

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Автоматизація процесу керування 3D фрезерним станком

Назва теми

КВРАКІТ.2018034.01.11.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

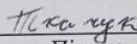
Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

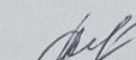
Виконав:

студент IV курсу, група АКІТ-18-1

  
Підпис


Олексій ТКАЧУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник

  
Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

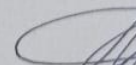
Нормоконтролер

  
Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

зав. кафедри автоматизації  
та комп'ютерно-інтегрованих  
технологій

  
Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 17 » червня 2022 р.

Хмельницький 2022

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма освітньо-професійна програма підготовки бакалавра

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

*А.В.Т.*  
*Меремоні В.В.*

02.03.2022

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ткачук Олексій Олександрович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Автоматизація процесу керування 3D фрезерним станком

Керівник роботи Корецька Людмила Олександрівна, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 01 03 2022 р. № 18



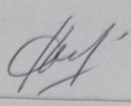
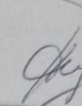
2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 01.06.2022р.

3. Вихідні дані до проекту завдання на виконання кваліфікаційної роботи

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, Огляд методів розв'язання поставленої задачі, Розробка схемотехнічних рішень, Розробка алгоритму роботи програмного забезпечення, висновки

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) 12-15 презентаційних слайдів

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

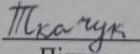
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Микола ФЕДУЛА к.т.н., доцент		
Нормоконтроль	Людмила КОРЕЦЬКА к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 02 03 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

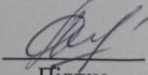
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1 Вибір та затвердження теми кваліфікаційної роботи; розробка завдання на кваліфікаційну роботу; складання календарного графіка виконання кваліфікаційної роботи	15.02.2022	виконано
2 Вивчення предметної області, в якій планується використання системи автоматизації; аналіз вимог до системи автоматизації	15.03.2022	виконано
3 Проектування та розробка загальної архітектури і структури системи автоматизації, інтерфейсу користувача; вибір засобів реалізації системи автоматизації	29.03.2022	виконано
4 Програмна реалізація та тестування системи автоматизації	12.04.2022	виконано
5 Написання тексту пояснювальної записки та розробка графічних матеріалів	19.04.2022	виконано
6 Остаточне коригування кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника; оформлення кваліфікаційної роботи як документа відповідно до вимог	11.04.2022	виконано
7 Отримання супровідних документів (відгуку керівника, рецензії, довідки про перевірку на плагіат); нормоконтроль	30.05.2022	виконано
8 Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи	10.06.2022	виконано

Студент

  
Підпис

О. О. Ткачук  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

Л.О. Корецька  
Ініціали, прізвище

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизація процесу керування 3D фрезерним станком».

Автор роботи: Ткачук Олексій Олександрович.

Керівник роботи: Корецька Людмила Олександрівна

Пояснювальна записка: 63 с., 15 рис., 8 табл., - дод., 14 джерел.

Графічна частина: 15 презентаційних слайдів.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ, АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ,  
МІКРОКОНТРОЛЕР, 3D-ФРЕЗЕРНИЙ СТАНОК.

Метою роботи є розробка пристрою автоматизованого управління 3D-фрезерним станком.

Наведено розробку 3D – фрезерного станка, здатного вирізати об'ємні фігури з твердих заготовок за допомогою фрези. Переміщення різачка здійснюється за допомогою крокових двигунів, які управляються через персональний комп'ютер за допомогою спеціальної програми.

Було здійснено огляд пристроїв подібного призначення. В результаті порівняння був зроблений висновок, що 3D - станок має ряд переваг у порівнянні з аналогами, наприклад, таких як простота, ремонтпридатність і низька собівартість, що істотно збільшує конкурентоспроможність.

Спеціальна частина містить основні параметри пристрою. У ході виконання роботи, були розроблені структурна та важлива схеми пристрою, що дозволяють більш докладно розглянути окремі функціональні блоки та принцип об'єднання цих блоків в одну важливу схему. Розраховано надійність пристрою.

Розглянуто заходи з охорони праці, техніку безпеки під час роботи з ЕОМ, електричними приладами, протипожежну безпеку та екологічний аспект.

*Ткачук*  
Підпис студента

17.06.2022  
Дата

## ЗМІСТ

ЗМІСТ .....	2
ВСТУП .....	4
1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	5
1.1 Зальні поняття .....	5
1.2 Методи тривимірного друку .....	19
1.3 Огляд існуючих пристроїв подібного призначення .....	22
1.4 Висновки до першого розділу .....	24
2 РОЗРОБКА СХЕМИ ПОБУДОВИ ТРИВИМІРНОГО ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА .....	26
2.1 Технічні умови для проектування.....	26
2.2 Розробка структурної схеми 3D - фрезерний станок .....	26
2.3 Розробка принципової схеми 3D - фрезерного станка.....	28
2.4 Розрахунок надійності пристрою .....	37
2.5 Висновки до другого розділу.....	39
3 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЮ .....	40
3.1 Алгоритм роботи пристрою.....	40
3.2 Розробка елементів програмного коду пристрою .....	44
3.2.1 Опис виводів загального призначення .....	44
3.2.2 Опис регістрів виводів загального призначення .....	47
3.2.3 Налаштування виводів загального призначення .....	50
3.3 Опис роботи таймера.....	50

<b>КВРАКІТ.2020130.01.14.ПЗ</b>									
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Автоматизація процесу керування 3D фрезерним станком	Літ	Лист	Листів	
Розроб.		Ткачук О.О.	<i>Ткачук</i>	14.06					
Перевір.		Корецька Л.О.	<i>Корецька</i>	17.06.22				2	
Н. Контр.		Корецька Л.О.	<i>Корецька</i>	17.06.22					
Затв.		Мартинюк В.В.	<i>Мартинюк</i>	17.06.22					
<b>ХНУ</b>									

3.4	Опис реєстрів таймера.....	54
3.5	Налаштування таймера.....	54
3.6	UDP стек.....	56
3.7	Основне тіло програми.....	57
3.8	Коротка інструкція із застосування та налаштування .....	58
3.9	Висновки до третього розділу .....	60
	ВИСНОВОК.....	61
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	64



# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ

## 1.1 Зальні поняття

Комп'ютерні технології дедалі більше зростаються із реальним життям. Проте межа між реальною реальністю і реальністю так би мовити, комп'ютерною чи віртуальною залишається. Перенести предмет із однієї площини до іншої не так просто. Звичайно, якщо йдеться про текст, картинки та інші двомірні речі - то принтери і сканери вже давно зробили такий обмін справою нескладною і абсолютно повсякденною. Однак у випадку із тривимірними фізичними об'єктами все набагато складніше.

Навіть технології, які дозволяють побачити тривимірну комп'ютерну модель в реальному обсязі, не можна назвати дуже поширеними (хоча вони вже і знаходяться на рівні користувальницьких і за ціною, і за доступністю). Що стосується можливості таку модель помацати і з нею повзаємодіяти, то тут поки навіть не йдеться про домашнє або аматорське використання.

А про технології, що дозволяють відтворити модель у реальному матеріалі, гадаю, більшість читачів навіть не замислювалися. У кращому разі щось чули краєм вуха. Саме таким технологіям і буде присвячено цю статтю. Так би мовити, для загального розвитку.

Почнемо із запитання, навіщо це потрібно? Навіщо потрібно брати тривимірну модель чогось і робити з неї справжній предмет? Виявляється, застосувань вистачає. Перше, і найголовніше, в індустрії - переважно для швидкого виготовлення прототипів - щоб подивитися, як модель виглядатиме в матеріалі. За словами представника авіакосмічної компанії Pratt & Whitney "вартість розробки складного продукту може дуже знизитися, якщо запропонувати інженерами замість десятків креслень подивитися на реальну

деталь".

Крім того, на готовій моделі можна проводити різні тести ще до того, як буде готовий остаточний варіант виробу. Більше того, прототипи дозволяють проводити такі тести, які на готовому виробі не проведеш. Наприклад, Porsche використовувала прозору пластикову модель трансмісії 911 GTI для вивчення струму мастила в процесі її розробки. Однак головне, таку модель можна зробити дуже швидко – а в наш час високих швидкостей це дуже важливо. Власне, існує ціла індустрія швидкого прототипування (Prototyping - RP), яка якраз і займається розробкою та використанням технологій об'ємного друку для цих цілей.

Проте, прототипи – це ще не все. Наступний ступінь – швидке виробництво. Вже зараз деякі технології RP дозволяють виготовляти готові предмети різних матеріалів. Це ідеальне рішення для малосерійного виробництва, оскільки стандартний техпроцес дає можливість зробити будь-що (в розумних межах, звичайно) за відносно невеликий час. Знову ж таки, деякі з технологій тривимірного друку дозволяють швидко виготовляти форми для лиття - а далі виробничий процес вже накатаний. Щоправда, ціни і доступність (так само, як і вибір матеріалів) поки що бажають кращого.

Але в перспективі, хто відмовиться від можливості швидко зробити якусь потрібну дрібницю в домашніх умовах, замість шукати її по магазинах або замовляти за пляшку знайомому слюсарю дядькові Васі. Власне, тут можна провести пряму аналогію із системами на FPGA (тобто, на програмуванні логіці), які здійснили справжню революцію (хоча може для нефахівців та непомітну) в електроніці. Технологія FPGA дозволяє описувати електронні схеми на комп'ютері, а потім швидко реалізовувати все описане в стандартній мікросхемі. Той самий швидкий прототайпінг, але для електроніки. Причому, якщо раніше все це було досить дорого та складно, то

		№ локум.	Пілпис		КВРАКІТ.2020130.01.14.ПЗ	6

тепер, за бажання, можна виготовити все що завгодно – мікропроцесор, DSP, мікроконтролер – практично в домашніх умовах. Об'ємний друк дозволить, у перспективі, зробити те саме зі звичайним виробництвом. Однак, час переходити від романтичних мрій до суворої правди життя і того, що є 3D друк зараз.

### 1. Мікроверстати

Найбільш прості, дешеві та доступні пристрої, які претендують на звання 3D-принтера, до принтерів насправді відношення майже ніякого не мають. Йдеться про верстати із програмним управлінням. Втім, якщо ви уявили собі якогось токарно-гвинторізного монстра розміром з півкімнати (відразу згадуються уроки праці або КПК) - це даремно. Йдеться про дуже компактні настільні верстати, які отримали назву desktop CNC machines (CNC означає computer numerically controlled , або, російською, верстат з числовим програмним управлінням). Ці пристрої можуть керуватися безпосередньо з CAD програм і вирізати, випилювати та висвердлювати у матеріалі моделі, які у цих програмах розробляються. Матеріали можуть бути майже будь-які – від пластику чи дерева до м'яких металів (бронза, алюміній). Наприклад, наведений на картинці свердлильно-фрезерний верстат (це називається CNC milling machine ) MicroMill 2000 Desktop Machining System від MicroProto підключається до комп'ютера замість принтера, може обробляти об'єм 23x14x15 см і здатний позиціонувати інструмент з точністю до сотих часток міліметра. Обробляє алюміній та навіть м'які сталі. Коштує ця чудова штука трохи менше 2000 \$.



Рисунок 1.1 - Настільний багатофункціональний верстат

Настільний багатофункціональний верстат, що підключається замість принтера

Інший приклад подібних пристроїв - лінійка верстатів MDX від компанії Roland . Старші моделі призначені для напівпромислового використання та коштують, відповідно, в районі 20К\$. А ось верстат MDX-15 оцінюється приблизно в 3000 \$ і його вже можна віднести до категорії аматорської і навіть домашньої техніки. MDX-15 теж дозволяє обробляти різні матеріали аж до алюмінію та бронзи, має розмір робочої зони 15x10x6 см та точність порядку сотих часток міліметра. До комп'ютера підключається

через порт. До речі, Roland поставляє до своїх верстатів спеціальну п'єзоелектричну скануючу голівку, яка дозволяє робити зворотне перетворення - переводити реальні предмети в тривимірні комп'ютерні моделі.

CNC-верстати поділяються на три основні види: роутери ( routers ), фрезерні ( mills ) та токарні ( lathes ). Що являє собою токарний верстат, думаю і так усім зрозуміло. А чим відрізняються router і mill найпростіше зрозуміти з малюнка. З двох вищеописаних девайсів перший – mill , а другий – router . До речі, випускаються і машинки з чотирма ступенями свободи - до певної міри поєднують у собі можливості mill і lathe . Використовувати всю цю техніку можна як безпосереднього виготовлення об'єктів по тривимірним моделям, так підготовки форм для лиття - це значно розширює область застосування. Інші можливі застосування - гравіювання, швидке виготовлення друкованих плат (ніяких фотошаблонів і травлення), моделювання (будь-який, хто хоч раз збирав модель планера повинен зненавидіти випилювання лобзиком на все життя) і ще безліч інших. Ну а отримати додаткову інформацію про настільні CNC-верстати можна на сайті [www.desktopcnc.com](http://www.desktopcnc.com).

## 2. Лазерний друк

А тепер перейдемо до справжніх об'ємних принтерів. Вони використовуються кілька різних технологій. Історично, першою була розроблена так звана стереолітографія ( StereoLithography або SLA). Принцип був винайдений і запатентований Чарльз Халл ( Charles Hull ) ще в 1986 році. Потім Халл заснував компанію 3D Systems , яка займалася випуском відповідного обладнання. Пізніше до неї приєдналися німецька EOS GmbH , японські Sony -DMEC та Mitsui Engineering , а також кілька інших. Суть стереолітографії в наступному - у робочій зоні принтера знаходиться рідкий

		№ локум.	Пілпис		<i>КВРАКІТ.2020130.01.14.ПЗ</i>	9

фотополімер . При освітленні ультрафіолетовим світлом фотополімер твердне і перетворюється на досить міцний пластик ( фотополімери активно використовуються дантистами для пломбування, так що, думаю, багато хто з читачів з ними знайомий). Для засвітлення полімеру використовується або ультрафіолетовий лазер, або звичайна ультрафіолетова лампа (що пізніше). Промінь лазера фактично попиксельно сканує робочу площину і формує окремі тверді "пікселі", доки намалює на пластиці перетин моделі. Потім рівень фотополімеру підвищується (точніше, опускається робочий стіл разом із сформованою частиною моделі), і поверх нього малюється наступний шар, доки модель не буде повністю готова. Стереолітографія дозволяє отримати точність "відбитка" порядку десятих часток міліметра, добре відтворює дрібні деталі та забезпечує досить рівну поверхню об'єкта. Ця технологія найкраще обкатана і найпоширеніша. Втім, не позбавлена вона і недоліків - установки, як і видаткові матеріали, досить дорогі (ціна такого принтера становить близько сотень тисяч доларів). До того ж оброблюваний матеріал обмежується лише фотополімерами .

Більш швидкісний варіант цієї технології спочатку було розроблено компанією Cubital Inc. \_ (нині, зважаючи на все, покійної). Називався він Solid Ground Curing або скорочено SGC. Як робочий матеріал у ній теж використовувався фотополімер , але засвітлення проводилася ультрафіолетовою лампою відразу для всього робочого шару. Засвічування велося через фотошаблон, який для кожного шару друкувався на склі за технологією, що нагадує лазерний друк. Обробка всього шару одночасно замість попиксельного сканування лазерним променем таки дозволяла досягти досить високої швидкості побудови об'єкта. Наразі систему на схожому принципі пропонує, наприклад, німецька компанія Envisiontec.



надсилати завдання на Prefactory можна як на звичайний мережевий принтер.

### 3. Лазерне спікання

Альтернативний метод тривимірного друку називається лазерним спіканням ( Selective Laser Sintering - SLS ). Тут , як легко здогадатися, теж використовується лазер, але як робочий матеріал виступає вже не фотополімер , а порошок якогось відносно легкоплавкого пластику. Пластик у робочому обсязі SLS-машини нагрівається майже до температури плавлення, а щоб він не спалахнув і не став окислюватися, в робочу зону подається азот. Потім потужний лазер знову ж таки малює по пластиковому порошку перетин деталі, пластик нагрівається вище температури плавлення і спікається. Зверху насипається наступний шар і повторюється процедура. Наприкінці роботи зайвий порошок просто струшується з готової моделі. Цей процес був розроблений наприкінці 80-х років у Техаському університеті в Остіні та запатентований у 1989 році випускником університету Карлом Декардом ( Carl Deckard ). Потім процес був комерціалізований фірмою DTM Corp. Лазерне спікання також забезпечує досить високу якість деталей, хоча поверхня у них виходить пористою. Зате отримані методом SLS моделі – найміцніші і цю технологію, в принципі, можна використовувати для малосерійного виробництва. Правда, установка SLS досить складна і дорога, а швидкість виробництва становить лише кілька сантиметрів (висоти) на годину (плюс, кілька годин на нагрівання та охолодження установки).

Окрім непоганої точності виготовлення та високої міцності отриманих "роздруківок", SLS має ще кілька важливих переваг. По-перше, лазерне спікання дозволяє виготовляти моделі з рухомими частинами - наприклад, з петлевими з'єднаннями, що працюють, натискаючими кнопками і так далі. По-друге, для SLS-процесу розроблені спеціальні матеріали, що дозволяють безпосередньо виготовляти металеві деталі.

					<i>КВРАКІТ.2020130.01.14.ПЗ</i>	12
		<i>№ локум.</i>	<i>Пілпис</i>			







До речі, NASA розглядає технологію FDM як кандидата на "космічну фабрику". Адже у космічну експедицію не можна взяти необмежену кількість запчастин до всього обладнання. Та й розмістити повноцінний механічний цех на космічному кораблі навряд чи вдасться. А ось завантажити пару сотень кілограм вихідного пластику та компакту машину, яка зможе зробити з цього пластику будь-яку деталь – запросто.

Інша технологія, що явно сходить до струминного друку - це розробка компанії Objet Geometries під назвою Polyjet . Тут струминна головка використовується для друку фотополімерним пластиком. Модель, як завжди, друкується шар за шаром, причому роздільна здатність у шарі становить 600 x 300 dpi , а товщина шару може бути доведена всього до 16 мікрон. Кожен надрукований шар полімеризується в твердий пластик під дією ультрафіолетової лампи. В принципі, все це досить схоже на SLA, але набагато швидше, точніше, простіше та компактніше. При цьому ціна на принтери Objet знаходиться на рівні 60К \$ - у кілька разів менше, ніж у установок SLA. Аналогічну систему під назвою InVison виробляє і компанія 3D Systems , так що батько-засновник стереолітографії також не стоїть на місці. Цінник на цю машину встановлено близько 40К \$ - системи швидкого прототипування в останні роки явно дешевшають.

І ще одна технологія "струменевого друку", але з використанням порошкових матеріалів. Розроблена вона була у знаменитому Масачусетському Технологічному Інституті, а першим та основним виробником обладнання стала компанія Z Corporation . Її 3D принтери відносно недорогі (ціни від 10 до 30К \$) і працюють значно швидше за вищеописані пристрої. Суть технології така - спеціальна струминна головка (до речі, адаптована зі струменевих принтерів Hewlett-Packard ) набризкує на порошок матеріал клеючу речовину. В якості порошка використовується

звичайний гіпс або крохмаль. У "забризканих" місцях порошок склеюється та формує модель. Друк, як і попередніх випадках, йде пошарово, а зайвий порошок наприкінці струшується. Однак є і суттєва різниця – цей принтер може використовувати клеючу рідину з додаванням пігментних барвників – а значить, друкувати кольорові моделі. У кольоровому принтері від Z Corporation встановлені 4 струмені головки з чорнилом-клеєм основних кольорів, так що отримана модель може відтворювати не тільки форму, а й забарвлення (тобто текстуру) свого віртуального прототипу. Правда, гіпсові моделі виходять не дуже міцними, зате їх відразу можна використовувати як форми для лиття. А щодо деталізації "відбитка", то достатньо подивитися на наведені фотографії, щоб її оцінити.

До речі, цікавий варіант вищеописаного порошкового струминного друку розробляє компанія ProMetal . Її фірмовий виробничий процес під назвою Direct Metal Process працює абсолютно аналогічно. Тільки замість гіпсового порошку застосовується металевий порошок. Далі сформований виріб обпалюється в печі, так що порошок або сплавляється сам, або зв'язується легкоплавким металом (як і при лазерному спіканні металевих порошоків). Ось і ще один метод безпосереднього виробництва за допомогою тривимірного друку.

Взагалі ж, перспективи перед 3D друком відкриваються великі - ця технологія вже дозволяє економити багато часу і сил дизайнерам та інженерам. А що буде, коли вона стане доступною на побутовому рівні. Або хоча б у вигляді недорогої послуги. Уявіть собі, що можете зробити будь-який предмет, який зможете придумати та намалювати на комп'ютері... Досить намалювати модель, визначити матеріал та надіслати замовлення інтернетом. Це називається "дистанційне виробництво на вимогу" ( Distance Manufacturing on Demand ). А взагалі така технологія просто зобов'язана рано

чи пізно стати масовою - і тоді кожен на столі матиме свій персональний механічний заводик, який замінить у дрібницях звичайне виробництво. Так само, як принтери замінили друкарні та машинописні бюро.



Рисунок 1.6 - Деталь, виготовлена з металу за технологією ProMetal

А тим часом, подальші розробки в цій галузі йдуть повним ходом, тому постійно можна очікувати чогось нового і несподіваного. Ось, наприклад, група вчених із Каліфорнійського університету в Берклі розробляє технологію тривимірного друку, яка б дозволила одночасно створювати і форму, і зміст. Під змістом тут мається на увазі ні багато, ні мало – електронна начинка. Скажімо, принтер друкує корпус мобільного телефону із пластику та одночасно друкує всередині всю електроніку. В принципі, вже існують способи друку пластикових напівпровідникових пристроїв і проводів, що їх з'єднують. Залишилося лише скомбінувати їх із існуючими технологіями 3D-принтерів та готовий революційний прорив у сучасному виробництві. Ні, звичайно, це непросте завдання, але вирішити його цілком

МОЖЛИВО.

Або, ось, наприклад, розробки Університету Міссурі, що дозволяють за допомогою струменя виводити на друк своєрідні заготовлі біологічних органів. Як чорнило при цьому використовуються згустки клітин заданого типу. Замість "папір" виступає спеціальний біо-гель, який фіксує положення клітинних згустків у просторі. Друк проводиться в кілька шарів, так що в результаті виходить об'ємна конструкція з клітин, яка, в принципі, може імітувати будь-який орган (після виростання клітин розчиняється гель, так що можливе отримання порожнистих структур). Звичайно, друк повноцінного органу для пересадки поки що є надто складним завданням, але робота йде.

## 1.2 Методи тривимірного друку

Дана технологія має широкі перспективи розвитку та впровадження, тому що мають багато переваг, у порівнянні з традиційними методами створення різних деталей. Однією з таких переваг є наочність – деталь набагато простіше сприймати, коли вона є тривимірним об'єктом, а не представлена, наприклад, на кресленнях. Другою перевагою є швидкість створення – особливо це проявляється у виконанні складних деталей. Також можна назвати відсутність фізичних зусиль з боку людини. Роль людини в процесі виготовлення полягає у створенні віртуального макета, за допомогою якого-небудь графічного редактора (що дозволяє створювати 3D- моделі ).

Тривимірний друк стає все найбільш популярним і дешевим, доступним якщо не для широких мас, то, принаймні, для більшості середніх виробничих компаній.

За допомогою 3D-принтера можна в дуже короткий термін зробити необхідний прототип і навіть використовувати його за призначенням, якщо він виконаний з придатного матеріалу. Лише уявіть собі недалеке майбутнє, де можна буде прийти в якийсь офіс і на замовлення роздрукувати створену вами модель. Це можливо будь-що - від гайкового ключа до дуже важливої і рідкісної деталі в двигуні раритетного родстера.

Вже зараз на просторах Інтернету можна знайти десятки різних моделей 3D-принтерів з різною ціною та швидкістю друку до 2 см на годину! При цьому їх розміри можна порівняти з невеликою тумбою. Звичайно, ціна на такі пристрої все ще велика, і нерідко варіюється від вартості підтриманого російського автомобіля до вартості боліда «Формули 1». Тому багато компаній здають 3D-принтери в оренду, або за помірну плату виготовляють необхідні модельні зразки на своїх «виробничих потужностях».

Наприклад, у нас середня вартість за один кубічний сантиметр виготовленої тривимірної продукції дорівнює 30 рублям, але, знову ж таки, варто обмовитися - багато чого залежить від обсягу замовлення, використовуваного матеріалу і технології, за якою друкуватиметься модель.

Зараз розробка 3D-друку в медичних установах дозволяє створювати примітивні органи, в яких полімери замінені звичайними вирощеними клітинами, а роль клею, що з'єднує їх, виконує спеціальний біогель, що розчиняється після зрошування клітин. Хто знає, може через кілька років 3D-принтери навчитися друкувати не тільки моделі, але і реальні людські органи, готові до трансплантації.

Призначення 3D – принтера. Пристрої, подібні до розроблюваного, призначені для фізичного втілення тривимірних віртуальних об'єктів. Як найпростіший приклад пристрій здатний вирізати більшість простих

геометричних фігур. Пристрій також здатний створювати, наприклад, макети деталей для різних механізмів. За допомогою цього пристрою можна наочно уявити зовнішній вигляд будь-якого механізму, так як креслення не завжди дають повне уявлення.

Перш ніж говорити про саму 3D-друку, слід трохи заглибитися в теоретичну частину і зрозуміти, навіщо все це потрібно.

По-перше, як було сказано раніше, тривимірний друк дозволяє в найкоротші терміни зробити необхідний макет - все ж таки інженерам буде куди легше усвідомити, який саме їм необхідно буде зробити елемент конструкції, коли його можна буде помацати і візуально оцінити.

По-друге, зі зробленим макетом можна провести всі необхідні випробування ще до створення готової продукції, що значно здешевить виробництво і звільнить від можливих проблем. Наприклад, потрібно перевірити аеродинаміку будь-якої деталі, що використовується в новому автомобілі - замість багатоденної роботи готовий макет буде в руках інженерів вже через кілька годин, і дозволить виміряти його базові характеристики на практиці. Або інший приклад - будується будинок, і потрібно швидко і якісно створити його чіткий прототип. Все, що потрібно, так це спроектувати будівлю в САD-додатку і віддати 3D-принтеру виконати всю важку роботу - будова в даному масштабі (в рамках розумного, природно) буде готова лише через кілька годин.

3D-друк також можна використовувати у малосерійному виробництві для розробки форм для лиття. Таким чином, у компанії з'являється можливість істотно зберігати як дорогоцінний час, так і ресурси, швидко і якісно створюючи необхідні макети для своїх потреб.

### 1.3 Огляд існуючих пристроїв подібного призначення

1) VFB 3000. Можливість створення кольорових 3-мірних об'єктів за допомогою струминної технології (рис.1.7). Розмір робочої зони (X) 230 мм. Розмір робочої зони (Y) 275 мм. Розмір робочої зони (Z) 200 мм. Товщина шару (макс.) 50 мкм. Швидкість 10 мм/год. Недоліки - невеликі габарити деталей, висока вартість - близько 4000 \$.



Рисунок 1.7 – Зовнішній вигляд 3D -принтера VFB 3000

2) ZPrinter450. 3D-принтер ZPrinter450 (рис. 1.8) – це найновіша модель компанії ZCorp , випущена на споживчий ринок у 2007 році. 3D-принтер ZPrinter450 увібрав у себе найкраще від попередніх моделей і став більш легким та простим у використанні. Головною перевагою принтера є те, що він здатний створювати кольорові об'єкти. Принтер оснащений двома друкувальними головками. Товщина шару: вибирається користувачем під час друку; 0.089-0.102 мм. Швидкість друку: 2 - 4 шари за хвилину. Недоліки – великі габарити та вага (Габарити обладнання – 122 x 79 x 140см. Вага обладнання – 193 кг). Висока вартість - 56 489 \$.



Рисунок 1.8– Зовнішній вигляд 3D -принтера ZPrinter450

3) 125 сі . Модель 125 сі (рис. 1.9) може відтворювати моделі з габаритами 12,7 х 12,7 х 12,7 см. Кубічний сантиметр матеріалу для створення моделі коштуватиме покупцям приблизно 5-6 центів. Побудова моделі проводиться шляхом формування шарів завтовшки близько 0,25 мм. Виготовлення деталей здійснюється за допомогою потужної галогенної лампи та системи лінз для направлення ультрафіолетового пучка на потрібну ділянку вихідного матеріалу. Сировиною для деталей служить порошковий світлотвердіючий пластик. Габарити самого принтера становлять 63,5 х 50,8 х 50,8 см. Висока вартість – 5000 \$. Маленькі габарити деталей. Низька якість друку.



Рисунок 1.9 – Зовнішній вигляд принтера 125 сі

4) Connex500 (рис. 1.10). Области побудови (X x Y x Z) 490 x 390 x 200 мм. Товщина шару (вісь Z) 16 мкм. Можливість побудови тонких стінок до 0.6 мм.



Рисунок 1.10 – Зовнішній вигляд принтера Connex500

Одночасне виготовлення великої кількості деталей з одного або кількох матеріалів. Швидкість побудови до 20мм на годину. Можливість одночасного друку різними матеріалами. Великі габарити та вага -1420мм x1120мм x1130мм та 500 кг відповідно. Висока вартість.

На підставі результату порівняння аналогічних пристроїв можна зробити висновок, що пристрій, що розробляється, в порівнянні з аналогами має таку важливу перевагу як вартість. Крім того, принтер, що розробляється, більш простий, а отже надійніший, має високу ремонтпридатність і простий у користуванні.

#### 1.4 Висновки до першого розділу

Проаналізовані різні підходи до створення тривимірних деталей з твердих заготовок. Показано різні підходи: за допомогою фрезерного станка з керуванням переміщенням по трьох вісях; за допомогою лазерних систем запікання спеціального гелю; за допомогою 3D-принтерів.

Наведено опис 3D-принтерів. Визначені їх переваги і недоліки. Описано способи формування деталі, шляхом переміщення каретки по трьох вісях. Запропоновані підходи до створення фрезерного станка із заданими параметрами.

					<i>КВРАКІТ.2020130.01.14.ПЗ</i>	
		<i>№ локум.</i>	<i>Пілпис</i>			25

## 2 РОЗРОБКА СХЕМИ ПОБУДОВИ ТРИВИМІРНОГО ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

### 2.1 Технічні умови для проектування

3D - фрезерний станок призначений для фізичного відтворення тривимірної віртуальної моделі. Для передачі сигналів використовується USB - інтерфейс. Застосування цього інтерфейсу обумовлено великою кількістю команд, що передаються одночасно. Живлення схеми та крокових двигунів також здійснюється за допомогою USB -порту. Цей роз'єм з'єднують стандартним кабелем USBT, який зазвичай використовують для підключення принтерів та сканерів.

### 2.2 Розробка структурної схеми 3D - фрезерний станок

За правилами виконання електричних схем (ГОСТ 2702 - 75) функціональні частини зображуються як прямокутників, у яких зазначені найменування кожної функціональної частини.

На схемі показані ПК, контролер, блок живлення, ріжучий термоелемент, драйвер крокового двигуна, перетворювач напруги, три крокові двигуни, три датчики.

Структурна схема 3 D - фрезерний станок включає наступні блоки:

- комп'ютер – за допомогою спеціальної програми керує пристроєм;
- контролер - формує команди для драйверів крокових двигунів;
- драйвери крокового двигуна – обробляє та передає сигнали на крокові двигуни;

		№ локум.	Пілпис		КВРАКІТ.2020130.01.14.ПЗ	26

- блок живлення - є джерелом змінного струму;
- кроковий двигун X – надає руху каретку X координати;
- кроковий двигун Y – надає руху каретку Y координати;
- кроковий двигун Z – надає руху каретку Z координати;
- датчик 0X - мікроперемикач, визначає початкову точку в X координаті;
- датчик 0Y - мікроперемикач, визначає початкову точку Y координаті;
- Датчик 0Z - мікроперемикач, визначає початкову точку в Z координаті.

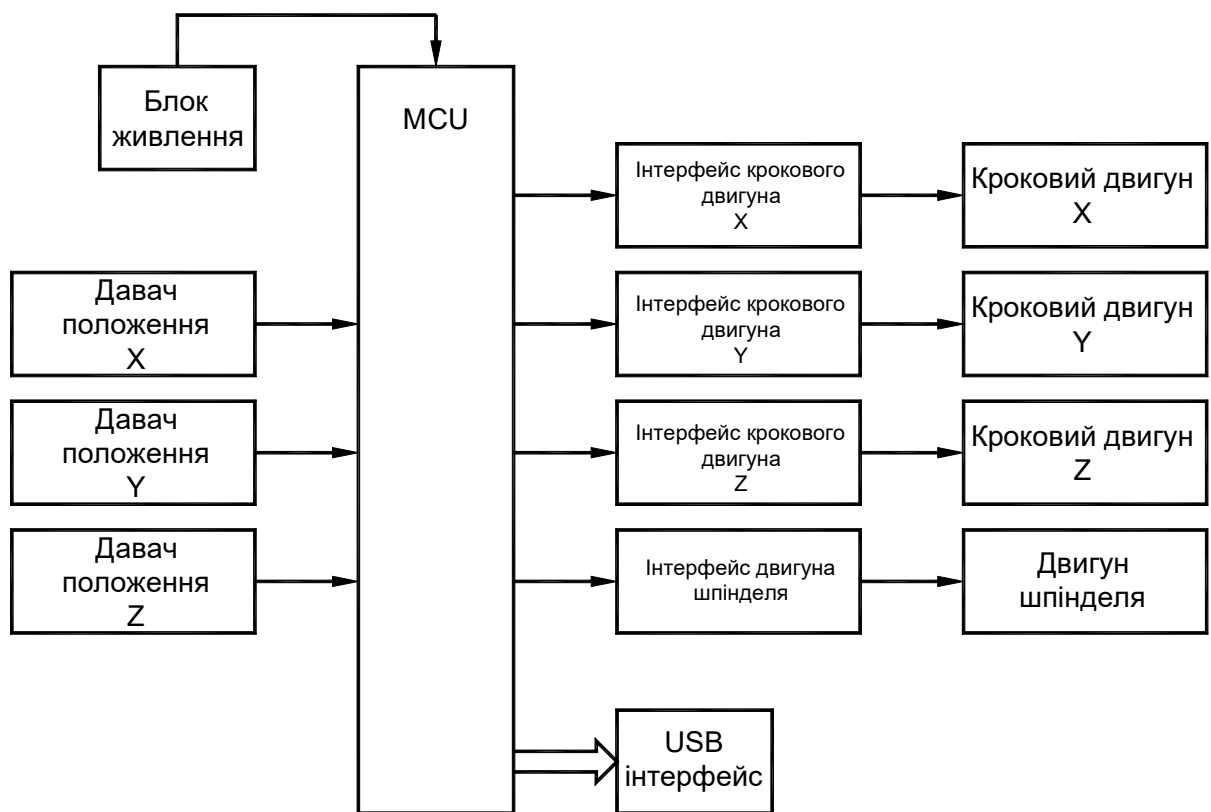


Рисунок 2.1 – Структурна схема фрезерного станка

## 2.3 Розробка принципової схеми 3D - фрезерного станка

Схема електрична принципова розроблена виходячи із аналізу технологічної схеми станка та схеми електричної структурної. При виготовленні пристрою необхідно визначитися з вибором елементної бази, необхідної для більш довгої, точної та ефективною його роботи.

В основі роботи пристрою полягає застосування перспективного мікроконтролерного пристрою STM32F103R4. Позначення його на схемі електричній принциповій показано на рисунку 2.2.

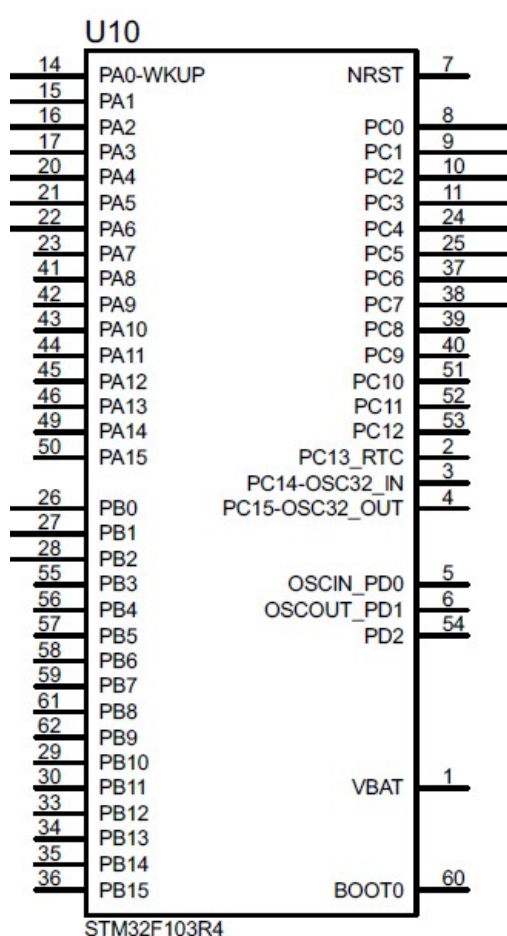


Рисунок 2.2 – Позначення мікроконтролера STM32F103R4 на схемі електричній принциповій

STM32 - сімейство 32-бітних мікроконтролерів виробництва STMicroelectronics. Чіпи STM32 групуються в серії, в рамках кожної з яких використовується одне й те саме 32-бітне ядро ARM, наприклад, Cortex-M7F, Cortex-M4F, Cortex-M3, Cortex-M0+ або Cortex-M0. Кожен мікроконтролер складається з ядра процесора, статичної RAM-пам'яті, флеш-пам'яті, налагоджувального та різних периферійних інтерфейсів.

STM32 - сімейство мікроконтролерів, заснованих на 32-бітних ядрах ARM Cortex-M7F, Cortex-M4F, Cortex-M3, Cortex-M0+ або Cortex-M0 із скороченим набором інструкцій. STMicroelectronics (ST) має ліцензію на IP-процесори ARM від ARM Holdings. Дизайн ядра ARM має безліч опцій, що настроюються, і ST вибирає індивідуальну конфігурацію для кожного мікроконтролера, при цьому додаючи свої власні периферійні пристрої до ядра мікроконтролера перед перетворенням дизайну в напівпровідникову пластину.

Мікроконтролери STM32 виконані на основі ядра Cortex, яке підключено до Flash-пам'яті по окремій шині інструкцій. Шина даних та системна шина Cortex підключені до матриці високошвидкісних шин АНВ. Внутрішнє статичне ОЗУ підключено безпосередньо до матриці шин АНВ, з якою також пов'язаний блок ПДП. Підключення вбудованих ПВР розподілено між двома шинами APB. Кожна шина пов'язана з матрицею шин АНВ за допомогою шинних перетворювачів. Матриця шин АНВ синхронізується тією самою частотою, як і ядро Cortex. Проте, у шин АНВ є окремі попередні подільники і, з метою зниження енергоспоживання їх можна синхронізувати нижчими частотами. Як шинні майстри можуть виступати, як ЦПУ Cortex, так і блок ПДП. Завдяки властивій матриці шин паралелізму, необхідність в арбітражі виникає лише у разі спроб одночасного доступу обох майстрів до статичного ОЗУ, шини APB1 або APB2. Проте



Всі блоки таймерів виконані на основі 16-бітного лічильника, що перезавантажується, який синхронізується з виходу 16-бітного попереднього подільника. Перезавантаження значення зберігається в окремому регістрі. Рахунок може бути прямий, зворотний або двонаправлений (спочатку прямий до певного значення, потім зворотний). Вхід синхронізації лічильника можна пов'язати з одним із восьми різних джерел. До них входять: спеціальний сигнал синхронізації, похідний від сигналу головної системної синхронізації; вихідний сигнал синхронізації одного з інших таймерів або зовнішній сигнал синхронізації, пов'язаний із виводами захоплення/порівняння.

Крім складового основу таймера лічильника, кожен блок таймера також входить чотиріканальний блок захоплення/порівняння. Цей блок виконує як стандартні функції захоплення і порівняння, так і ряд спеціальних функцій. Кожен із таймерів може генерувати переривання та підтримує ПДП.

Для забезпечення зв'язку мікроконтролера із комп'ютером, застосовано мікросхему FT232R.

FT232R — це інтерфейс USB-послідовний UART з додатковим виходом тактового генератора та новою функцією захисту FTDIChip-ID™. Крім того, доступні асинхронні та синхронні режими інтерфейсу bit bang. Конструкції USB для послідовного зв'язку з використанням FT232R були ще більше спрощені завдяки повній інтеграції зовнішнього EEPROM, тактової схеми та USB-резисторів у пристрій.

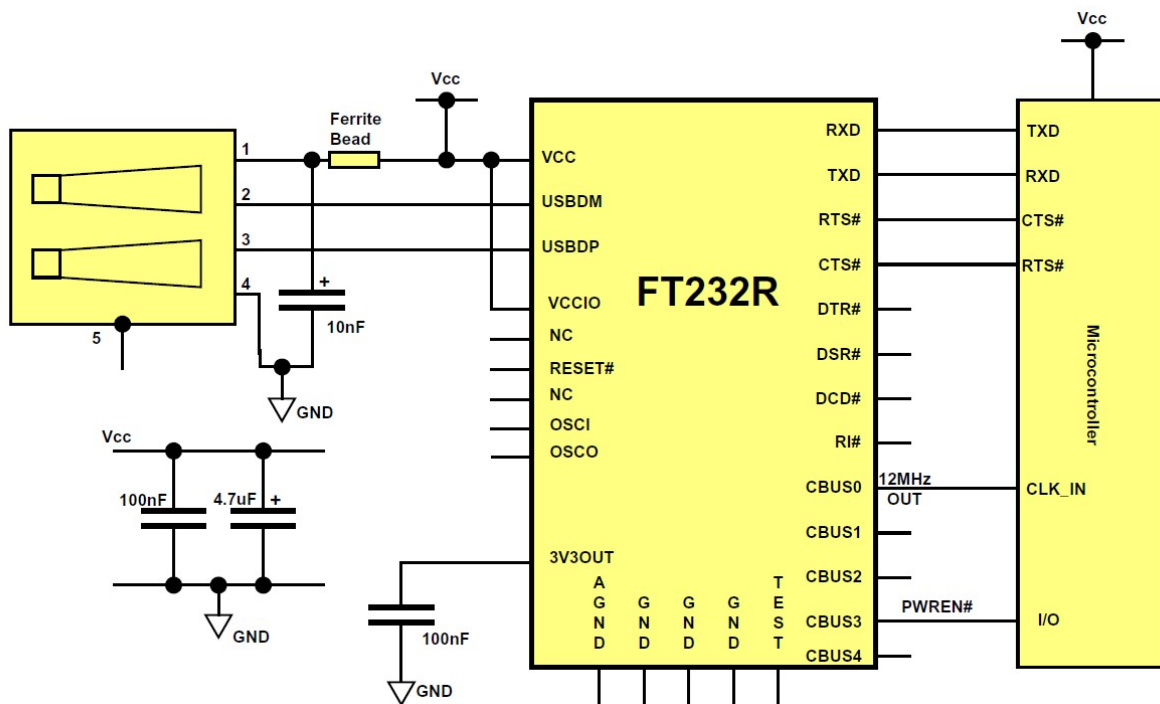


Рисунок 2.3 – Типова схема підключення FT232R до комп'ютера та мікроконтролера

FT232R додає дві нові функції порівняно зі своїми попередниками, фактично роблячи його мікросхемою «3-в-1» для деяких областей застосування. Внутрішньо згенерований тактовий сигнал (6 МГц, 12 МГц, 24 МГц і 48 МГц) можна вивести з пристрою і використовувати для керування мікроконтролером або зовнішньою логікою. Унікальний номер (FTDIDChip-ID™) записується в пристрій під час виготовлення і зчитується через USB, таким чином формуючи основу ключа безпеки.

Підключення крокових двигунів до мікроконтролера проведено за типовою схемою наведеною на рис. 2.4 із застосуванням мікросхем інтерфейсів двигунів L297 та L298.

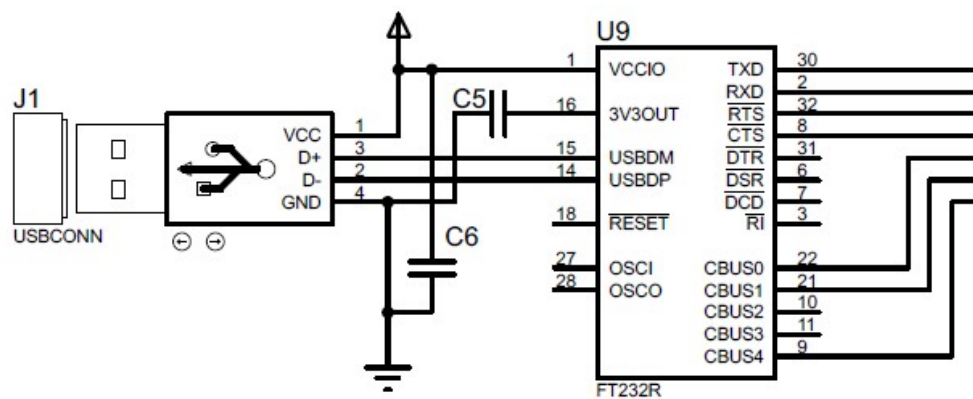


Рисунок 2.3 – Підключення інтерфейсу до мікроконтролера та зовнішнього порту на схемі принципів

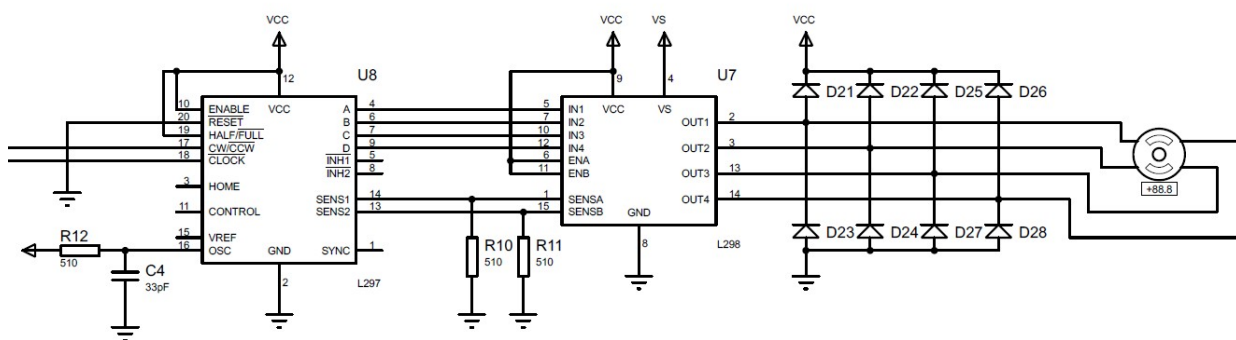


Рисунок 2.4 – Типова схема підключення крокового двигуна до мікроконтролера

ІС контролера крокового двигуна L297/A/D генерує чотирифазні сигнали приводу для двофазних біполярних і чотирифазних однополярних крокових двигунів у програмах, керованих мікрокомп'ютером. Двигун може працювати в половинному режимі, нормальному та wave-режимі, а вбудовані схеми ШІМ-переривника дозволяють керувати струмом в

обмотках у комутаційному режимі. Особливістю цього пристрою є те, що йому потрібні тільки вхідні сигнали годинника, напрямку та режиму. Оскільки фази генеруються всередині, навантаження на мікропроцесор і програматор значно зменшується. Встановлений в пакети DIP20 і SO20, L297 можна використовувати з монолітними мостовими накопичувачами, такими як L298N або L293E, або з дискретними транзисторами і Дарлінгтоном.

L298N кроковий двигун і драйвер двигуна постійного струму Arduino. Нова версія класичного драйвера для крокових і колекторних двигунів на чіпі L298N.

При напрузі драйвера від 7 до 20 вольт можна використовувати вбудований стабілізатор 5 В. При нижчих напругах рекомендується напруга контролера 5 В. Детальніше - Зовнішній стабілізатор або окремий блок живлення 5В.

Основні параметри:

Чіп драйвера: драйвер двигуна постійного струму L298N з подвійним мостом Н.

Напруга живлення драйвера  $V_s$ : +5 В ~ +35 В

Піковий струм  $I_o$ : 2 А

Напруга живлення логічної частини  $V_{ss}$ : +5В~+7В (+5В можна подати живлення з материнської плати)

Споживання струму логічної секції: . 0~36 мА

Діапазон напруги керуючого сигналу та вхідна роздільна здатність:

Низький рівень:  $-0,3 \text{ В} \leq V_{in} \leq 1,5 \text{ В}$

Високий рівень:  $2,3 \text{ В} \leq V_{in} \leq V_{ss}$

Максимальна споживана потужність: . 25 Вт (температура  $T=75^\circ$ )

Температура зберігання :.  $-25^\circ \sim +130^\circ$

Драйвери L297 та L298 було обрано, оскільки вона оптимально підходить для виконання потрібних функцій. Саме ці драйвери є головним елементом управління кроковими двигунами і він краще за інших справляється з даним завданням, оскільки навіть у звичайних принтерах цей драйвер та використовувані двигуни працюють разом.

Таблиця 2.4 – Технічні параметри

Вхідний струм високого рівня	0.02
Вихідна напруга низького рівня	0.4
Діапазон робочих температур, грн. З	-10...+70
Вхідний струм низького рівня	0.4
Номінальна напруга живлення	5
Струм споживання, мА	11.5
Вихідна напруга високого рівня	2.7
Функціональність	лічильник

Стабілізатор LM7805 – використовується для перетворення напруги з 12В на 5В. Аналогом є дефіцитна мікросхема KP142EH5a, яку було вирішено не використовувати саме через її дефіцит.

Резистор (англ. resistor , від латів. resisto - опір) - пасивний елемент електричного ланцюга, що в ідеалі характеризується тільки опором електричному струму. Також існує кілька характеристик, виходячи з яких вибираються резистори:

Номінальний опір - електричний опір, значення якого позначено на резисторі і яке є вихідним для відліку відхилень від цього значення. Номінальний опір резистора зазвичай вказують на електронні в принципових

схемах поруч із позиційним позначенням резистора . Фактичне опір кожного резистора може відрізнятись і відрізняється від номінального, але не більше ніж на величину допустимого відхилення. Промисловістю випускаються резистори з номінальним опором від часток Ома до кількох МегаОм.

Допустиме відхилення - характеризує ступінь розкидання , відхилення від номінального значення для резисторів даного класу точності. Допустиме відхилення вказується в процентах від номіналу. Допустимі відхилення номіналів резисторів загального застосування досить великі 20, 10, 5 відсотків. Для високопрецизійних резисторів допуск на відхилення може досягати значень в 0,1%.

Номінальна потужність розсіювання - це граничне значення потужності у Ваттах (Вт), яку може розсіювати резистор у вигляді випромінюваної теплоти і при якій Резистор може працювати тривалий час, зберігаючи параметри в заданих межах .

У схемі використовувалися постійні резистори, тому що в порівнянні з іншими типами резисторів вони мають найкраще співвідношення ціна якість, до того ж оптимально підходять для використання на звичайних ПП.

Конденсатор - це елемент електричного ланцюга, що складається з електродів (обкладок), що проводять, розділених діелектриком і призначений для використання його ємності. Ємність конденсатора є відношення заряду конденсатора до різниці потенціалів, яку заряд повідомляє конденсатору. Як діелектрик у конденсаторах використовуються органічні та неорганічні матеріали, у тому числі оксидні плівки деяких металів. При додатку до конденсатора постійної напруги відбувається його заряд

У схемі були використані як паперові, і електролітичні конденсатори, залежно від необхідних значень.

## 2.4 Розрахунок надійності пристрою

Під надійністю пристрою або його окремих блоків розуміють здатність пристрою виконувати на необхідному рівні покладені на неї функції в певних умовах і протягом заданого часу, встановлених в технічному завданні (ТЗ) або технічних умовах (ТУ).

Основним показником надійності виробу є безвідмовність. Для невідновлюваних та для відновлюваних виробів до їхньої першої відмови визначається трьома параметрами: ймовірністю безвідмовної роботи, середнім часом безвідмовної роботи та інтенсивністю відмов. Властивість відновлюваних виробів, що визначає тривалість їх роботи між відмовами, крім того, характеризується напрацюванням на відмову та параметром потоку відмов. Якщо розподіл відмов підпорядковується закону, який пов'язує ці параметри, то часом досить знання однієї з них отримання інших.

Довговічність - властивість виробу зберігати працездатність до настання граничного стану за встановленої системи технічного обслуговування та ремонту. Довговічність характеризує тривалість можливого використання виробу. Вона визначається такими параметрами, як технічний ресурс, термін служби, умовна довговічність і т.д. і вимірюється, як правило, в одиницях часу.

Ремонтопридатність є одним із показників надійності відновлюваних виробів. Кількісно вона найчастіше визначається коефіцієнтами готовності та простою.

В основу розрахунку надійності покладено принцип визначення характеристик надійності систем за характеристиками надійності елементів, що входять до цих систем.

Для характеристики надійності виробів, що відновлюються, велике



## 2.5 Висновки до другого розділу

Описано технічні вимоги до розроблюваного пристрою. Наведена розробка структурної схеми та її опис. Схема складається із наступних блоків:

- комп'ютер – за допомогою спеціальної програми керує пристроєм;
- контролер - формує команди для драйверів крокових двигунів;
- драйвери крокового двигуна – обробляє та передає сигнали на крокові двигуни;
- блок живлення - є джерелом змінного струму;
- кроковий двигун X – надає руху каретку X координати;
- кроковий двигун Y – надає руху каретку Y координати;
- кроковий двигун Z – надає руху каретку Z координати;
- датчик 0X - мікроперемикач, визначає початкову точку в X координаті;
- датчик 0Y - мікроперемикач, визначає початкову точку Y координаті;
- Датчик 0Z - мікроперемикач, визначає початкову точку в Z координаті.

Наведена розробка схеми електричної принципової. Описано та обґрунтовано вибір елементів для побудови схеми. Розраховано надійність пристрою.

## 3 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЮ

### 3.1 Алгоритм роботи пристрою

Після включення пристрою потрібно виконати ряд етапів перед початком роботи пристрою. По-перше, потрібно сконфігурувати порти загального призначення на введення і на виведення інформації, сконфігурувати таймер та сконфігурувати послідовний порт на введення і виведення інформації. Після виконання вказаних дій. Потрібно встановити початкове положення станка, а саме шляхом переміщення по усіх трьох координатах виставити нульове положення станка. Нульове положення визначається по замиканню відповідних кінцевих давачів.

Після проведення конфігурування мікроконтролера і встановлення нульового положення, мікроконтролер переходить у режим очікування даних від комп'ютера про початок роботи. Після приходу сигналу про початок роботи запускається двигун шпінделя, і очікуються приходу даних про переміщення каретки. Після приходу наступних координат, мікроконтролер розраховує кількість кроків по кожній координаті та запускаються сигнали на переміщення каретки по кожній координаті. Після приходу сигналу закінчення, вимикається двигун шпінделя і переводиться каретка в нульове положення.

Таким чином, з описаними елементами алгоритму розроблено блок схему програмного забезпечення наведену на рисунку 3.1.

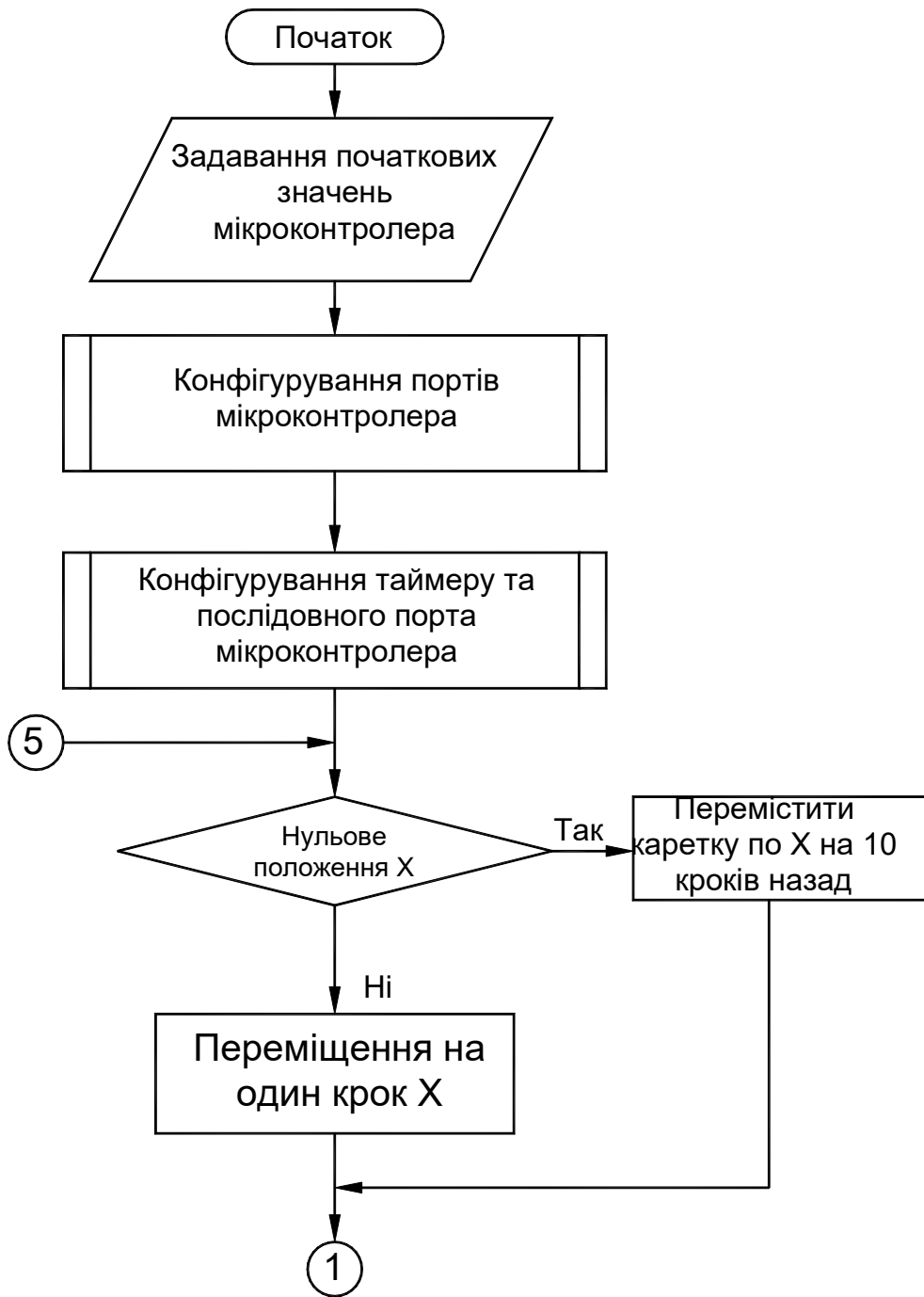


Рисунок 3.1 – Алгоритм роботи пристрою

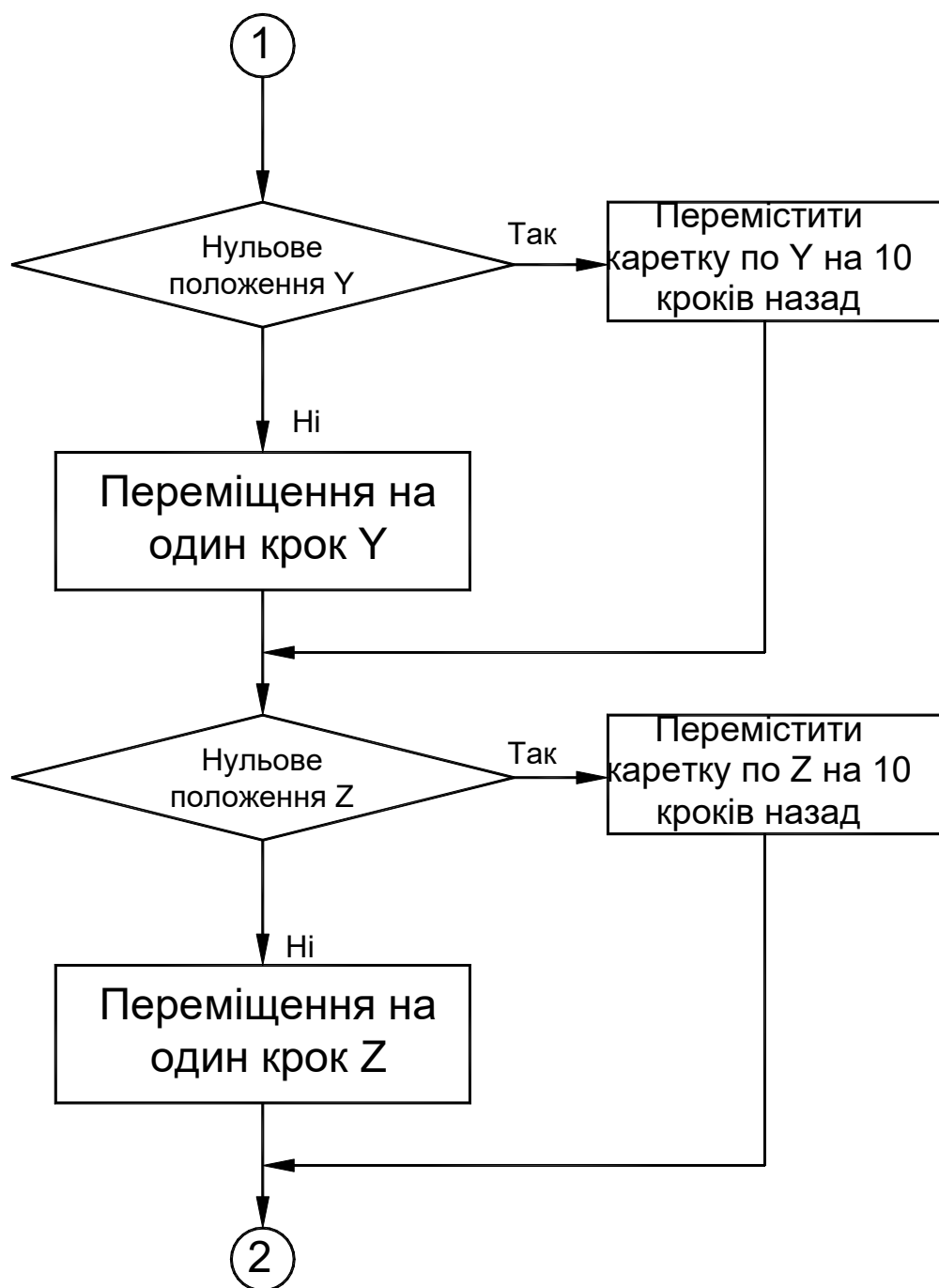


Рисунок 3.1 – Продовження

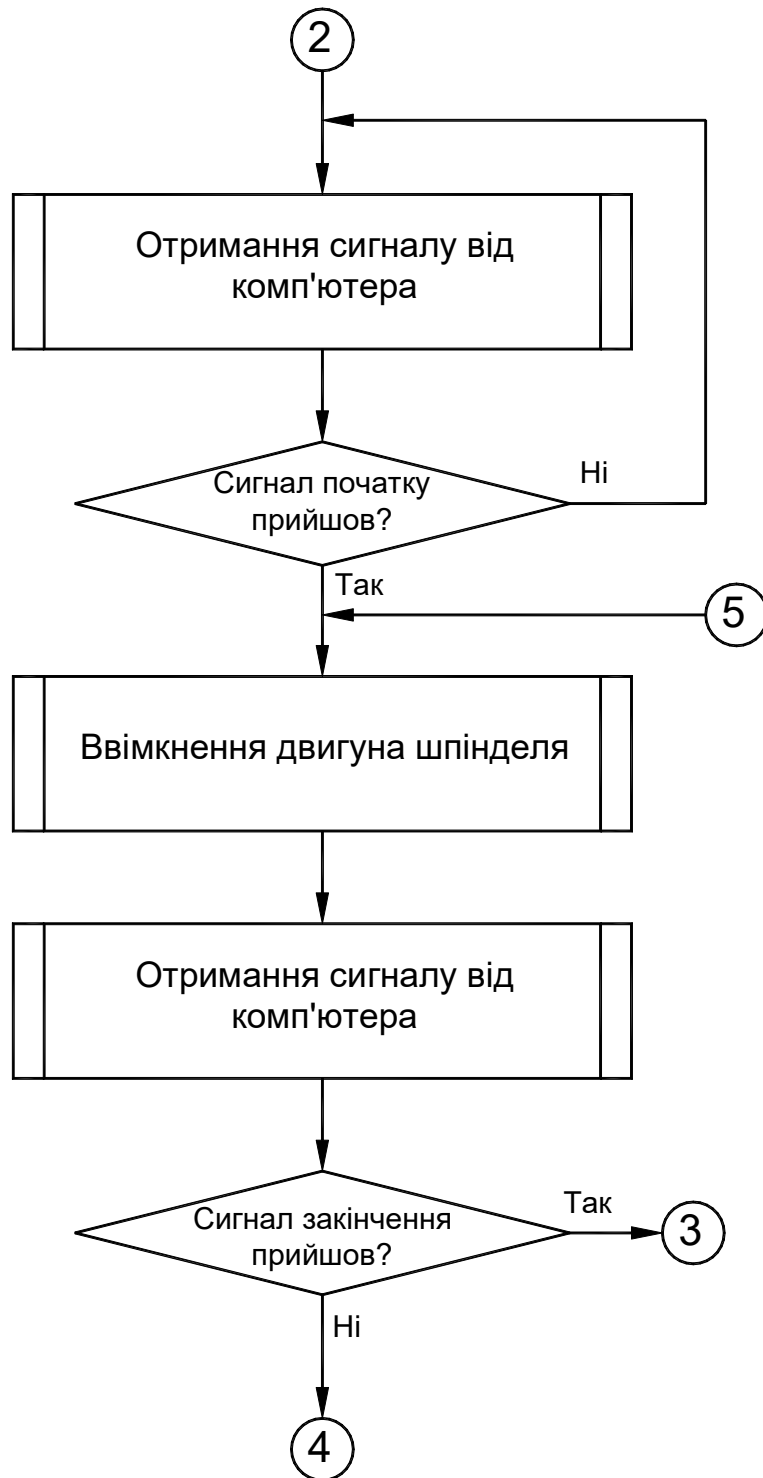


Рисунок 3.1 – Продовження



Вони називаються літерами AG: PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, PORTE, PORTF, PORTG.

Порти можуть бути налаштовані як

- вхід;
- вихід.

Якщо порт настроєно на введення даних, можливі такі режими:

- аналоговий вхід;
- цифровий вхід.

Також передбачена можливість підключення резистора, що підтягує.

Якщо порт налаштований на виведення даних, необхідно задати:

- максимальна швидкодія;
- режим виходу.

Максимальна швидкодія може мати такі значення: 2, 10, 50 МГц.

Режим виходу може бути таким:

- двотактний вихід загального призначення;
- вихід із відкритим стоком загального призначення;
- двотактний вихід із альтернативною функцією;
- вихід із альтернативною функцією з відкритим стоком.

Два останні режими використовуються, коли виведення використовується якимось периферійним пристроєм (наприклад, вихід USART).

Вихід загального призначення симетричний. Логічна одиниця та нуль на виході можуть дати приблизно однаковий струм. А вихід з відкритим стоком припускає, що на ньому може з'явитися тільки земля, коли транзистор вихідного каскаду виведення буде відкритий. А щоб на виході була одиниця,



типів: звичайні, на які можна подавати рівень не більше напруги живлення контролера, та висновки толерантні (терпимі) до 5 вольтів. У документації ці висновки позначені літерами FT.

### 3.2.2 Опис регістрів виводів загального призначення

Для конфігурування портів та роботи з ними на кожен порт виділено по сім регістрів:

- GPIOx\_CRL, GPIOx\_CRH - задають режими роботи кожного біта порту;
- GPIOx\_IDR – регістр, що дозволяє читати фізичний стан виводів порту x;
- GPIOx\_ODR - дозволяє записати дані безпосередньо в порт;
- GPIOx\_BSRR - для скидання та встановлення окремих бітів порту;
- GPIOx\_BRR - для скидання бітів порту;
- GPIOx\_LCKR — щоб блокувати вибрану конфігурацію де x - це ім'я порту (A, B, C, D, E, F або G).

Розглянемо докладніше особливості кожного регістру.

GPIOx\_CRL, GPIOx\_CRH - 32-розрядні регістри, що задають режим роботи кожного виведення порту.

Для того, щоб встановити режим одного виводу, необхідно чотири розряди. Оскільки порт має 16 розрядів, конфігурації порту необхідно 64 розряди. Регістри мікроконтролера мають розрядність рівну 32, тому для



- CNF [1,0] = 01 - вихід загального призначення з відкритим стоком;
- CNF [1,0] = 10 - двотактний вихід з альтернативною функцією;
- CNF [1,0] = 11 - вихід з альтернативною функцією з відкритим стоком

Наступним йде регістр GPIOx\_IDR .

Він призначений для читання фізичного стану порту. Цей регістр має 16 розрядів, кожен із яких відповідає виведенню порту. Прочитавши цей регістр можемо проаналізувати стан будь-якого виведення порту.

Регістр GPIOx\_ODR призначений для безпосереднього запису порту. Він також 16-ти розрядний.

Наступний регістр – GPIOx\_BSRR. Він призначений для атомарного керування виходами.

Як видно, цей регістр 32-х розрядний. Перші 16 розрядів застосовуються для встановлення виходів порту, а старші 16 розрядів — для скидання, тобто. можна маніпулювати окремими розрядами порту.

Якщо записати "1" у розряд BS0, виведення №0 порту буде встановлено. Якщо записати "1" у розряд BR0, виведення №0 порту буде скинуто. Пріоритет має BSx.

Регістр GPIOx\_BRR призначено для роботи з окремими бітами порту. Але він 16-розрядний, і призначений тільки для скидання виводів порту. Регістр GPIOx\_LCKR призначений для блокування вибраної конфігурації.

Щоб захистити налаштування вибраного розряду порту, необхідно встановити відповідний біт LCK. Відразу після цього виконати послідовний запис у розряд LCKK 1 - 0 - 1.

### 3.2.3 Налаштування виводів загального призначення

Конфігуруємо виводи відповідно до поставленого завдання:

1. Подаємо тактування на порт А. Для цього встановлення біт IOPAEN регістру APB2ENR в «1».

```
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN;
```

2. Задаємо режим роботи відповідних портів як аналоговий вхід. Для цього встановлюємо біти MODEx[1:0] та CNFх[1:0] регістру CRL «0».

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_MODE0;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_MODE1;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_MODE2;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_MODE3;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_MODE4;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_MODE5;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_MODE6;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_MODE7;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_CNF0;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_CNF1;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_CNF2;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_CNF3;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_CNF4;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_CNF5;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_CNF6;
```

```
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_CNF7;
```

### 3.3 Опис роботи таймера

У даній частині опишемо ті принципи роботи і реєстри, які використовувалися в даній роботі, так як опис таймерів займає п'яту частину документації, і описувати все тут не має сенсу.

Базовий модуль складається з рахункового реєстру (CNT), дільника з реєстром PSC і реєстру автоматичного завантаження ARR. Ці реєстри доступні із програми. Але, крім них, базовий модуль містить додаткові реєстри, які недоступні програмно.-

16-розрядний лічильний реєстр CNT – це основа таймера. Він може рахувати вгору (додавання) і вниз (віднімання). Напрямок рахунку визначається розрядом DIR керуючого реєстру CR1. Значення рахункового реєстру можна програмно прочитати чи змінити у час.

Рахунковий реєстр 16-розрядний, тому максимальне значення до якого (а також з якого) він може вважати 65535. Але це значення можна змінювати в меншу сторону. Для цього призначений реєстр ARR, завдяки якому лічильний реєстр є лічильником зі змінним коефіцієнтом поділу.

#### Тактування рахункового реєстру

Таймер може тактуватися від джерел. На виході схеми вибору джерела тактування отримуємо сигнал CK\_PSC, який є тактовим сигналом таймера, але він подається на лічильний реєстр не безпосередньо, а через попередній дільник із змінним коефіцієнтом розподілу (1...65536). Сигнал, що подається безпосередньо на вхід лічильника, називається CK\_CNT.

Коефіцієнт поділу попереднього дільника визначається керуючим реєстром PSC.

Управління подачею тактових імпульсів на вхід попереднього дільника (а також увімкнення/вимкнення таймера) здійснюється за допомогою розряду SEN реєстру CR1.

#### Переповнення рахункового реєстру та подія оновлення UEV

Перед початком рахунку регістр CNT завантажується його початкове значення. За рахунку вгору це значення дорівнює нулю, а за рахунку вниз – вмісту регістру ARR. Від кожного тактового імпульсу вміст CNT збільшується на 1 (при рахунку вниз зменшується на 1), доки досягне свого максимального значення, яке визначається вмістом регістру ARR (при рахунку вниз – доки досягне свого мінімального значення, тобто. нуля).

З приходом наступного тактового імпульсу відбудеться скидання лічильного регістру в нуль (при рахунку вниз до нього автоматично буде записано значення регістру ARR). Цей перехід і називається переповненням рахункового регістру, у результаті якого може формуватися подія оновлення рахункового регістру (UEV).

Є можливість заборонити формування цього сигналу. Робиться це за допомогою розряду UDIS регістру CR1: якщо він дорівнює нулю – генерування події оновлення дозволено, одиниці – заборонено.

Крім формування сигналу оновлення рахунковим регістром, його можна формувати програмно (імітація переповнення рахункового регістру). Для цього призначено розряд UG регістру EGR. Після запису в нього одиниці відбудеться перезавантаження рахункового регістру і формування сигналу оновлення (якщо він дозволений розрядом UDIS).

Подія оновлення використовується для:

- генерування запиту переривання від таймера;
- генерування запиту DMA від таймера;
- запис нового значення регістрів ARR та PSC;
- управління іншим таймером

Оновлення регістрів ARR та PSC.

Запис нового значення ці реєстри має деякі особливості, про які необхідно пам'ятати.

Якщо записати нове значення в реєстр PSC, то дільник діятиме його тільки після чергової події оновлення UEV. Як бачимо, після запису нового значення PSC, буфер дільника (який задає коефіцієнт поділу) отримає його тільки після чергової події оновлення. Якщо подія оновлення заборонена установкою розряду UDIS, оновлення буфера дільника не відбудеться навіть після переповнення лічильника.

Подібний механізм використовується для запису нового значення в реєстр ARR. Після запису нового значення цього реєстру, воно спочатку поміщається в реєстр попереднього завантаження, а після чергової події оновлення рахункового реєстру це значення буде переписано в реєстр ARR.

Щоб не чекати на оновлення реєстру CNT, можна згенерувати подію оновлення “вручну”, записавши одиницю в розряд UG. Після цього відбудеться оновлення буфера дільника та реєстру ARR новими значеннями та оновлення новим значенням з ARR рахункового реєстру.

Для реєстру ARR можна обійти описаний вище механізм. Для цього призначений розряд ARPE реєстру CR1. Якщо в цьому розряді “0”, запис нового значення в реєстр ARR відбувається відразу, не чекаючи події оновлення.

#### Режим одного імпульсу (OPM)

Цей режим включається встановленням розряду OPM реєстру CR1 в одиницю. Якщо його увімкнено, то після формування події оновлення буде скинуто розряд SEN, завдяки чому робота таймера буде зупинена.





6. Запускаємо рахунок таймера. Для цього встановлюємо біт CEN регістру CR1 «1».

```
TIM1->CR1 |= TIM_CR1_CEN;
```

Обробник переривань таймеру. Таймер визначає частоту опитування каналів АЦП. Після переповнення лічильника таймера спрацьовує переривання, яке запускає перетворення каналів регулярної групи.

Реалізація у програмному коді:

1. Скидаємо прапор переривання. Для цього встановлюємо біт UIF регістру SR «0».

```
TIM1->SR &= ~TIM_SR_UIF;
```

2. Запускаємо перетворення каналів регулярної групи. Для цього встановлюємо біт SWSTART регістру CR2 «1».

```
ADC1->CR2 |= ADC_CR2_SWSTART;
```

### 3.6 UDP стек

Для економії часу було взято готовий TCP стек – LwIP. У процесі його ініціалізації, формування та надсилання пакета використовувалися бібліотечні функції.

Реалізація у програмному коді:

1. Ініціалізуємо Ethernet. Для цього використовуємо бібліотечну функцію.

```
ETH_BSP_Config();
```

2. Ініціалізуємо TCP стек. Для цього використовуємо бібліотечну функцію.

```
LwIP_Init();
```

3. Також потрібно періодично розсилати широкомовні пакети та відповідати на ARP та ICMP запити. Для цього використовуємо бібліотечні функції.

```
if (ETH_CheckFrameReceived())  
{  
    LwIP_Pkt_Handle();  
}  
LwIP_Periodic_Handle(LocalTime);
```

### 3.7 Основне тіло програми

В основному тілі програми ініціалізуємо всі периферійні пристрої, глобально дозволяємо переривання, ініціалізуємо стек, оголошуємо буфер даних, дозволяємо переривання від таймера та АЦП, виставляємо пріоритети переривань та запускаємо функції відповіді на ARP та ICMP запити. Повний текст програми представлено у додатку А.



Для налаштування IP-адреси пристрою використовуються рядки #define IP\_ADDR0; #define IP\_ADDR1; #define IP\_ADDR2; #define IP\_ADDR3. Відповідно перший октет IP адреси задається рядком define IP\_ADDR0 "значення", другий октет рядком #define IP\_ADDR1 "значення" і так далі.

Наприклад для завдання IP адреси 192.168.0.10 має бути запис виду:

```
#define IP_ADDR0 192  
#define IP_ADDR1 168  
#define IP_ADDR2 0  
#define IP_ADDR3 10
```

Аналогічним чином задаються інші параметри.

Маска підмережі:

```
#define NETMASK_ADDR0 «значення»  
#define NETMASK_ADDR1 «значення»  
#define NETMASK_ADDR2 «значення»  
#define NETMASK_ADDR3 «значення»
```

Основний шлюз:

```
#define GW_ADDR0 «значення»  
#define GW_ADDR1 «значення»  
#define GW_ADDR2 «значення»  
#define GW_ADDR3 «значення»
```

MAC адресу пристрою:

```
#define MAC_ADDR0 «значення»
```

```
#define MAC_ADDR1 «значення»  
#define MAC_ADDR2 «значення»  
#define MAC_ADDR3 «значення»  
#define MAC_ADDR4 «значення»  
#define MAC_ADDR5 «значення»
```

IP адреса призначення (куди надсилати пакети):

```
#define DEST_IP_ADDR0 «значення»  
#define DEST_IP_ADDR1 «значення»  
#define DEST_IP_ADDR2 «значення»  
#define DEST_IP_ADDR3 «значення»
```

UDP порт призначення (на який порт відправляти пакети):

```
#define UDP_SERVER_PORT «значення»
```

### 3.9 Висновки до третього розділу

Розроблено алгоритм роботи пристрою, який описує початкову ініціалізацію мікроконтролера; переміщення каретки у нульове положення; калібрування пристрою; завантаження програми вирізання деталі; виконання дій по створенню деталі за програмою.

Наведено опис підпрограм для налаштування усіх елементів системи.

## ВИСНОВОК

Наведено розробку 3D – фрезерного станка , здатного вирізати об'ємні фігури з твердих заготовок за допомогою фрези . Переміщення різачка здійснюється за допомогою крокових двигунів, які управляються через персональний комп'ютер за допомогою спеціальної програми.

Було здійснено огляд пристроїв подібного призначення. В результаті порівняння був зроблений висновок, що 3D - станок має ряд переваг у порівнянні з аналогами, наприклад , таких як простота, ремонтпридатність і низька собівартість, що істотно збільшує конкурентоспроможність.

Спеціальна частина містить основні параметри пристрою. У ході виконання роботи, були розроблені структурна та важлива схеми пристрою, що дозволяють більш докладно розглянути окремі функціональні блоки та принцип об'єднання цих блоків в одну важливу схему. Розраховано надійність пристрою.

					<i>КВРАКІТ.2020130.01.14.ПЗ</i>	61
		<i>№ локум.</i>	<i>Пілпис</i>			



9. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах: Підручник / Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін. – К.: ЦУЛ, 2011. – 832 с. – (МОН України. НТУ “ХП”)

10. Ісікова, Н. П. Проєктування інформаційних систем [Текст] : навч. посіб. / Н. П. Ісікова, Т. В. Решетняк. — Краматорськ : ДДМА, 2020. — 111 с.

11. Комп’ютери та комп’ютерні технології : навч. посіб. Ч. 1. Програмування в математичному пакеті MathCAD / В.П. Лисенко. І.М. Болбот. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 229 с.

12. Костін М. О. Теоретичні основи електротехніки [Текст]: підручник у 3 т. / М. О. Костін, О. Г. Шейкіна. – Дніпро: Видво ДНУЗТ, 2006. – Т. 1. – 336 с; 2007.- Т.2.- 276 с; 2011. – Т.3, Ч.1. – 224 с; 2012.– Т.3, Ч.2. – 352 с.

13. Макаренко В. В. Цифрова та імпульсна схемотехніка. Моделювання та аналіз : навч. посіб. для студентів, які навчаються за напрямом підготовки «Акустотех-ніка» [Електронний ресурс] / В. В. Макаренко, В. М. Співак ; НТУУ «КПІ». -Київ : НТУУ «КПІ», 2015. - 314 с. - Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19099>.

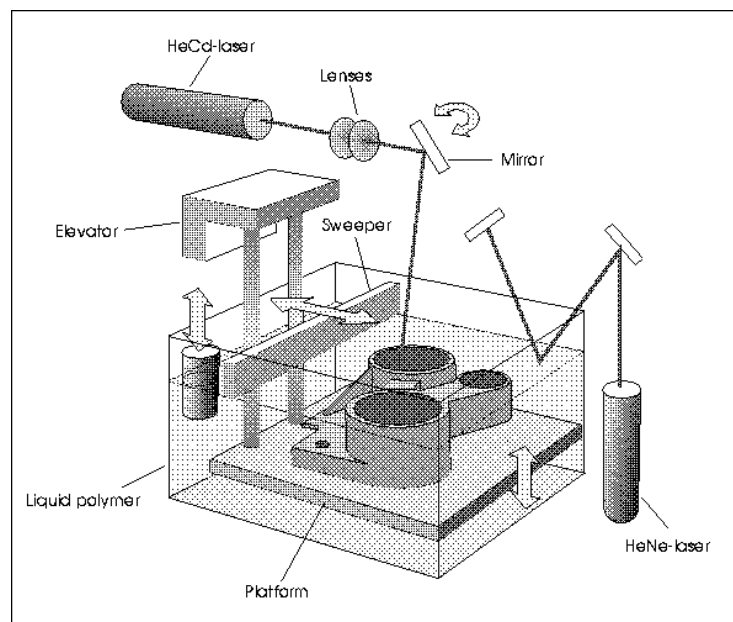
14. Титаренко М.В., Електротехніка: Навчальний посібник/ М.В. Титаренко. – К.: Кондор, 2013. – 240 с.

# Автоматизація процесу керування 3D фрезерним станком

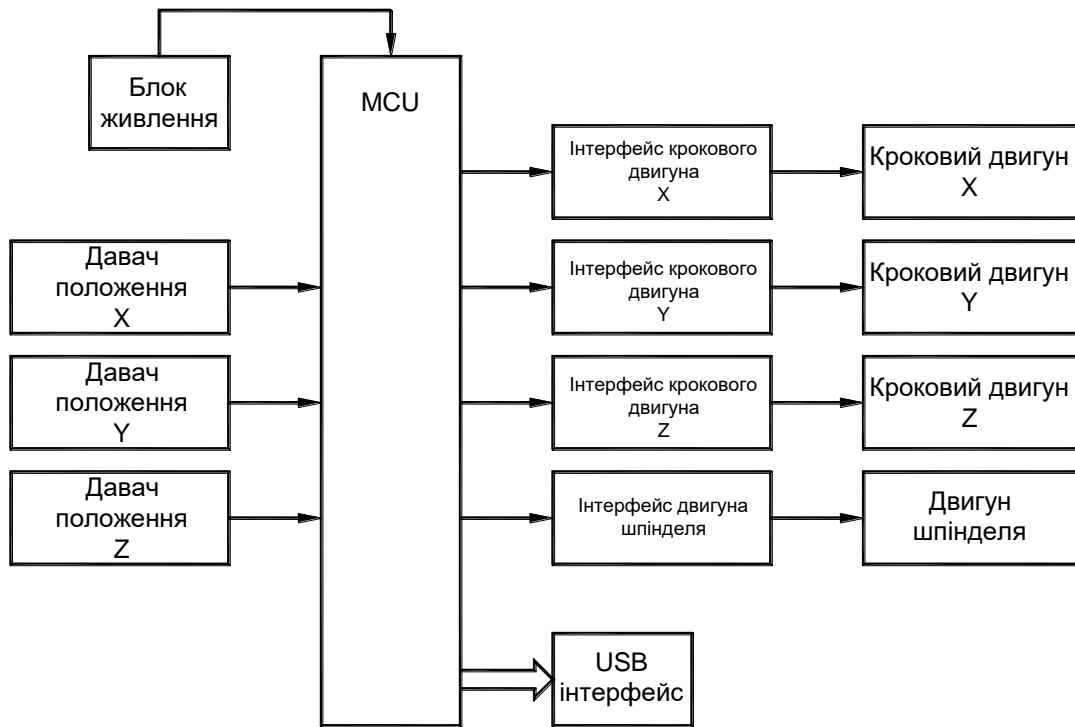
Студент: Олексій ТКАЧУК

Керівник: Людмила КОРЕЦЬКА, к.т.н., доц.

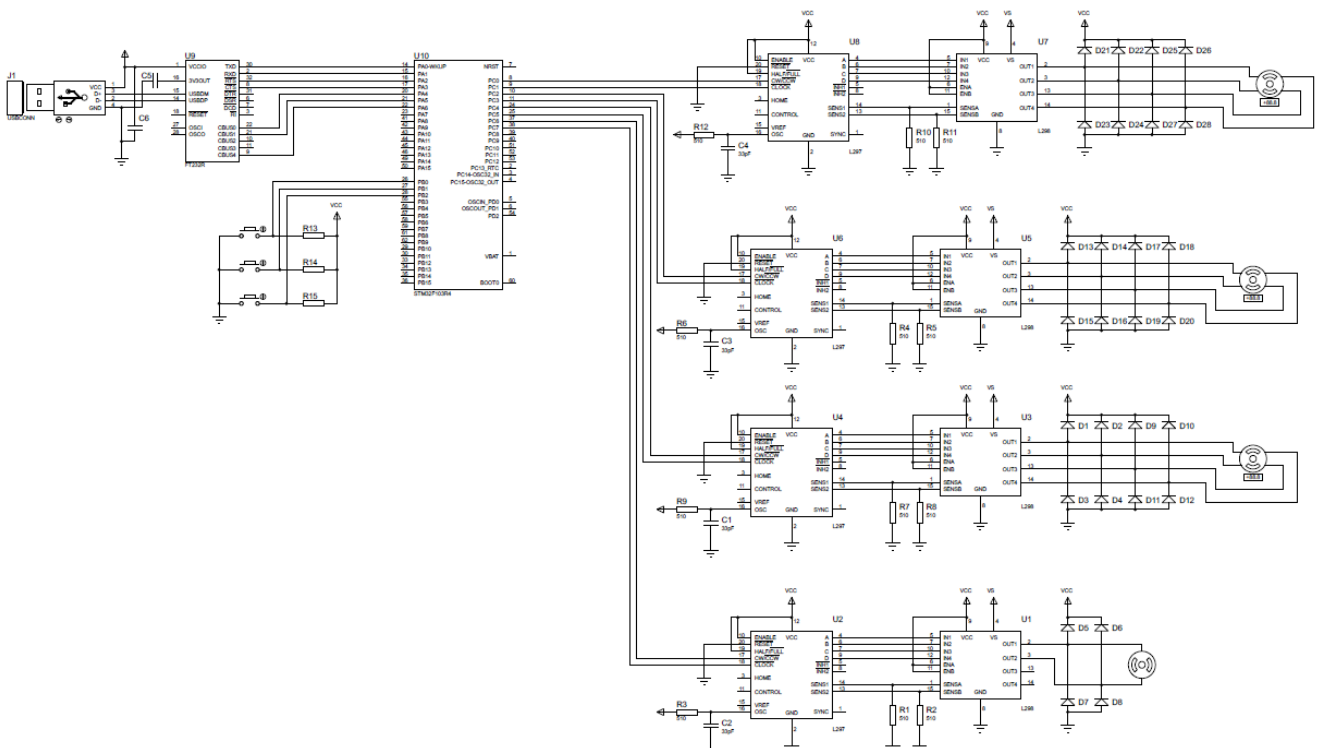
## ОГЛЯД ПРИСТРОЇВ 3D-ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ



# СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУКТУРНА



# СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА



# РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЮ

Середня інтенсивність відмов елементів пристрою

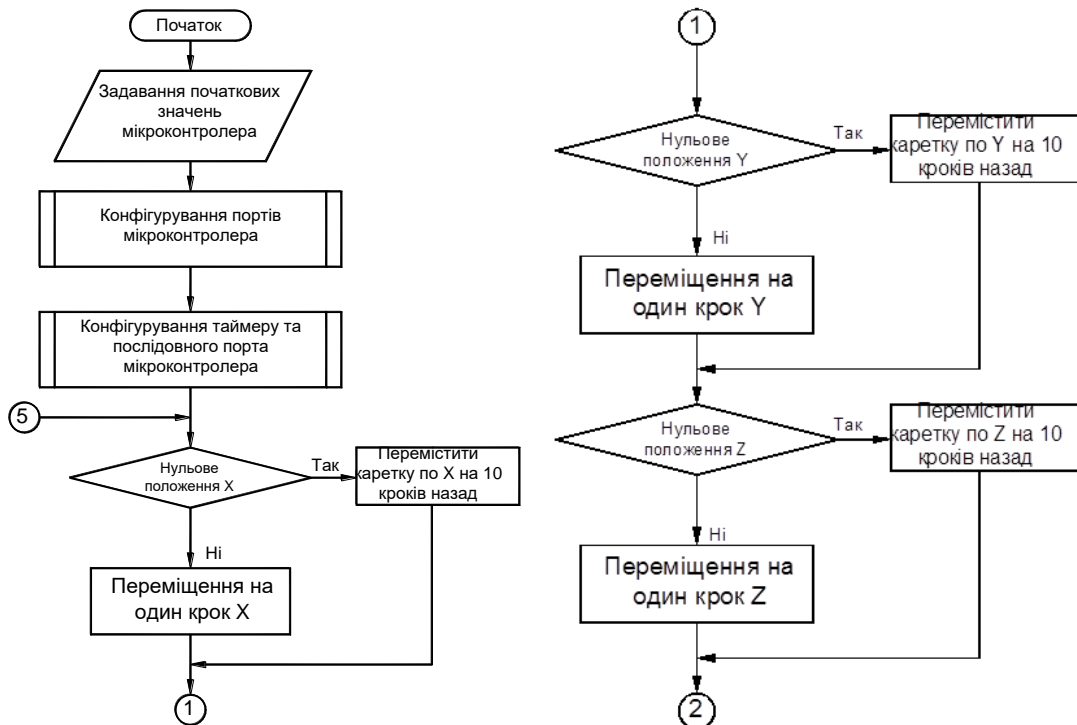
Найменування	$\lambda_i, 10^{-6}$	Кількість
Мікросхема	10	8
Резистор	0,04	25
Транзистор	4	3
Стабілізатор	0,12	1
Провід сполучний	0,015	28
Конденсатор	0,5	13
Паяні з'єднання	0,004	326

$$\lambda_{cp} = \sum \lambda_i * n,$$

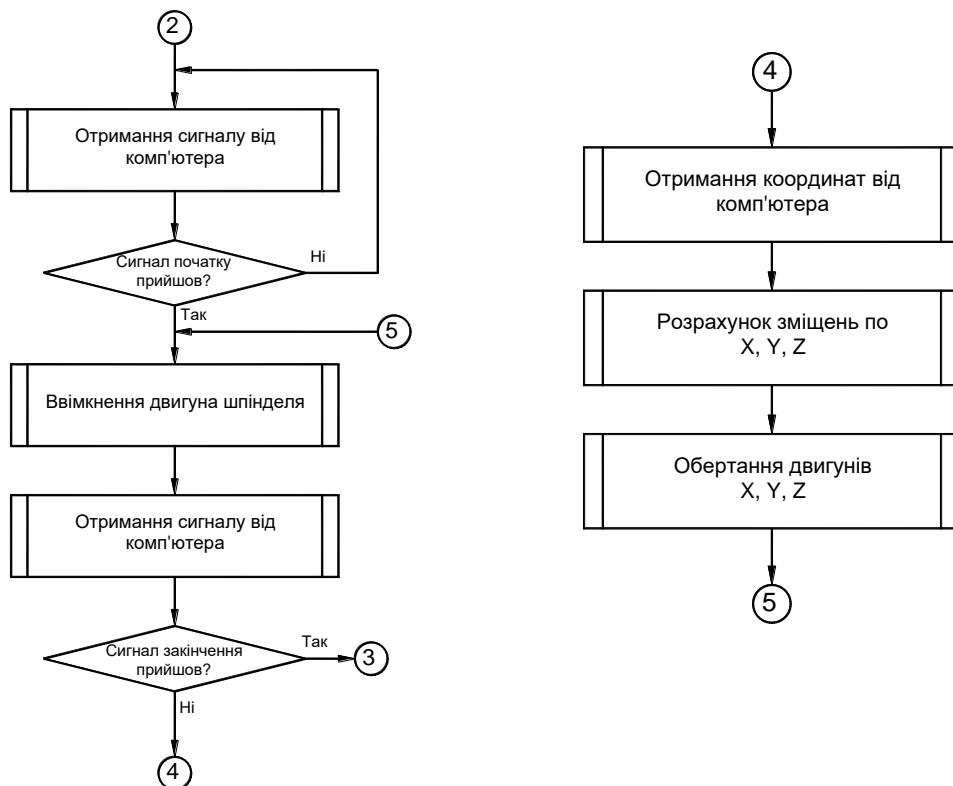
де  $\lambda_i$  – середня інтенсивність відмов 1/год;  
 $n$  – кількість елементів прим.

$$\lambda_{cp} = (8*10+25*0,04+3*4+0,12*1+28*0,015+13*0,5+326*0,004)*10^{-6} = 101,34*10^{-6}$$

## АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ



# АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ



## • ВИСНОВКИ

- 
- Наведено розробку 3D – фрезерного станка , здатного вирізати об'ємні фігури з твердих заготовок за допомогою фрези . Переміщення різачка здійснюється за допомогою крокових двигунів, які управляються через персональний комп'ютер за допомогою спеціальної програми.
- Було здійснено огляд пристроїв подібного призначення. В результаті порівняння був зроблений висновок, що 3D - станок має ряд переваг у порівнянні з аналогами, наприклад , таких як простота, ремонтпридатність і низька собівартість, що істотно збільшує конкурентоспроможність.
- Спеціальна частина містить основні параметри пристрою. У ході виконання роботи, були розроблені структурна та важлива схеми пристрою, що дозволяють більш докладно розглянути окремі функціональні блоки та принцип об'єднання цих блоків в одну важливу схему. Розраховано надійність пристрою.

Ім'я користувача:  
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:  
1011606253

Дата перевірки:  
17.06.2022 18:21:36 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet

Дата звіту:  
17.06.2022 18:29:23 EEST

ID користувача:  
100005862

Назва документа: Ткачук антиплагіат

Кількість сторінок: 58 Кількість слів: 9576 Кількість символів: 67637 Розмір файлу: 1,006.50 KB ID файлу: 1011474770

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

## 3.79%

### Схожість

Найбільша схожість: 0.62% з Інтернет-джерелом ([https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/11913/1/2019\\_M\\_RT...](https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/11913/1/2019_M_RT...))

3.79% Джерела з Інтернету

63

Сторінка 60

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0%

### Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

3

Підозріле форматування

9  
сторінок

## Anti-Plagiarism v-15.257

**Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%**

**Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Помилки в документах: 8%**

ID: 105878 Назва: Бакалаврська кваліфікаційна робота Додано в БД: 2022-06-17 Автора: Ткачук О. Керівники: Корецька Л.О. Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	57653	556	923 (2%)	12 (2%)

### Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

МІНІСТЕРСТВО ОВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Ткачук Олексій Олександрович

Тема: Автоматизація процесу керування 3D фрезерним станком

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи

Кількість листів креслень 0 Кількість сторінок записки 81

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень в результаті виконаного наукового дослідження розробки пристрою автоматизованого управління 3D-фрезерним станком
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню Дипломна робота відповідає виданому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки та техніки і передових методів роботи: У першому розділі проаналізовані різні підходи до створення тривимірних деталей з твердих заготовок. Показано різні підходи: за допомогою фрезерного станка з керуванням переміщенням по трьох вісях; за допомогою лазерних систем запікання спеціального гелю; за допомогою 3D-принтерів. Наведено опис 3D-принтерів. Визначені їх переваги і недоліки. Описано способи формування деталі, шляхом переміщення каретки по трьох вісях. Запропоновані підходи до створення фрезерного станка із заданими параметрами.. У змісті другого розділу кваліфікаційної роботи були розглянуті технічні вимоги до розроблюваного пристрою. Наведена розробка структурної схеми та її опис. Схема складається із наступних блоків: комп'ютер; контролер; драйвери крокового двигуна; блок живлення; крокові двигуни X, Y, Z – забезпечують рух каретки по усіх координатах; датчики 0X, 0Y, 0Z - визначають початкову точку по усіх координатах. Наведена розробка схеми електричної принципової. Описано та обґрунтовано вибір елементів для побудови схеми. Розраховано надійність пристрою. У третьому розділі було представлено розробку алгоритму роботи пристрою, який описує початкову ініціалізацію мікроконтролера; переміщення каретки у нульове положення; калібрування пристрою; завантаження програми вирізання деталі; виконання дій по створенню деталі за програмою. Наведено опис підпрограм для налаштування усіх елементів системи.

4. Позитивні сторони роботи: Найбільшою перевагою мікропроцесорної автоматизованої системи керування 3D-фрезерним станком є застосування крокових високоточних двигунів для швидкого і прецизійного позиціонування шпинделя станка.

5. Негативні сторони роботи: -

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: -

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на високому науковому рівні

8. Інші зауваження: -

9. Оцінка дипломної роботи: Розглянувши представлену роботу, вважаю, що робота заслуговує оцінки задовільно 3,50 (D)

10. Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, місце роботи)

К.Т.М. доцент кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем Кіселевич А.О

«17» 06 2022р.

  
підпис

Завідувачу кафедри АКІТ  
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Ткачука О.О.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи АКІТ-18-1

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

16.06.2022

дата

Ткачук

підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ  
**АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизація процесу керування 3D фрезерним станком

Автор: Олексій ТКАЧУК

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітня програма 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Науковий керівник к.т.н., доц. Людмила КОРЕЦЬКА

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнуті. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження: Запозичення у розмірі 3,79%, що виявлені в роботі, містять посилання на відповідні джерела літератури, що використані в роботі. Результати конструкторського розділу не містять запозичень. Розроблена схема електрична та її опис є унікальними та також не містять запозичень. Робота приймається до захисту.

17.06. 2022р.

Науковий керівник роботи:

Зав. каф. АКІТ

Людмила КОРЕЦЬКА

Валерій МАРТИНЮК