнт використання, залежний від типу світильника, показника індексу приміщення і т.п., 0.575M ;

M – число люмінесцентних ламп в світильнику, 2 одиниці;

F – світловий потік - 5400лм (для ЛБ-80).

Підставивши числові значення у формулу (4.2), отримуємо:

$$n = \frac{300 \cdot 50 \cdot 1.1 \cdot 1.5}{5400 \cdot 0.575 \cdot 2} = 3,98$$

Приймаємо освітлювальну установку, яка складається з 4-х світильників, оснащених двома лампами типу ЛБ (одна – 80 Вт) зі світловим потоком 5400 лм.

4.5 Вентилювання

Провітрювання приміщення здійснюється в залежності від погодних умов тривалістю не менше 10 хв. Найкращий обмін повітря здійснюється при наскрізному провітрюванні.

4.6 Розрахунок захисного заземлення (забезпечення електробезпеки будівлі)

Згідно з класифікацією приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом НПАОП 40.1-1.01-97 [7], приміщення в якому проводяться всі роботи відноситься до першого класу (без підвищеної небезпеки). Під час роботи використовуються електроустановки з напругою

живлення 36 В, 220 В, та 360 В. Опір контуру заземлення повинен мати не більше 4 Ом.

Послідовність розрахунку.

1) Визначається необхідний опір штучних заземлювачів $R_{шт.з.}$:

$$R_{шт.з.} = \frac{R_{\delta} \cdot R_{пр.з.}}{R_{пр.з.} - R_{\delta}} \quad (4.3)$$

де $R_{пр.з.}$ – опір природних заземлювачів;

R_{δ} – допустимий опір заземлення.

Якщо природні заземлювачі відсутні, то $R_{шт.з.} = R_{\delta}$.

Підставивши числові значення у формулу (3.3), отримуємо:

$$R_{шт.з.} = \frac{4 \cdot 40}{40 - 4} \approx 4 \text{ Ом}$$

2) Опір заземлення в значній мірі залежить від питомого опору ґрунту ρ , Ом·м. Приблизне значення питомого опору глини приймаємо $\rho = 40 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (табличне значення).

3) Розрахунковий питомий опір ґрунту, $R_{розр.}$, Ом·м, визначається відповідно для вертикальних заземлювачів $R_{розр.в.}$ і горизонтальних $R_{розр.г.}$, Ом·м за формулою:

$$R_{розр.} = \psi \cdot \rho \quad (4.4)$$

де ψ – коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів і кліматичної зони з нормальною вологістю землі, приймається для вертикальних заземлювачів $\rho_{розр.в.} = 1.7$ і горизонтальних $\rho_{розр.г.} = 5.5$ Ом·м.

$$R_{розр.в.} = 1.7 \cdot 40 = 68 \text{ Ом/м}$$

$$R_{\text{розр.г.}} = 5.5 \cdot 40 = 220 \text{ Ом/м}$$

4) Розраховується опір розтікання струму вертикального заземлювача R_B , Ом, за (4.5).

$$R_B = \left(\ln \frac{2 \cdot l_B}{d_{\text{ст}}} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l_B}{4 \cdot t - l_B} \right) \quad (4.5)$$

де l_B – довжина вертикального заземлювача (для труб - 2–3 м; $l_B=3$ м);
 $d_{\text{ст}}$ – діаметр стержня (для труб - 0,03–0,05 м; $d_{\text{ст}}=0,05$ м);

t – відстань від поверхні землі до середини заземлювача, яка визначається за ф. (4.6);

$$t = h_B + \frac{l_B}{2} \quad (4.6)$$

де h_B – глибина закладання вертикальних заземлювачів (0,8 м); тоді

$$t = 0.8 + \frac{3}{2} = 2,3 \text{ м}$$

$$R_B = \frac{68}{2 \cdot \pi \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0.05} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2.3 + 3}{4 \cdot 2.3 - 3} \right) = 18.5 \text{ Ом}$$

5) Визначається теоретична кількість вертикальних заземлювачів n штук, без урахування коефіцієнта використання η_B :

$$n = \frac{2 \cdot R_B}{R_d} = \frac{2 \cdot 18.5}{4} = 9.25 \quad (4.7)$$

6)Визначається необхідна кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання n_B :

$$n_B = \frac{2 \cdot R}{R_d \cdot n_B} = \frac{2 \cdot 18.5}{4 \cdot 0.57} = 16.2 \approx 16 \quad (4.8)$$

7)Визначається довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача l_c :

$$l_c = 1.05 \cdot L_B \cdot (n_B - 1) \quad (4.9)$$

де L_B – відстань між вертикальними заземлювачами, (прийняти за $L_B = 3\text{м}$);

n_B – необхідна кількість вертикальних заземлювачів.

$$l_c = 1.05 \cdot 3 \cdot (16 - 1) \approx 48\text{м}$$

8)Визначається опір розтіканню струму горизонтального заземлювача R_Γ , Ом:

$$R_\Gamma = \frac{P_{\text{розр.}\Gamma}}{2 \cdot \pi \cdot l_c} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{d_{\text{см}} \cdot h} \quad (4.10)$$

де $d_{\text{см}}$ – еквівалентний діаметр смуги шириною b , $d_{\text{см}} = 0,95b$, $b = 0,15\text{ м}$;

h_r – глибина закладання горизонтальних заземлювачів (0.5 м);

l_c – довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача

l_c , м

$$R_{\Gamma} = \frac{220}{2 \cdot \pi \cdot 48} \cdot \ln \frac{2 \cdot 48^2}{0.95 \cdot 0.15 \cdot 0.5} = 8.1 \text{ Ом}$$

9) Визначається коефіцієнт використання горизонтального заземлювача η_c . відповідно до необхідної кількості вертикальних заземлювачів пв.

Коефіцієнт використання з'єднувальної смуги $\eta_c=0,3$ (табличне значення).

10) Розраховується результуючий опір заземлювального електроду з урахуванням з'єднувальної смуги:

$$R_{\text{заг}} = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B \cdot n_c \cdot R_{\Gamma} \cdot n_B \cdot n_B} \leq R_D \quad (4.11)$$

Висновок: дане захисне заземлення буде забезпечувати електробезпеку будівлі, так як виконується умова: $R_{\text{заг}} < 4 \text{ Ом}$, а саме:

$$R_{\text{заг}} = \frac{18.5 \cdot 8.1}{18.5 \cdot 0.3 \cdot + 8.1 \cdot 16 \cdot 0.57} = 1.9 \leq R_D$$

4.7 Висновки до розділу 4

В даному розділі розроблені рекомендації з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері.

Визначено параметри і характеристики приміщення для роботи над проектом.

Описано перелік заходів щодо даного приміщення для забезпечення відповідності необхідним нормам, комфорту та безпечними умовами праці для робіт над проектом.

Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, пожежної та електробезпеки.

Наведені норми мікроклімату приміщення, а саме – розміри приміщення, значення температури, вологості й рухливості повітря, необхідна кількість ламп та інші параметри, значення яких впливає на умови праці.

Наведені рекомендації з охорони праці, техніки безпеки при роботі на персональному комп'ютері.

4.8 Перелік джерел посилань до розділу 4

1. Закон України "Про охорону праці". Вводиться в дію Постановою ВР № 2695-ХІІ від 14.10.92, ВВР, 1992, № 49, ст.669. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>

2. Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності". Наказ від 21 грудня 2000 року N 2180-III. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14>

3. Кодекс законів про працю України. Затверджується Законом № 322-VIII від 10.12.71 ВВР, 1971. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08>

4. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99. Постанова N 42 від 01.12.99. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>

5. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПН

3.3.2.007-98. Затверджено Постановою Головного державного санітарного лікаря України 10 грудня 1998 р. N 7. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98>

6. НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 квітня 2018 р. за № 508/31960. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98>

7. НПАОП 40.1-1.01-97 «Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок». Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 13 січня 1998 р. за № 11/2451. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0011-98>

8. Державні будівельні норми. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» - Режим доступу: <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/12/V2528-1.pdf> - 03.10.2018

ВИСНОВКИ

Для реалізації поставленої задачі у першому розділі дипломного проекту проведено огляд апаратних засобів нормалізації дискретних сигналів, особливості використання модулів вводу-виводу, застосування нормалізації для введення дискретних сигналів в мікроконтролер. Розглянуті варіанти реалізація нормалізатора, здійснено вибір елементної бази, визначені технічні характеристики блоку.

У другому розділі дипломного проекту здійснено розроблення нормалізатора з визначеними характеристиками.

Розроблена структура модуля, апаратна реалізація каналів введення нормалізованих сигналів в мікроконтролер з використанням інтерфейсу ІРПС.

У якості центрального вузла оброблення даних отриманих від каналів введення застосовано мікроконтролер STM32F103VCT6 – 32-розрядний сучасний високопродуктивний пристрій на базі ядра ARM Cortex-M3 фірми ST Microelectronics.

Розроблений нормалізатор містить 16 дискретних каналів введення інформації та забезпечує вимір та зчитування частоти вхідного сигналу від 45 до 55 Гц.

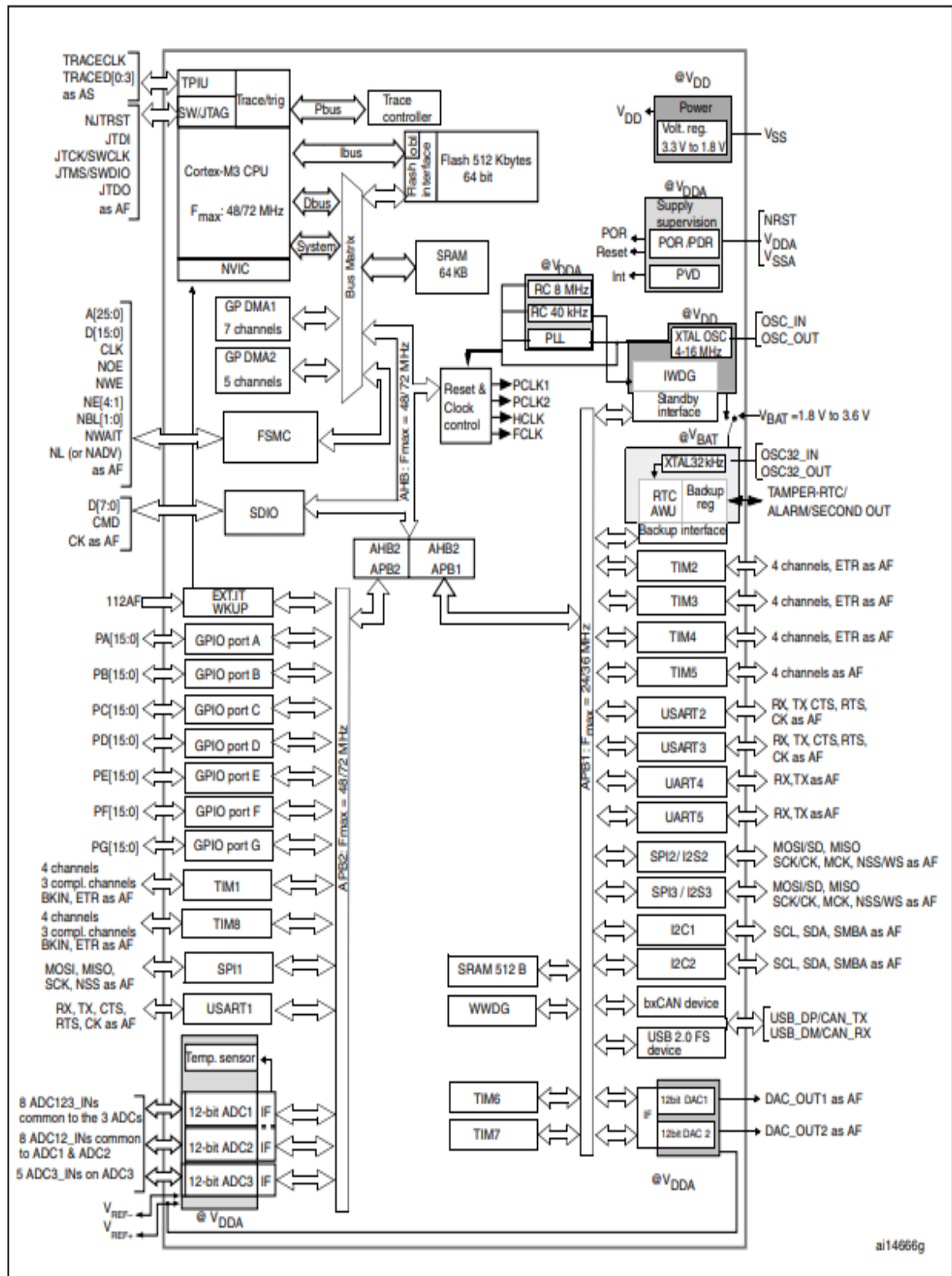
Описана робота нормалізатора, визначені режими його роботи та інформаційний обмін з контролером.

Розроблений нормалізатор відповідає характеристикам, визначеним у технічному завданні.

У третьому розділі розроблені рекомендації з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері.

Результати роботи та запропоновані рішення можуть бути використані у навчальному процесі кафедри комп'ютерних наук та інженерії при вивченні дисципліни «Цифрова схемотехніка».

Структурна схема мікроконтролера STM32F103xC



Структурна схема нормалізатора

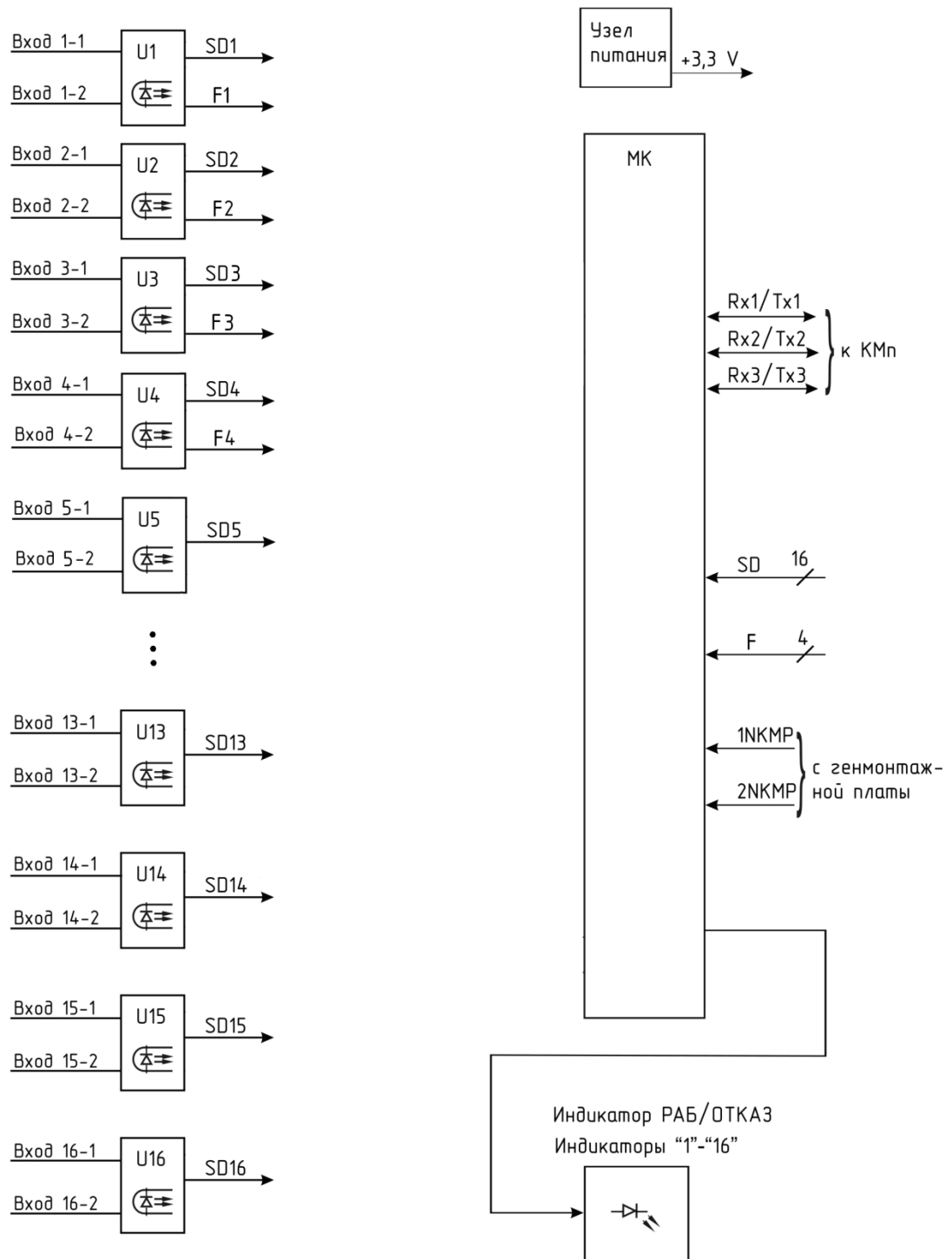
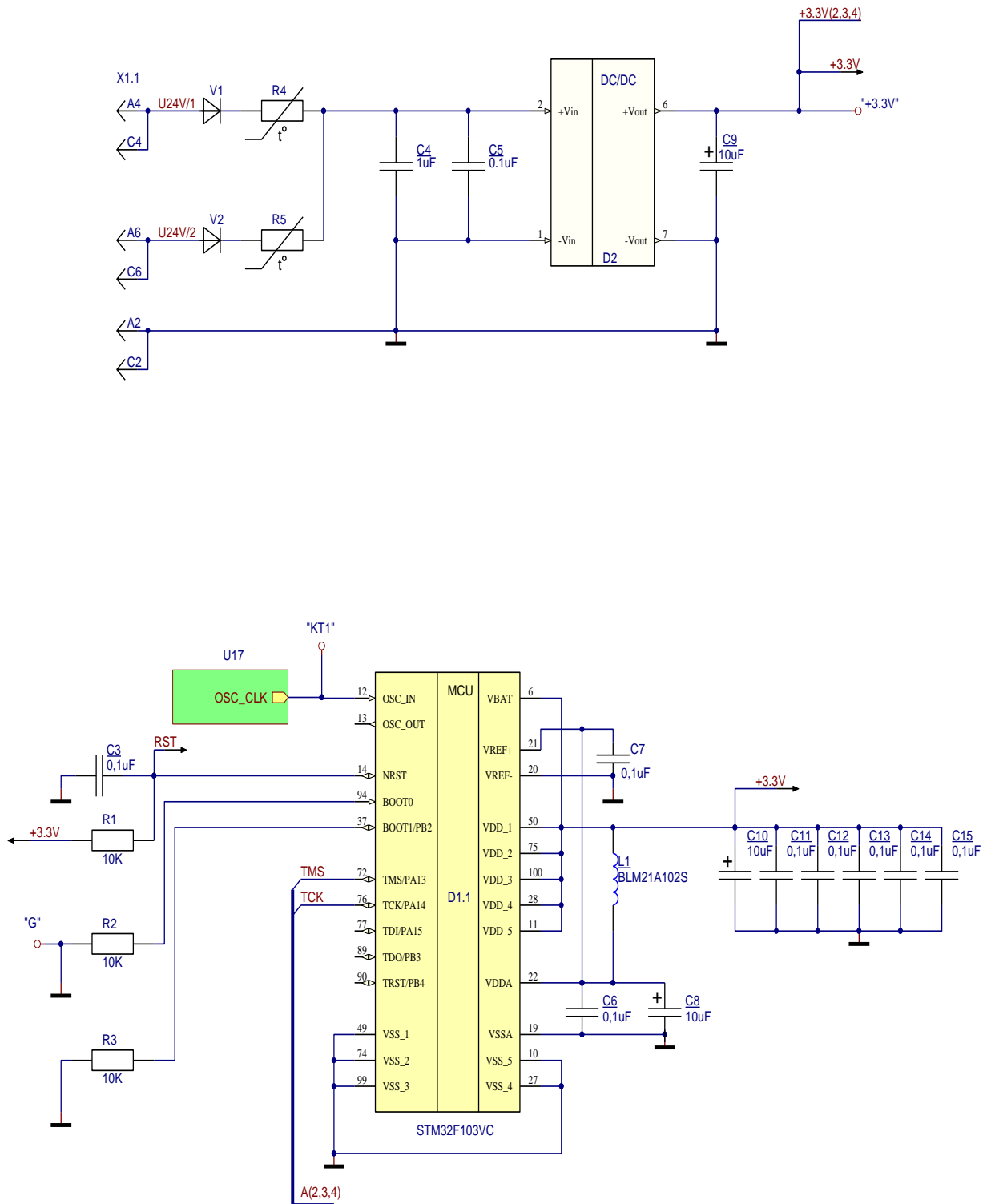
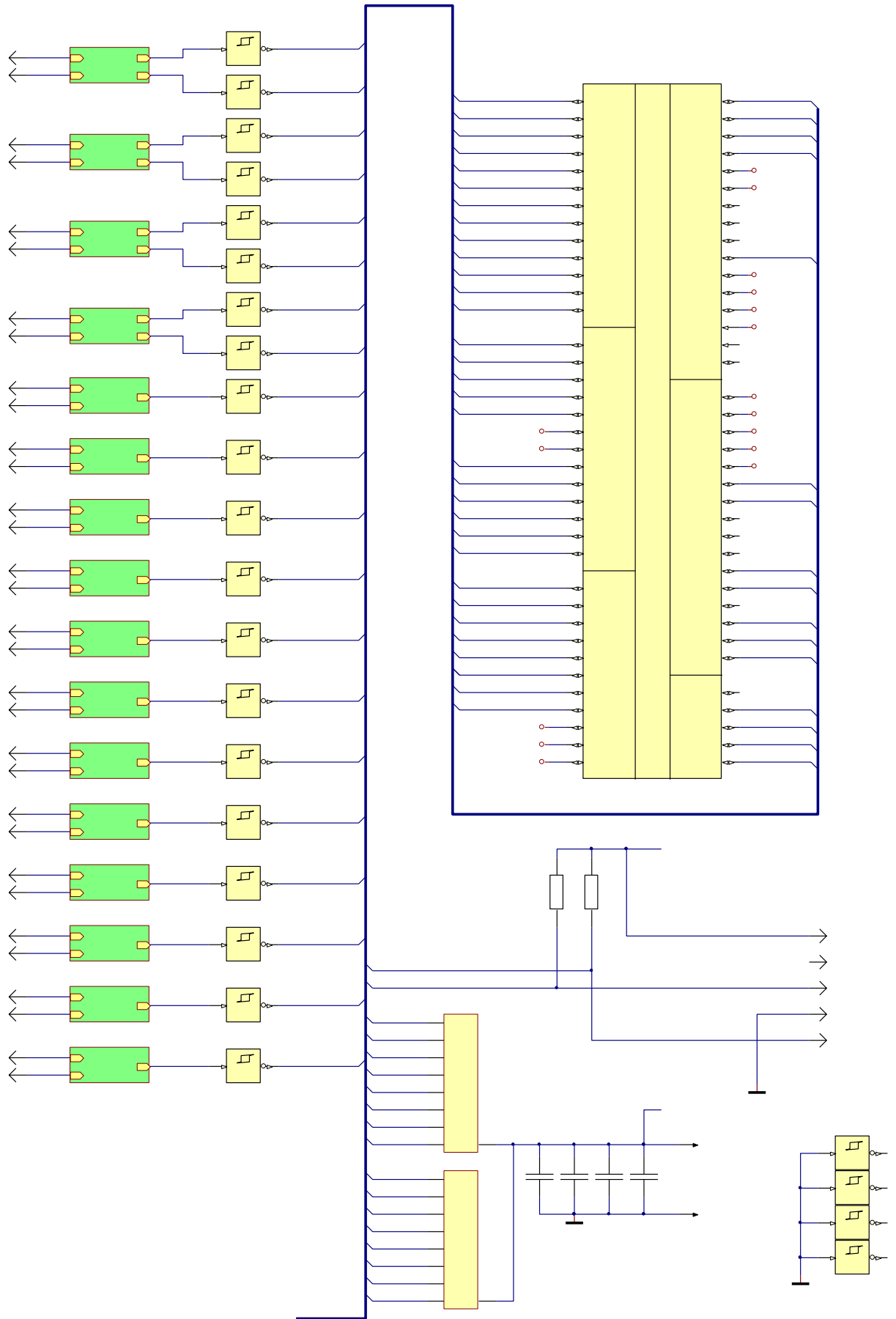


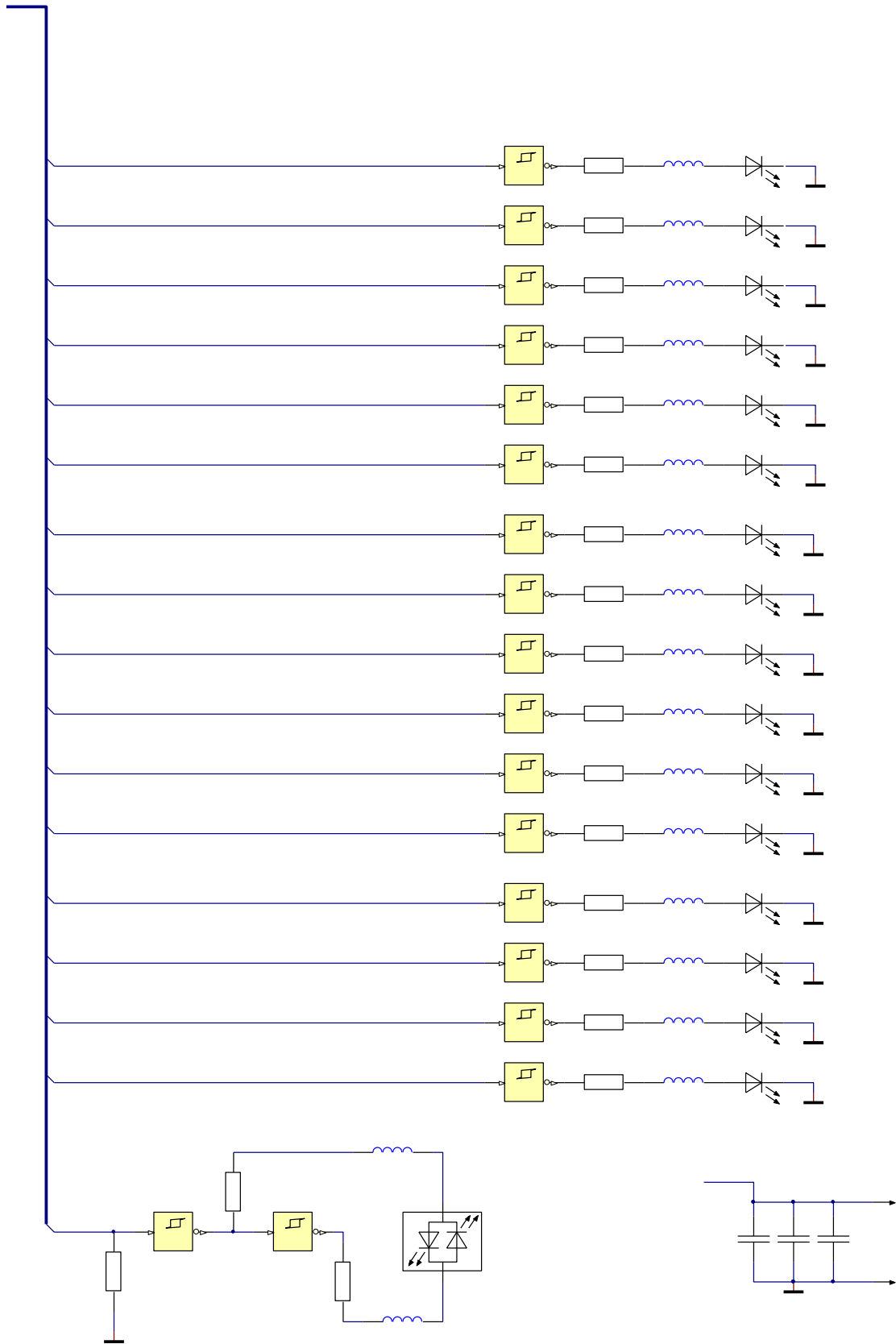
Схема електрична принципова нормалізатора



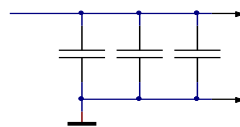
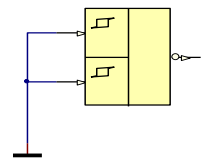
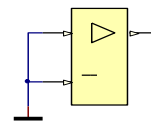
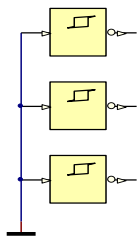
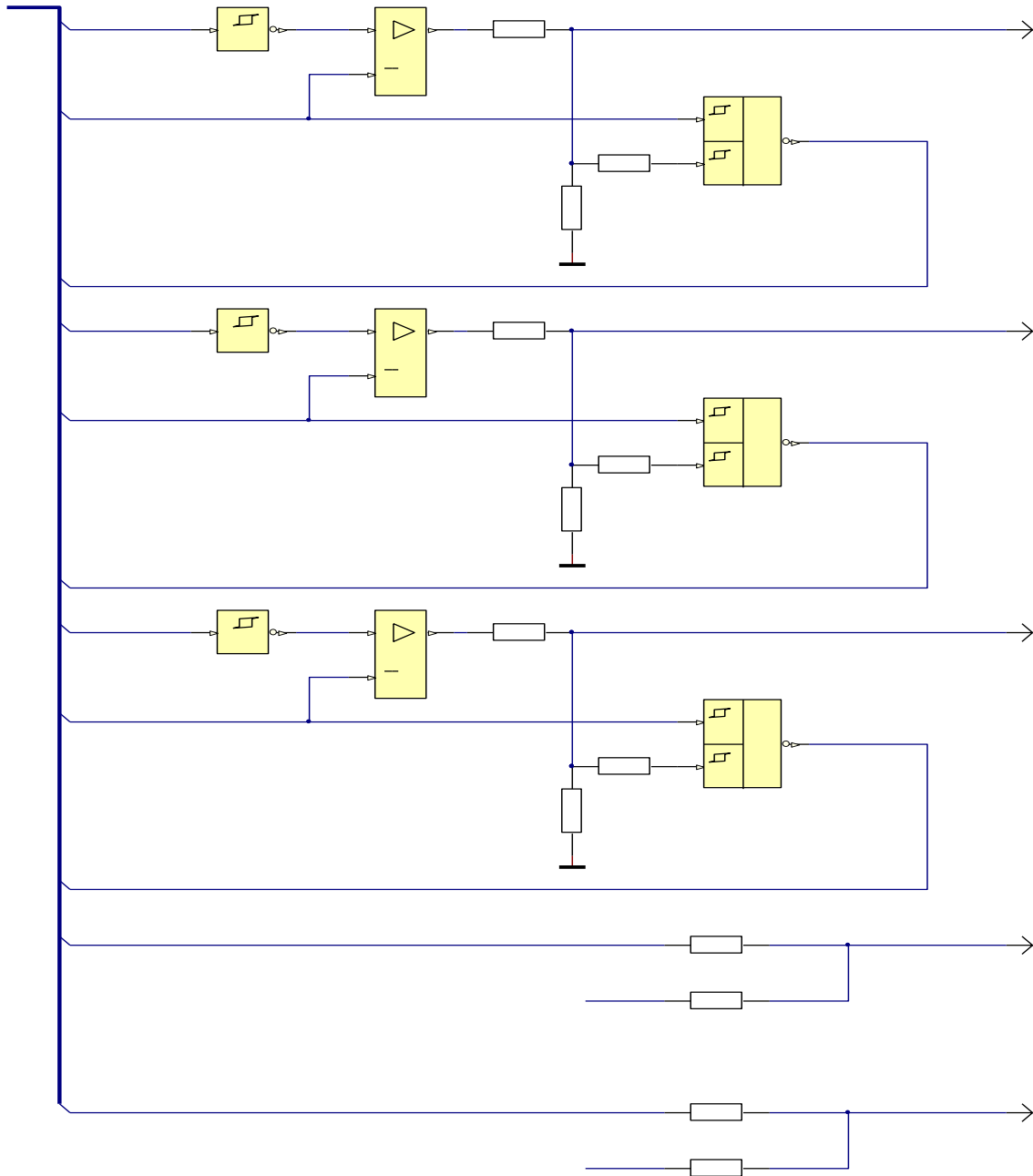
Продовження додатку В



Продовження додатку В



Продовження додатку В



Додаток Д

Перелік елементів нормалізатора

Поз. Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Конденсатори</u>		
C3	VJ0805 X7R-50B-0,1 мкФ ±10%	1	
C4	VJ2220 X7R-50 B-1 мкФ ±5%	1	
C5...C7	VJ0805 X7R-50B-0,1 мкФ ±10%	3	
C8...C10	B45196-16 B-10 мкФ ±10%	3	
C11... C25	VJ0805 X7R-50B-0,1 мкФ ±10%	15	
	<u>Мікросхеми</u>		
D1	STM32F103VCT6	1	
D2	Перетворювач DC/DC RSO-243.3S/H3	1	
D3...D6	MC74HC14AD	4	
D7, D8	Збірка опорів 4609X-101-103	2	
D9...D12	MC74HC14AD	4	
D13	MC74HC125AD	1	
D14	MC74HC132AD	1	
H1	Індикатор одиничний L-937EGW	1	
H2...H17	Індикатор одиничний TLHG4400	16	
L1... L19	Дросель BLM21AG102SN1D	19	
	<u>Опори</u>		
R1...R3	RC1206 J R F 10K	3	
R4, R5	Термістор PTC-30 B-2,5 Ом ±20%	2	
R6...R8	RC1206 J R F 10K	3	
R9, R10	RC1206 F R F 301R	2	
R11...R26	RC1206 J R F 620R	16	
R27...R29	RC1206 J R F 200R	3	
R30...R35	RC1206 J R F 10K	6	
R36...R39	RC1206 J R F 5K1	4	
V1, V2	Діод PMEG6020ER	2	
X1, X2	Вилка 09 04 132 6921	2	
X3	Вилка 90120-0765	1	5 конт.
U1...U4	<u>Нормалізатор</u>	4	
	<u>Конденсатори</u>		
C1	МКР 339 310 B-0,33 мкФ ±5%	1	
C2	VJ1206 X7R-50 B-0,047 мкФ ±10%	1	

Поз. Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка
C3	VJ0805 X7R-50B-0,1 мкФ ±10%	1	
	<u>Опори</u>		
R1	Термістор PTC-600 B-50 Ом±20%	1	
R2	MF0207, 1M0, 1%, ТК50	1	
R3, R4, R5	RC1206 F R F 1K8	3	
R6, R7	RC1206 F R F 562R	2	
R8...R10	RC1206 J R F 10K	3	
R11	RC1206 J R F 51K	1	
V1	Обмежувач напруги SMCJ15CA	1	
V2	Оптопара SFH6286-4	1	
V3	Оптопара SFH6186-4	1	
U5...U16	<u>Нормалізатор</u>	12	
	<u>Конденсатори</u>		
C1	МКР 339 310 В-0,33 мкФ ±5%	1	
C2	VJ0805 X7R-50B-0,1 мкФ ±10%	1	
	<u>Опори</u>		
R1	Термістор PTC-600 B-50 Ом±20%	1	
R2	MF0207, 1M0, 1%, ТК50	1	
R3	RC1206 F R F 1K8	1	
R4	RC1206 F R F 3K6	1	
R5	RC1206 F R F 562R	1	
R6	RC1206 J R F 10K	1	
R7	RC1206 J R F 51K	1	
V1	Обмежувач напруги SMCJ15CA	1	
V2	Оптопара SFH6286-4	1	
U17	<u>Вузол генератора</u>	1	
	<u>Конденсатори</u>		
C1	VJ0805 X7R-50B-0,1 мкФ ±10%	1	
G1	Генератор O-20.0-JT53-A-K-3.3-LF	1	

Презентація

Міністерство освіти і науки України
Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля

«Нормалізатор дискретних сигналів на базі мікроконтролера STM32»

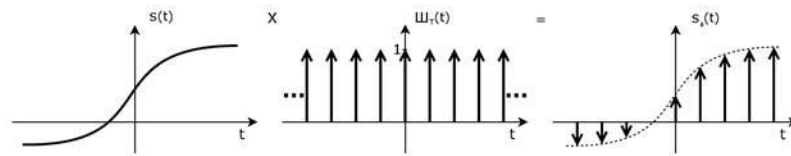
Студент гр. КІ – 16 бд
Керівник

Тремполець А. В.
Кардашук В. С.

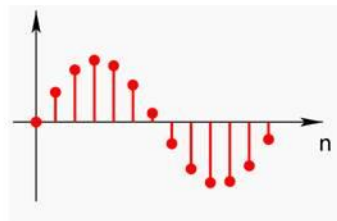
Актуальність теми

- Комп'ютеризація виробничих процесів займає одне з провідних місць в комплексі засобів, що сприяють підвищенню продуктивності і поліпшення якості продукції підприємств. Для контролю і ведення складних технологічних процесів, які об'єднують в собі багатофункціональні ланцюги параметрів, контроль їх в одиницю часу, необхідна реалізація досить складних систем.
- Протягом десятиліть залишаються найбільш вживаними модулі введення сигналів термодатчиків, термоперетворювачів опору, тензодатчиків і універсальні модулі. Поліпшення технічних характеристик модулів і ПЛК визначається, в основному, виробниками напівпровідникової елементної бази, в першу чергу мікропроцесорів і аналого-цифрових перетворювачів, а також розвитком технології монтажу електронних пристроїв.
- Метою бакалаврської роботи є розроблення нормалізатора дискретних сигналів на базі мікроконтролера STM32 фірми [STMicroelectronics](https://www.st.com) для перевірки роботи різноманітного технологічного обладнання як, наприклад, датчики дискретних сигналів, дискретні канали введення інформації, цифрові пристрої оброблення дискретних сигналів.
-

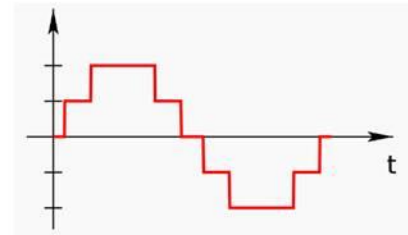
Аналоговий безперервний сигнал та його вибірки



Часова діаграма сигналів

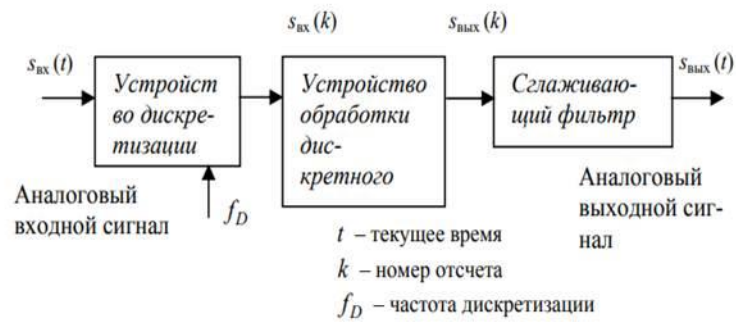


дискретного



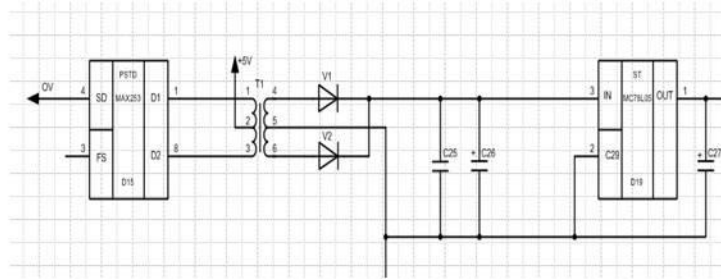
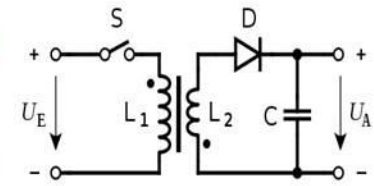
цифрового

Узагальнена структурна схема дискретної системи



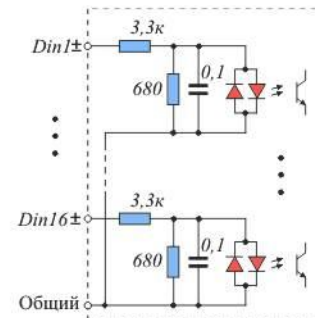
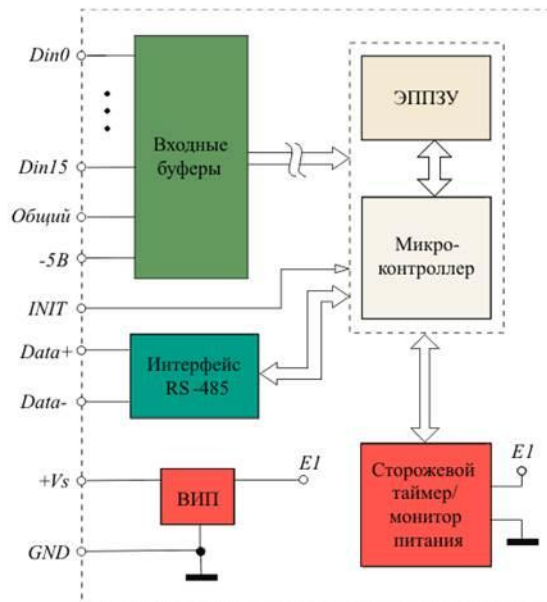
Лінійка продуктів ADAM фірми Advantech

Тип	Призначення
ADAM-3011	Нормалізатор сигналів терморпар з ізоляцією
ADAM-3013	Нормалізатор сигналів термометрів опоры
ADAM-3014	Гальванорозв'язаний нормалізатор аналогових сигналів
ADAM-3016	Нормалізатор сигналу тензодатчика



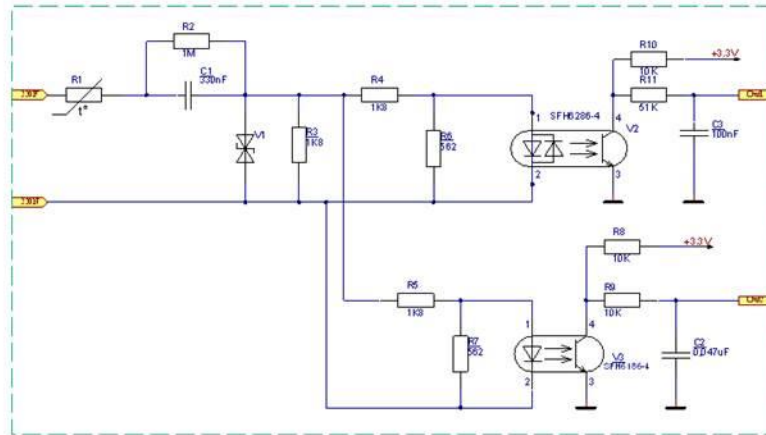
Стабілізатор напруги з гальванічною розв'язкою

Структура модуля для вводу дискретних сигналів

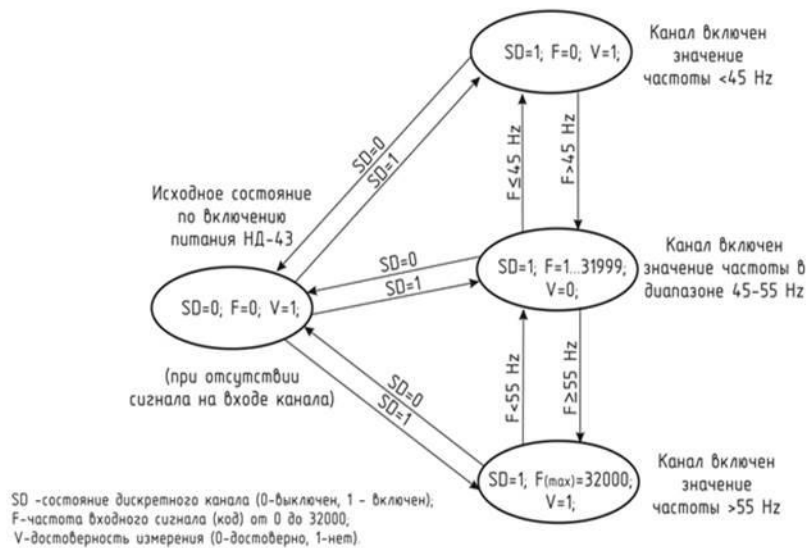


Структурна схема вхідних каскадів каналів дискретного вводу

Схема нормалізаторів U1-U4



Граф стану нормалізатора



Технічні характеристики МК STM32F103VCT6

Характеристика	Значення
Корпус	LQFP-100
Ядро	ARM Cortex-M3
Максимальна частота ядра	72 МГц
Об'єм пам'яті програм	256 кБайт
Тип пам'яті програм	Flash
Об'єм оперативної пам'яті	48 кБайт
Кількість входів / виходів	80
Інтерфейси	CAN, I ² C, IrDA, LIN, SPI, UART / USART, USB
Периферія	DMA, Motor Control PWM, PDR, POR, PVD, PWM, Temp Sensor, WDT
АЦП / ЦАП	A/D 16 x 12 розр., D/A 2 на 12 розр.
Напруга живлення	2...3,6 В
Робоча температура	- 40 ...+ 85 °С

Структурна схема нормалізатора

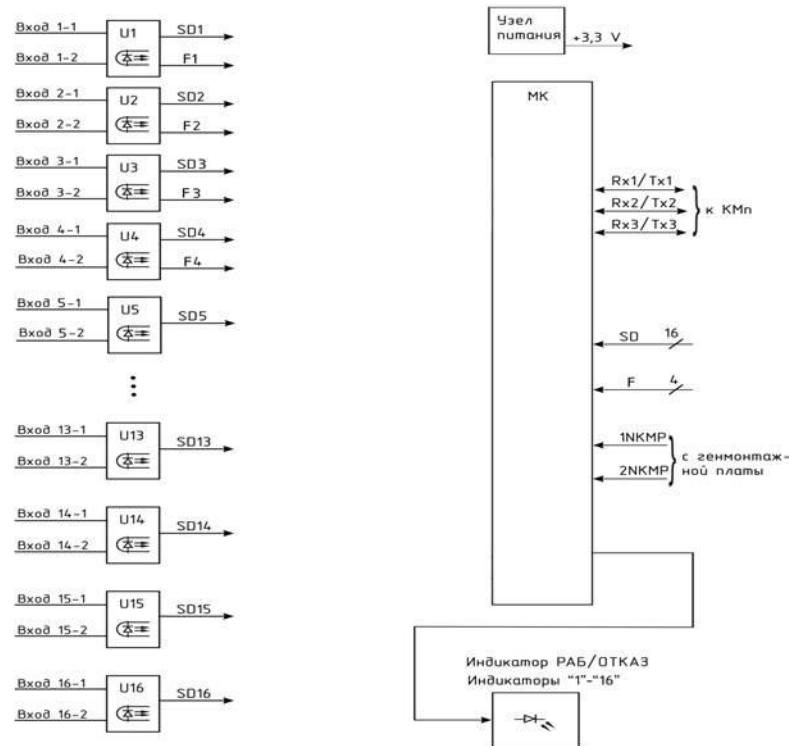
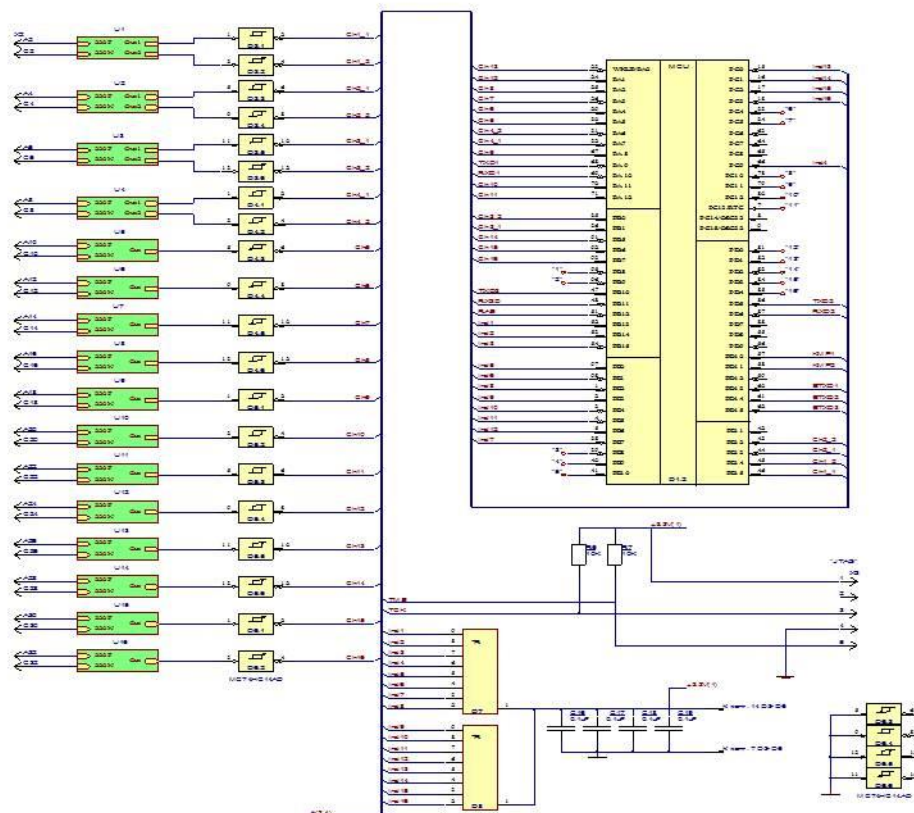
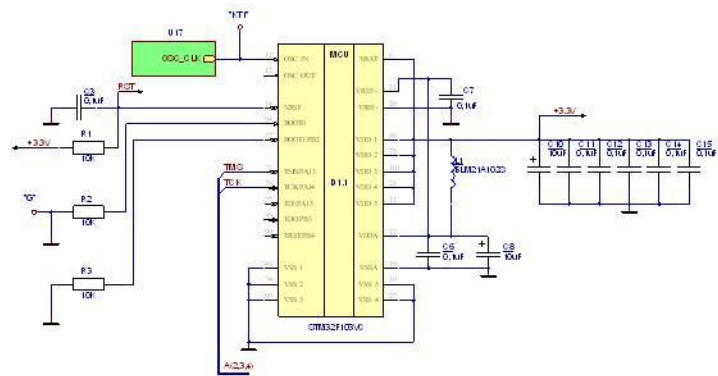
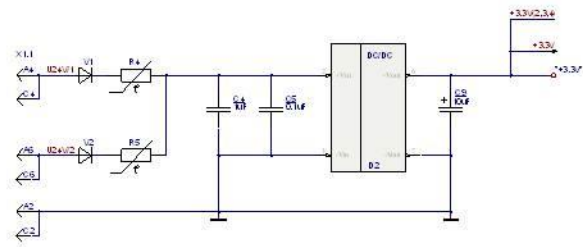


Схема електрична принципова нормализатора



Висновки

У дипломному проекті:

- Розроблена структура модуля, апаратна реалізація каналів введення нормалізованих сигналів в мікроконтролер з використанням інтерфейсу ІРПС.
- У якості центрального вузла оброблення даних отриманих від каналів введення застосовано мікроконтролер STM32F103VCT6 – 32-розрядний сучасний високопродуктивний пристрій на базі ядра ARM Cortex-M3 фірми ST Microelectronics.
- Розроблений нормалізатор містить 16 дискретних каналів введення інформації та забезпечує вимір та зчитування частоти вхідного сигналу від 45 до 55 Гц.
- Описана робота нормалізатора, визначені режими його роботи та інформаційний обмін з контролером.
- Розроблений нормалізатор відповідає характеристикам, визначеним у технічному завданні.
- Розроблені рекомендації з охорони праці при роботі на виробництві .
- Результати роботи та запропоновані рішення можуть бути використані у навчальному процесі кафедри комп'ютерних наук та інженерії при вивченні дисципліни «Цифрова схемотехніка».