



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ  
ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

## ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

**Методичні вказівки  
до виконання курсовго проекту  
для студентів спеціальності 123  
„Комп'ютерна інженерія”**

*Рекомендовано  
Вченою радою факультету  
інформатики та обчислювальної  
техніки НТУУ «КПІ»  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2018р.*

Київ – 2018

УДК 004.383  
ББК 32.973

Технології проектування комп'ютерних систем: Методичні вказівки до виконання курсового проекту / Укладач Сергієнко А.М. КПІ ім. І. Сікорського, 2018. – 38 с.

Для студентів напряму 123 «Компютерна інженерія». Методичні вказівки вміщують теоретичний і практичний матеріал до виконання курсового проекту з дисципліни „Технології проектування комп'ютерних систем”. Розглянуто структуру проекту, тематику, обсяг, порядок виконання. Рекомендовано зміст підрозділів, вимоги до оформлення пояснювальної записки та креслень, правила захисту та оцінки курсового проекту. Наведені перелік завдань з темами проектів, довідковий матеріали, необхідні для виконання окремих частин та список рекомендованої літератури.

Укладач

Сергієнко А.М. д.т.н., с.н.с.

Рецензент

Романкевич О.М. д.т.н., проф.

*За редакцією укладача*

## ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. МЕТА ТА ЕТАПИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ	4
2. ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ	5
3. СКЛАД І СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	6
4. ВИМОГИ ДО ЗМІСТУ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	6
5. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ	9
5.1 Загальні вимоги	9
5.2 Побудова пояснювальної записки	10
5.3 Нумерація складових частин	10
5.4 Викладення тексту пояснювальної записки	11
5.5 Подання формул і рівнянь	12
5.6 Правила написання позначень і найменувань фізичних величин	13
5.7 Оформлення ілюстрацій	14
5.8 Побудова таблиць	15
5.9 Оформлення приміток і посилань	16
5.10 Оформлення додатків	16
5.11 Оформлення списку джерел	17
6. ЗАХИСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	19
7. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	20
Додаток А. Варіанти завдань	21
Додаток Б. Титульний аркуш	30
Додаток В. Опис альбому	31
Додаток Г. Технічне завдання	32
Додаток Д. Опис модуля мовою VHDL	35
Додаток Е. Схема електрична функціональна	38

## ВСТУП

Характерними тенденціями розвитку комп'ютерних систем (КС) є швидке вдосконалення технології виробництва, зростання складності і розширення типів апаратних компонентів. Відбувається безперервне збільшення ступеня інтеграції вузлів, що постійно змінює уявлення про елементний базис. Застосування надвеликих інтегральних схем (НВІС), систем на одному кристалі (СНК), замовлених і програмованих НВІС, розширення їх номенклатури, а також жорстко обмежені терміни проектних робіт, вимоги до підвищення її надійності, швидкодії і збільшенню об'ємів пам'яті усіх типів призводять до необхідності вдосконалення відомих і пошуку нових підходів до проектування і організації виробництва КС. Таким чином **метою даної дисципліни** є вивчення методів та засобів проектування сучасних паралельних комп'ютерних систем з метою їх ефективного використання у практиці.

Курсовий проект (КП) з дисципліни ТПКС виконується у восьмому семестрі, відповідно до затверджених методичних рекомендацій, з метою закріплення та поглиблення теоретичних знань та вмінь, набутих студентом у процесі засвоєння всього навчального матеріалу дисципліни. Виконання КП є важливим етапом у підготовці до виконання дипломного проекту (роботи) майбутнього фахівця з комп'ютерної інженерії.

Час, потрібний для виконання курсового проекту, – до 54 годин самостійної роботи.

Тематика курсових проектів з курсу ТПКС присвячена оволодінню проектними методиками на системному, операційному, функціонально-логічному та конструкторсько-технологічному рівнях процесу проектування та розробці спеціалізованих обчислювальних засобів, реалізованих у програмованих логічних інтегральних схемах (ПЛІС).

## 1 МЕТА ТА ЕТАПИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Мета курсового проектування:

- закріплення, поглиблення та узагальнення теоретичних знань і розвиток навичок їх практичного застосування в галузі проектування комп'ютерних систем;
- самостійне розв'язання задач розробки проектів спеціалізованих комп'ютерних засобів на системному, операційному, функціонально-логічному та конструкторсько-технологічному рівнях процесу проектування апаратних компонент комп'ютерних систем;
- уміння користуватися відповідною довідковою літературою, державними стандартами;

Курсове проектування містить такі етапи:

- визначення теми і оформлення завдання на курсове проектування;
- безпосереднє виконання курсового проекту;
- оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу;
- захист курсового проекту.

Тематику курсових проектів та відповідних методичних вказівок затверджує завідувач кафедри.

Студенту по узгодженню з викладачем може бути надана індивідуальна тема КП, пов'язана з його професійною діяльністю або ту, що відповідає його перспективним інтересам.

Завдання на курсове проектування видається за підписом керівника, датується днем видачі та реєструється у журналі обліку і контролю на кафедрі.

Кафедра розробляє графіки консультацій – групових чи індивідуальних, які після їх затвердження розміщують на стендах кафедри та доводять до відома студентів.

Студент не рідше одного разу на два тижні зобов'язаний інформувати керівника про виконану роботу. Керівник повинен розвивати у студентів творчі навички. Необхідно пам'ятати, що відповідальність за всі прийняті в курсовому проекті рішення несе автор – студент.

## **2 ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ**

Курсовий проект представляє собою розробку спеціалізованого обчислювача, яка виконується за допомогою сучасних засобів САПР. Основу обчислювача представляє модуль конвеєрного обчислювача, який розраховує функцію, яка задана за варіантом.

Перелік завдань для курсових проектів, що пропонується студентам приведено у Додатку А. Варіант завдання складається з двох частин. Перша частина описується як алгоритм, який виконується модулем, що розробляється. Номер алгоритму дорівнює номеру студента у списку відповідної групи.

Друга частина варіанту представлена як тип мікросхеми ПЛІС, яку необхідно задіяти у проекті. Ця мікросхема вибирається з Таблиці А.1 Додатку А з рядка  $k$ , який дорівнює остачі від ділення номеру залікової книжки  $N$  на число 9, тобто,  $N = 9 * q + k$ , де  $q$  — ціле число.

Можливий вибір вільної теми, яка пов'язана з ТПКС. При цьому вона затверджується викладачем після співбесіди із студентом.

### **3 СКЛАД І СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Курсовий проект являє собою сукупність документів: пояснювальної записки, креслень, схем, ілюстративного матеріалу, які виконуються з обов'язковим додержанням вимог чинних стандартів.

Структура курсового проекту з курсу ПЗКС має такий вигляд:

- титульний аркуш;
- реферат;
- опис альбому;
- технічне завдання на виконання курсового проекту;
- пояснювальна записка.

Для пояснювальної записки рекомендується така структура:

- зміст;
- вступ;
- основна частина;
- висновки та рекомендації;
- перелік умовних позначень (за потреби);
- список використаної літератури;
- додатки.

Документи курсового проекту комплектують в альбом зі складанням до нього опису. Опису присвоюють позначення виробу, для якого розроблений основний документ, і код ОП. Опис складають по формі 4 і 4а ДСТУ 2.106. Першим в нього записують документ, для якого як додаток застосовані інші конструкторські документи. Далі документи записують в порядку їх комплектації в альбом. Приклад оформлення опису альбому наведений в додатку В.

### **4 ВИМОГИ ДО ЗМІСТУ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Зразки оформлення титульного аркуша і технічного завдання на виконання курсового проекту наведено відповідно в додатках Б і В.

Реферат пояснювальної записки призначено для ознайомлення зі змістом курсового проекту. Він має бути стислим, але інформативним, і містити відомості, які дозволяють мати певне уявлення про проект, який розглядається.

Реферат повинен містити:

- відомості про обсяг пояснювальної записки, кількість ілюстрацій, таблиць, додатків, літературних джерел;
- основний текст реферату;
- перелік ключових слів (словосполучень).

Текст реферату має відображати подану в пояснювальній записці інформацію в такій послідовності:

- об'єкт дослідження або розроблення;
  - мета роботи, методи дослідження, застосовані технічні та програмні засоби;
  - основні конструктивні, технологічні та інші характеристики і показники;
- результати та їх новизна, значущість роботи та висновки;
- рекомендації щодо використання результатів роботи, галузь застосування та ступінь впровадження.

Реферат виконують на одній сторінці пояснювальної записки.

Перелік ключових слів (словосполучень), що є визначальними для розкриття суті курсового проекту, наводять після основного тексту реферату. Цей перелік повинен містити від 5 до 15 слів (словосполучень) в називному відмінку через кому.

Зміст пояснювальної записки розміщують безпосередньо після реферату, починаючи з нової сторінки.

До змісту включають заголовки структурних елементів пояснювальної записки: РЕФЕРАТ, ВСТУП, послідовно назви (заголовки) всіх розділів, підрозділів; ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ; ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ; СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ; назви додатків. Справа наводять номери сторінок, з яких починається зазначений матеріал.

Вступ – досить відповідальна складова пояснювальної записки. Він орієнтує на подальше розкриття теми проекту і містить усі необхідні її кваліфікаційні характеристики. Вступ має обсяг 2–3 сторінки і починається з нового аркуша.

У вступі відображаються:

- актуальність, наукове та практичне значення теми проекту;
- мета та завдання курсового проектування;
- об'єкт та предмет розгляду;
- посилання на відповідні нормативні документи;
- положення, які виносяться на захист.

Основна частина пояснювальної записки складається з наступних розділів:

- розділ опису теоретичних засад або аналізу аналогічних алгоритмів, відповідних інженерних методик та технічних рішень;
- розділ, що присвячено розробці апаратного забезпечення;
- інструкцію користувача апаратного забезпечення, яке було розроблено;
- результати випробувань розроблених моделей їх порівняння та аналіз;
- висновки.

У першому розділі слід виконати огляд відомих алгоритмів та пристроїв, які виконують таку саму функцію та порівняти їх з алгоритмом, що виконується у розробці та його конвеєрною реалізацією. Також коротко описуються методи проектування конвеєрних обчислювачів.

У другому розділі описується хід проектування модуля, який включає в себе побудову графу потоків даних та його перетворення в урівноважений граф синхронних потоків даних з подальшим його описом мовою VHDL.

Інструкція користувача представляє собою короткий опис розробленої VHDL-програми та відповідної функціональної схеми, порядок використання модуля у проєктах для ПЛІС. Також приводиться опис стенду для іспитів та правила його використання.

У розділі, присвяченому випробуванням модуля слід представити результати моделювання модуля у складі стенду для іспитів, а також звіт САПР після синтезу, розміщення і трасування для заданої мікросхеми ПЛІС. Зокрема, результати моделювання повинні відображати графіки функції, що реалізується та її похибки при різних значеннях аргументу. Результати викладаються у вигляді графіків та таблиць, які відображають залежності апаратних витрат, швидкодії від розрядності вхідних даних та результатів. Тут же бажано показати порівняння з аналогічними модулями, які пропонуються фірмою-виробником ПЛІС чи які приведені у відкритих джерелах і відмітити переваги розробленого модуля над аналогами.

За результатами виконання курсового проєкту студент має зробити висновки та дати рекомендації по використанню і впровадженню розробленого модуля. Ця частина записки є завершальною, зумовленою логікою виконаного курсового проектування, і своєрідним синтезом накопиченої в основній частині пояснювальної записки наукової інформації.

Усі прийняті у пояснювальній записці малопоширені умовні позначення, символи, одиниці, скорочення та терміни пояснюють у відповідному переліку, який розпочинається з нової сторінки перед списком літератури.

У списку літератури наводять усі літературні джерела, які використані під час курсового проектування.

У додатках наводять, як правило, лістинги комп'ютерних програм, результати експериментів. Додатки оформляють як продовження основної частини пояснювальної записки і розміщують у порядку згадування в основному тексті.

Пояснювальну записку оформляють в одному примірнику у зброшурованому вигляді із щільно скріпленими аркушами. Не допускається їх з'єднувати скріпкою або швидкозшивачем.



## **5 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ**

Результатом виконання курсового проекту є технічні описи, розрахунки, таблиці, графіки, лістинги, схеми алгоритмів і пояснення до них тощо. Ці матеріали оформляють у вигляді пояснювальної записки і відповідного графічного матеріалу.

Кожне висунуте положення потрібно обґрунтувати розрахунками, фактичним матеріалом і посиланнями на науково-технічні джерела. Не допускається посилання на усні вказівки керівників, викладачів та інших осіб.

Існує декілька систем державних стандартів, які визначають правила оформлення технічної документації. Основна з них – Єдина система конструкторської документації, яка містить комплекс державних стандартів, що встановлюють правила й положення з розробки, оформлення, обігу конструкторських документів.

Конструкторську документацію складають текстові та графічні документи, які визначають конструкцію технічного виробу і містять дані, потрібні для його розробки, виготовлення, контролю, приймання, експлуатації та ремонту.

### **5.1 Загальні вимоги**

Пояснювальну записку до курсового проекту оформлюють у відповідності до вимог таких стандартів:

- ДСТУ 3008–2015 «Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення»;
- ГОСТ 19.105–78 «Загальні вимоги до програмних документів»;
- ГОСТ 19.404–79 «Пояснювальна записка. Вимоги до змісту і оформлення».

Текстовий та графічний матеріали записки друкують комп'ютерним способом на одному боці односторонніх білих аркушів (аркушів) формату А4 (розмір 210 Н 297 мм) через 1,5 міжрядковий інтервал, текст вирівнюють по ширині аркуша.

Текстовий редактор – Word з пакета Microsoft Office, Open Office Writer, Star Office Writer та ін. Шрифт – Times New Roman Cyr, 14.

Обсяг пояснювальної записки для курсового проекту становить 25–30 сторінок, (без урахування додатків). Виконуючи пояснювальну записку, потрібно витримувати рівномірну щільність, контрастність і чіткість зображення по всьому тексту. Всі лінії, букви, цифри та знаки мають бути однакового чорного кольору по всій записці.

Окремі слова, формули і знаки, які вписують у надрукований текст, мають бути чорного кольору, а тон вписаного тексту максимально наближуватися до тону основного кольору.

Помилки, описки і граматичні неточності, виявлені у процесі виконання, допускається виправляти підчисткою або забілювати коректором з подальшим нанесенням на цьому місці виправленого тексту (графіки).

Пошкодження аркушів записки, помарки і сліди неповністю вилученого старого тексту (графіки) на допускаються.

Відстань від рамки до межі тексту на початку і в кінці рядка має бути не менше 3–5 мм. Відстань від верхнього або нижнього рядка тексту до верхньої або нижньої рамки форми – не менше 10 мм .

Абзаци в тексті починаються з відступом 15–17 мм (п'ять знаків).

Скорочення слів і словосполучень у записці наводять згідно з діючими стандартами бібліотечної і видавничої справи.

## **5.2 Побудова пояснювальної записки**

Загалом пояснювальна записка містить такі структурні елементи: «ЗМІСТ», «ВСТУП», розділи основної частини, «ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ», «ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ», «СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ», додатки.

Розділи, за потреби, поділяють на підрозділи, пункти на підпункти. Розділи і підрозділи повинні мати заголовки. Пункти і підпункти можуть мати заголовки.

Заголовки розділів основної частини записки розміщують симетрично в середині рядка і друкують великими буквами (подібно до інших структурних елементів).

Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів починають з абзацу і друкують малими буквами, крім першої великої. Абзац має бути однаковим по всьому тексту записки. Усі заголовки в тексті записки не підкреслюють і в їх кінці крапку не ставлять. Кожний розділ пояснювальної записки, як і інших структурних елементів, починають з нового аркуша (сторінки).

Якщо заголовок складається з двох і більше речень, то їх розділяють крапкою. Перенесення слів у заголовках розділів не допускається. Відстань між заголовком і наступним текстом – 15 мм.

Не допускається розміщувати найменування підрозділу, пункту, а також підпункту, якщо нижче є тільки один рядок тексту.

## **5.3 Нумерація складових частин**

Розділи, підрозділи, пункти і підпункти записки нумерують арабськими цифрами. Порядкові номери записують з абзацу і в кінці їх ставлять крапку.

Розділи записки послідовно нумерують у межах документа, наприклад, 1, 2, 3 і т. д. Підрозділи нумеруються у межах кожного розділу, наприклад, 2.1 (перший підрозділ другого розділу).

Розділи, як і підрозділи, можуть складатися із декількох пунктів. Якщо розділ не має підрозділів, то пункти нумерують в межах розділу; при цьому пункти не мають найменування і записуються з абзацу, наприклад, 4.1. (четвертий пункт першого розділу). Якщо записка має підрозділи, то номер пункту в них складається з номера розділу, підрозділу і порядкового номера пункту, наприклад, 1.2.1, 1.2.2 і т. д.

Пункти, за потреби, розбивають на підпункти з порядковою нумерацією в межах кожного пункту, наприклад, 1.3.4.1, 1.3.4.2 і т. д.

Заголовки інших структурних елементів пояснювальної записки («ЗМІСТ», «ВСТУП» і т. ін.) не нумерують.

Сторінки записки наскрізно нумерують арабськими цифрами. Титульний аркуш не нумерують. Ілюстрації, схеми, таблиці, які розміщені на окремих сторінках, включають у загальну нумерацію записки.

У середині пункту або підпункту можна подавати перелік вимог, вказівок та положень. Перед кожною позицією переліку потрібно ставити дефіс або за потреби посилання в тексті записки на одну із позицій переліку – малу букву, після якої ставиться дужка. Для подальшої деталізації використовують арабські цифри з дужкою, а запис виконують з абзацу, наприклад:

а), б), 1), 2), в) і т. ін.

Кожний рядок переліку починається з абзацу.

Перший аркуш структурного елемента «ЗМІСТ» повинен мати основний напис (розмір 40x185 мм). Таблична форма, в яку вноситься основний напис, на практиці називається «штампом». Усі подальші аркуші супроводжуються основним написом для наступних аркушів (розміри штампа 15x185 мм). За потреби перші аркуши назв підрозділів основної частини пояснювальної записки також можуть мати основний напис розміром 40x185 мм.

#### **5.4 Викладення тексту пояснювальної записки**

Назви, які наводяться в тексті записки і на ілюстраціях, повинні бути однаковими.

Текст записки має бути чітким і не допускати різних тлумачень. Викладаючи обов'язкові вимоги у записці, потрібно використовувати слова «повинен», «потрібно», «вимагається щоб», «дозволяється тільки», «не допускається». Використовуючи інші положення потрібно вживати слова «можна», «як правило», «за потреби» і т. ін.

У тексті записки не рекомендується вживати звороти із займенниками першої особи, наприклад, «я вважаю...», «ми вважаємо:...» тощо.

Текст пояснювальної записки рекомендується викладати у безособовій формі, наприклад, «На основі проведеного аналізу можна зробити висновки...», або від третьої особи однини чи множини, наприклад, «цей результат показує...», «виконані дослідження підтверджують...».

Пояснювальна записка має бути написана логічно послідовно, грамотною технічною мовою. Варто звернути увагу на вибір потрібних формулювань, які б якомога простіше, чітко, стисло і доступно виражали б зміст питання, що викладається.

У записці належить застосовувати науково-технічні терміни, позначення і визначення, установлені чинними стандартами, а за їх відсутності – загальноприйняті у науково-технічній літературі.

Усі скорочені найменування потрібно пояснювати в тексті з їх першою появою, наприклад, «Паралельна комп'ютерна система (ПКС)...», далі можна користуватися скороченням «ПКС».

Якщо у документі прийнято специфічну термінологію, то в кінці його перед списком літератури наводять перелік використаних термінів з відповідними поясненнями.

У тексті записки не допускається:

- застосовувати для одного і того самого поняття різні науково-технічні терміни, близькі за змістом (синоніми), а також іноземні слова і терміни за наявності таких в українській мові;

- скорочувати позначення одиниць фізичних величин, якщо їх використовують без цифр, за винятком фізичних величин в головках і боковиках таблиць і в розшифровках буквених позначень, які входять у формули;

- розміщувати у тексті математичний знак мінус (–) перед від'ємними значеннями величин. Замість знака (–) треба писати слово «мінус». Наприклад, мінус 5 В, а не «–5 В»;

- використовувати без числових значень математичні знаки, наприклад,  $\leq$  (менше або дорівнює),  $\geq$  (більше або дорівнює),  $\neq$  (не дорівнює), а також № (номер), % (відсоток);

- використовувати знак «o» для позначення діаметра (треба писати слово «діаметр»);

- застосовувати індекси стандартів, технічних умов і інших документів (ГОСТ, ДСТУ, ТУ тощо) без реєстраційного номера.

Якщо у записці наводять пояснювальні написи, які наносяться безпосередньо на проєктований виріб (планки, панелі, таблички з елементами керування), то їх виділяють шрифтом (без лапок), наприклад, ВКЛ., ВІДКЛ., або лапками, якщо напис складається з цифр та знаків.

У тексті записки перед позначенням параметра дають його пояснення, наприклад, «Тривалість фронту сигналу  $t_{HL}$ ».

Числові значення величин в тексті вказують з необхідним ступенем точності, при цьому в ряду величин вирівнювати число знаків після кожної коми не обов'язково.

## 5.5. Подання формул і рівнянь

У тексті пояснювальної записки зазвичай подаються формули і рівняння. Формула – це сукупність величин, виражених символами і з'єднаних за допомогою математичних знаків  $=$ ,  $\neq$ ,  $>$ ,  $\leq$  та ін. Рівняння – це аналітичний запис задачі про розшукування невідомих значень аргументів.

Усі фізичні величини наводять тільки в одиницях СІ відповідно до ГОСТ 8.417–84 «Основні метрологічні терміни».

Формули і рівняння розміщують безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються вперше, посередині сторінки. Вище та нижче кожної формули або рівняння залишають по одному вільному рядку.

Формули і рівняння послідовно нумерують у межах розділу. Номер формули або рівняння складається з номера розділу і порядкового номера, розділених крапкою. Номер вказується в круглих дужках на рівні формули у крайній правій позиції по рядку, наприклад, (2.5) – п'ята формула другого розділу.

Пояснення символів і числових коефіцієнтів, які входять у формулу або рівняння, наводять безпосередньо під виразами в тій послідовності, в якій їх подано у формулі чи рівнянні. Перший рядок пояснення починають з абзацу словом «де» без двокрапки.

Наприклад, формула, на яку посилаються як на формулу (2.5):

$$I = U / R \quad (2.5)$$

де  $I$  – сила струму, А;

$U$  – напруга, В;

$R$  – опір електричному струму, Ом.

Розрахунки за наведеними формулами розміщують безпосередньо за ними. У випадку розрахунків і друкування результатів за допомогою комп'ютера вказують тип машини та назви використаних алгоритмів і програм. Переносити формули або рівняння на наступний рядок допускається тільки на знаках виконання операцій, при цьому знак операції на початку наступного рядка повторюється. У разі перенесення формули або рівняння на знаку операції множення застосовують знак « $\cdot$ ».

Якщо в записі є тільки одна формула або рівняння, то їх також нумерують за наведеними правилами.

Формули, які слідує одна за одною і не розділені текстом, відділяють комою. Наприклад:

$$f_1(x,y) = S_1 \text{ і } S_1 \leq S_{1\max} \quad (1.1)$$

$$f_2(x,y) = S_2 \text{ і } S_2 \leq S_{2\max} \quad (1.2)$$

Числовий результат розрахунків одержують тільки після підстановки у формули замість символів їх числових значень:

- правильно  $T = M / W = 100 / 0.2 = 500 \text{ МПа}$ ;
- неправильно  $T = M / W = 500 \text{ МПа}$ .

## **5.6. Правила написання позначень і найменувань фізичних величин**

Застосування і написання одиниць фізичних величин має відповідати вимогам ГОСТ 8.417–81.

Буквені позначення одиниць виконують шрифтом без нахилу. В позначеннях одиниць крапку як знак скорочення не ставлять, позначення одиниць треба застосовувати після числових значень і розміщувати у рядку з ними (без перенесення на наступний рядок).

Останню цифру і позначення одиниці необхідно записувати через пробіл:

- правильно 150 кВт; неправильно 150кВт.

Винятком є позначення у вигляді знака, піднятого над рядком, перед яким пробіл не залишають:

- правильно  $20^\circ$  ; неправильно  $20^\circ$  .

За наявності десяткового дробу в числовому значенні величини позначення одиниці виміру ставлять після нього:

- правильно 423,06 м ; неправильно 423 м , 06.

Подаючи значення величин з граничними відхиленнями числа беруться в дужки, після яких пишуть позначення одиниці:

- правильно  $(100,0 \pm 0,1)$  мА; неправильно  $100,0 \pm 0,1$  мА.

Буквені позначення одиниць, які входять у добуток, відділяють точками на середині лінії як знаками множення, або пробілами, якщо не виникає непорозумінь:

- правильно Н·м; неправильно Нм.

У буквених позначеннях відношень одиниць для знака ділення використовують тільки одну риску: нахвісну або горизонтальну.

Допускається використовувати позначення одиниць, зведених у степені (додатні або від'ємні):

- правильно  $W \cdot m^{-2} \cdot K$ ; неправильно  $W/m^2/K$ .

Для складних одиниць, які складаються із двох і більше простих, не допускається комбінувати буквені позначення і назви одиниць (тобто для одних – позначення, для других – назви):

- правильно 50 г/м; неправильно 50 г/метр.

Одиниця фізичної величини одного і того самого параметра в межах пояснювальної записки має бути однаковою. Записуючи групу числових значень, виражених однаковою одиницею фізичної величини, її вказують після останньої цифри в ряду, наприклад, 5, 9; 8,5; 12,0 мм .

Числові значення величин із позначенням одиниці пишуть із цифрами, а без позначення фізичних величин – словами, наприклад: «струм не більше 2 мА», «опір збільшити в три рази».

## 5.7. Оформлення ілюстрацій

Усі ілюстрації в пояснювальній записці (креслення, схеми, фотографії, діаграми, графіки) називають рисунками.

Кількість ілюстрацій має бути достатньою для пояснення тексту, який викладається. Ілюстрації потрібно розміщувати як по тексту записки (якомога ближче до відповідних частин тексту), так і в кінці його або наводити в додатках. Ілюстрації належить виконувати у відповідності до вимог стандартів ЄСКД і ЄСПД за допомогою різних графічних редакторів та систем автоматизованого проектування.

Усі ілюстрації послідовно нумерують у межах розділу арабськими цифрами. Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, наприклад, «Рисунок 2.5 — Граф алгоритму». Посилання на ілюстрації подають так: «... на рис. 2.5 ...» . Повторне посилання на ілюстрацію наводять із скороченням слова «дивись», наприклад, «... див. рис. 2.5 ...» . Допускається нумерація ілюстрацій у межах усієї записки.

Номер ілюстрації в додатках визначають окремою нумерацією з додаванням перед арабською цифрою позначення додатка, наприклад, «Рис. А.1. ...».

Ілюстрації можуть мати назву, яку розміщують під ілюстрацією в одному рядку з її номером, наприклад, «Рис. 3.2. Схема електрична структурна». За потреби під назвою ілюстрації записують пояснювальні дані

Розмір шрифту всіх без винятку надписів у рисунках має бути таким самим, як і в тексті пояснювальної записки.

Ілюстрації розміщують так, щоб їх можна було розглядати, не повертаючи або повертаючи за ходом стрілки годинника.

## **5.8. Побудова таблиць**

Цифровий матеріал, як правило, оформляють у вигляді таблиць.

Горизонтальні лінії, які розмежовують рядки таблиці, можна не використовувати, якщо це не затрудняє користування таблицею.

Таблицю розміщують безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше або на наступній сторінці. На всі таблиці мають бути посилання в тексті записки.

Таблиці послідовно нумерують арабськими цифрами в межах розділу, за винятком таблиць у додатках. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, розділених крапкою, наприклад, таблиця 2.1 – перша таблиця другого розділу.

Якщо у записці тільки одна таблиця, то її також нумерують за наведеними правилами.

Таблиця може мати назву, яку друкують малими літерами, окрім першої великої, і розміщують над таблицею. Назва повинна бути короткою і відображати зміст таблиці.

Заголовки граф і рядків таблиці пишуть з великої букви, а підзаголовки – з малої букви, якщо вони складають одне речення із заголовком, або з великої букви, якщо вони мають самостійне значення. Заголовки і підзаголовки вказують в однині, в кінці їх крапку не ставлять.

Розділяти заголовки і підзаголовки боковика і граф діагональними лініями не допускається. Заголовки граф записують паралельно рядкам таблиці, але за потреби допускається їх вертикальне розміщення. Головка відділяється лінією від решти таблиці. Висота рядків повинна бути не менше 8 мм. Допускається розміщувати таблицю уздовж довгої сторони аркуша.

Якщо рядки або графи таблиці виходять за формат сторінки, то її ділять на частини, які розміщують одну під одною або поряд; при цьому в кожній частині таблиці повторюють її головку і боковик (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. Статичні параметри KP15IM9

Параметр	Норма
Вихідна напруга низького рівня $U_{OL}$ , В	0,5
Вихідна напруга високого рівня $U_{OH}$ , В	2,4
Вхідний струм низького рівня $I_{IL}$ , mA	20
Вхідний струм високого рівня $I_{IH}$ , mA	(-0,1)
Вихідний струм $I_O$ , mA	(-30)
Струм споживання $I_{CC}$ , mA	20
Пряме падіння напруги на антизвінному діоді $U_{CDL}$ , В	(-1,5)

При діленні таблиці на частини допускається її головку або боковик замінювати відповідно до номерів граф чи рядків. При цьому нумерують арабськими цифрами графи і (або) рядки першої частини таблиці.

Слово «Таблиця \_\_\_\_\_» вказують один раз зліва над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть: «Продовження таблиці \_\_\_\_\_» із вказівкою номера таблиці.

### 5.9. Оформлення приміток і посилань

Примітки у записці наводять за потреби пояснень або довідкових даних до змісту тексту, таблиць або графічного матеріалу. Примітки не повинні містити вимог; їх розміщують безпосередньо після матеріалу, якого вони стосуються.

Одну примітку не нумерують. Слово «Примітка» друкують з великої букви з абзацу, не підкреслюючи. Після слова «Примітка» ставлять крапку, з великої букви у цьому ж рядку дають текст примітки.

Примітка. \_\_\_\_\_

Декілька приміток нумерують послідовно арабськими цифрами з крапкою. Після слова «Примітки» ставлять двокрапку і з нового рядка з абзацу після номера примітки з великої букви наводять текст.

Примітки:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

Посилання в тексті записки на джерела треба вказувати порядковим номером за переліком посилань, які виділені двома квадратними дужками, наприклад, «... в роботах [1–7] показано ...».

Посилаючись на розділи, підрозділи, пункти і підпункти, рисунки, формули та таблиці, додатки вказують їх номери. У разі посилань треба писати «... в розділі 4...», «... див. 3.4.1...», «... в додатку Б».

### 5.10. Оформлення додатків

Ілюстративний матеріал, таблиці або текст допоміжного характеру допускається подавати в додатках. Їх оформляють як продовження записки



на наступних аркушах або у вигляді самостійного документа за загальними правилами.

Додатки можуть бути обов'язковими або інформаційними. Додатки виконують на аркушах формату А4; допускається використання інших форматів.

Кожний додаток має починатися з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок, надрукований зверху малими буквами з першою великою симетрично відносно тексту сторінки. Посередині рядка над заголовком малими буквами з першою великою друкують слово «Додаток \_\_\_\_\_».

Додатки позначають послідовно великими буквами українського алфавіту за винятком Г, Є, З, И, І, Й, О, Ъ, наприклад, додаток А, додаток Б і т. д.

Один додаток позначається як Додаток А.

Додатки повинні мати наскрізну нумерацію сторінок, яка є спільною з рештою записки.

За потреби текст додатка можна поділяти на розділи, підрозділи, пункти і підпункти, які нумерують у межах кожного додатка за загальними правилами. Наприклад, Г.3.1 – підрозділ 3.1 додатка Г.

Якщо у тексті додатка є рисунки, таблиці, формули і рівняння, то їх нумерують в межах кожного додатка, наприклад, рис. Г.3 – третій рисунок додатка Г; табл. А.2 – друга таблиця додатка А; формула (Д.3) – третя формула додатка Д.

Якщо у додатку є по одній ілюстрації, таблиці, формулі або рівнянню, то їх нумерують, наприклад, Рис. А.1, Таблиця А.1, Формула (В.1).

### **5.11. Оформлення списку джерел**

Список джерел містить перелік джерел, використаних у пояснювальній записці. Джерела розміщують у списку в порядку появи посилання на них в тексті записки і послідовно нумерують арабськими цифрами. Допускається розміщувати літературні джерела в алфавітному порядку.

Літературними джерелами можуть бути книги, багатотомні видання, періодичні видання (газети, журнали), спеціальні види нормативно-технічних документів (стандарти, патенти, каталоги) та ін. У процесі виконання курсового проекту (роботи) потрібно використати не менше 15–20 джерел. Назви літературних джерел наводять мовою, якою вони написані – українською, російською, англійською тощо.

Відомості про літературні джерела подають у відповідності до вимог ДСТУ ГОСТ 7.80:2007 (ГОСТ 7.80—2000, ІДТ). «Бібліографічний запис. Заголовок. Загальні вимоги та правила складання» та ДСТУ ГОСТ 7.1.

Бібліографічний запис повинен мати наступні обов'язкові елементи у вказаному порядку:

Основна назва

/ відомості про відповідальність.

— Відомості про видання.

- Місце видання : видавець, рік видання.
- Обсяг видання + супровідний матеріал.
- (Основна назва серії / відомості про відповідальність, що відносяться до серії ; номер випуску серії) .
- ISBN.

Основна назва складається з імен(і) одного, двох або трьох авторів та повної назви твору мовою оригіналу. Після наискісної риски іде перелік усіх осіб, які відповідальні за створення твору, тобто, авторів, через крапку з комою — ім'я редактора або укладальника, а також, можливо, назва установи. Назви місця видання наводять повністю у називному відмінку.

Назву видавництва записують без лапок у скороченій формі, наприклад, К.: НАУ. Рік видання позначають арабськими цифрами. У кінці опису книги вказують фактичну кількість сторінок, наприклад, 125 с. Використання розділових знаків (крапок, ком, двокрапок, дефісів) показано на прикладах, наведених нижче.

За ДСТУ 8302:2015, елементи бібліографічного запису (заголовки і бібліографічний опис) та знаки пунктуації в бібліографічному посиланні, незалежно від його призначення та виду, подають з урахуванням таких особливостей:

- у заголовку бібліографічного запису подають відомості про одного, двох чи трьох авторів, при цьому імена цих авторів у бібліографічному описі у відомостях про відповідальність (за наискісною рискою) не повторюють;

- замість знака «крапка й тире» («. — »), який розділяє зони бібліографічного опису, в бібліографічному посиланні рекомендовано застосовувати знак «крапка» (при цьому в межах одного документа застосування в бібліографічних посиланнях розділових знаків уніфікують);

- після назви дозволено не зазначати загального позначення матеріалу («Текст», «Електронний ресурс», тощо — перелік згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1);

- у складі вихідних даних дозволено не подавати найменування (ім'я) видавця;

- у складі відомостей про фізичну характеристику документа можна зазначати або його загальний обсяг (наприклад: 285 с.), або номер сторінки, на якій подано об'єкт посилання (наприклад: С. 19);

- дозволено не наводити відомостей про серію та Міжнародний стандартний номер (ISBN, ISMN, ISSN).

- в усіх елементах бібліографічного опису (за винятком основної назви документа й відомостей, що належать до назви та містять одне слово) дозволено скорочувати окремі слова та словосполучення згідно з ДСТУ 3582, ДСТУ 6095, ДСТУ 7093, ГОСТ 7.12., як, наприклад, інж., прогр., Київ. (київський), ун-т (університет), нац. (національний), каф. (кафедра).

Бібліографічний опис книг індивідуальних авторів:

Коренівський Д. Г. Стійкість розв'язків систем різницевих рівнянь при стохастичних збуреннях їх коефіцієнтів : алгебраїчні критерії / Д. Г. Коренівський. — Київ : Ін-т математики, 2010. — 211 с.

Глушков В. М. Синтез цифровых автоматов. М.: Физматгиз, 1996. – 467 с.

Самофалов К. Г., Корнейчук В. И., Тарасенко В. П. Цифровые вычислительные машины. К.: Вища шк., 1983. – 455 с.

Опис періодичних видань:

Уэнспи Д. Х. Высоконадежная система с тройным резервированием для управления технологическими процессами // Электроника, 1983. №2. – С. 32–39.

Бібліографічний опис стандарту містить його індекс, цифрове позначення, назву, дату введення в дію, наприклад:

ГОСТ 2.105–95.ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – Введ. 01.07.96.

ДСТУ 3008–95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. – Чинний від 01. 01. 96.

Всі цитати, а також взяті з літератури дані, повинні мати посилання на першоджерела. Посилання наводять у тексті в квадратних дужках, у яких ставлять порядковий номер джерела, наведеного у списку використаної літератури, номер тому (за наявності) та сторінку, наприклад: [3], [8, Т. 3, с. 42], [15, с. 55].

## **6. ЗАХИСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Виконаний проект підписує студент і після дозволу керівника він допускається до захисту. Якщо керівник проекту не допускає студента до захисту, то це питання обговорюється на засіданні кафедри у його присутності.

Захист курсового проекту – це форма перевірки якості його виконання. Захист відбувається перед комісією у складі двох-трьох викладачів за участю керівника та студентів групи.

Під час захисту студент робить доповідь (6–8 хв) по суті проекту та відповідає на запитання. Для демонстрації графічного матеріалу можуть застосовуватись мультимедійні засоби ПЕОМ та використовуватись різні презентаційні програми, наприклад Microsoft Power Point. При цьому студент може використовувати додаткові ілюстративні матеріали, технічні розробки, які відображають суть проекту.

Якість проекту та його захист оцінюється в балах (0-100), за шкалою ECTS (A,B,C,D,E,FX,F) та за національною шкалою «відмінно», «дуже добре», «добре», «задовільно», «достатньо», «незадовільно». Студент, який не подав до захисту курсовий проект у встановлений графіком термін або не захистив його з позитивною оцінкою, вважається таким, що має академічну заборгованість, яку він повинен ліквідувати в установленому порядку.

Захищений курсовий проект (робота) зберігається на кафедрі протягом трьох років.

## 7. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### Основна література

1. Сергиенко А.М. VHDL для проектирования вычислительных устройств. К.: ДиаСофт. 2003. — 210 с.
2. Сергиенко А.М., Корнейчук В.И. Микропроцессорные устройства на программируемых логических интегральных схемах. К.: Корнейчук. 2005. — 108 с.
3. Попов Б.А., Теслер Г.С. Вычисление функций на ЭВМ. Киев: Наукова думка. 1984. — 600 с.
4. Благовещенский Ю.В., Теслер Г.С. Вычисление элементарных функций на ЭВМ. Киев: Техніка. 1977. — 20 с.

### Додаткова література

1. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Київ: ДП УкрНДНЦ, 2016. — 26 с.
2. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ: ДП УкрНДНЦ, 2016. — 20 с.
3. XST User Guide for Virtex-4, Virtex-5, Spartan-3, and Newer CPLD Devices. UG627 / [Електронний ресурс]. Xilinx. March 20, 2013. Available at <http://www.xilinx.com>
4. Web-сервер фірми Altera: <https://www.altera.com/>
5. Web-сервер фірми Xilinx: <https://www.xilinx.com>
6. Ресурси вільних віртуальних модулів: <http://www.opencores.org/>

## Додаток А

### Варіанти завдань

1. Обчислення функції  $2^x$  методом Бріга.

Початкове значення  $x_0 = x$ .

```
for(i = 1, i <= n, i++) {  
  if ( $x_i < \log_2(1 + 2^{-(i+1)})$ )  
    {  $x_{i+1} = x_i$ ;  $a_{i+1} = 0$ ; }  
  else  
    {  $x_{i+1} = x_i - \log_2(1 + 2^{-i})$  ;  $a_{i+1} = 1$ ; }  
}
```

$y_0 = 1$ ;

```
for(i = 1, i <= n, i++) {  
  if ( $a_i = 1$ )  $y_{i+1} = y_i * (1 + 2^{-i})$ ;  
}
```

Результат  $y_n = 2^x$ .

2. Обчислення функції  $\sqrt{x}$ ,  $0 \leq x < 1$ .

Початкові значення  $x_0 = x$ ,  $y_0 = 0$ ,  $a_0 = 1$ .

```
for(i = 1, i <= n, i++) {  
   $x_i = 2 * (x_{i-1} - a_{i-1} * (y_{i-1} + 2^{-i}) + 2^{-i-1})$ ;  
  if ( $x_i < 0$ )  
    {  $y_{i+1} = y_i$ ;  $a_i = -1$ ; }  
  else  
    {  $y_{i+1} = y_i + 2^{-i-1}$ ;  $a_i = 1$ ; }  
}
```

$y_0 = 1$ ;

```
for(i = 1, i <= n, i++) {  
  if ( $a_i = 1$ )  $y_{i+1} = y_i * (1 + 2^{-i})$ ;  
}
```

Результат  $y_n = \sqrt{x}$ .

3. Обчислення функції  $\sqrt{x}$ ,  $0,25 \leq x < 1$ .

Початкові значення  $x_0 = x$ ,  $y_0 = \sqrt{x_M}$ , де  $x_M$  — старші розряди операнду  $x$ .

```
for(i = 0, i < n, i++) {  
   $y_{i+1} = y_i + y_i * (0,5 - 2 * x * y_i * y_i)$ ;  
}
```

$y = 2 * x * y_{n-1}$ ;

Результат  $y_n = \sqrt{x}$ .

4. Обчислення функції  $2^x$ .

Початкове значення  $y_1 = 1, u_1 = 1$ .

```
for(i = 1, i <= n, i++) {
```

```
     $u_{i+1} = u_i * x^{(\ln 2/i)}$  ;
```

```
     $y_{i+1} = y_i + u_{i+1}$ ;
```

```
}
```

Результат  $y_n = 2^x$ .

5. Обчислення функції  $2^x$ .

Початкові значення  $y_0 = 2^{x_M}, y_1 = u_1 = y_0$ , де  $x_M$  — старші розряди операнду  $x$ .

```
 $z = (x - \log_2 * y_0) * \ln 2$ ;
```

```
for(i = 1, i <= n, i++) {
```

```
     $u_{i+1} = u_i * (z/i)$  ;
```

```
     $y_{i+1} = y_i + u_{i+1}$ ;
```

```
}
```

Результат  $y_n = 2^x$ .

6. Обчислення функції  $\log_2 x$  при  $1 \leq x < 2$ .

Початкове значення  $x_0 = x$ .

```
for(i = 1, i <= n, i++) {
```

```
     $t = x_i * x_i$ ;
```

```
    if ( $t < 2$ )
```

```
        {  $x_{i+1} = t, a_i = 0$ ; }
```

```
    else
```

```
        {  $x_{i+1} = t/2, a_i = 1$ ; }
```

```
}
```

Результат  $y = 0, a_1 a_2 \dots a_n = \log_2 x$ .

7. Обчислення функції  $\sqrt{x}$ ,  $0,25 \leq x < 1$ .

Початкове значення  $x_0 = x, y_0 = x$ .

```
for(i = 0, i < n, i++) {
```

```
     $t = x_i + 2^{-i} * x_i$ ;
```

```
     $q = t + 2^{-i} * t$ ;
```

```
    if ( $q < 1$ )
```

```
        {  $x_{i+1} = q, y_{i+1} = y_i + 2^{-i} * y_i$  }
```

```
    else
```

```
        {  $x_{i+1} = x_i, y_{i+1} = y_i$  }
```

```
}
```

Результат  $y_{n-1} = \sqrt{x}$ .

8. Обчислення функції  $e^x$ .

Початкове значення  $y_0 = 1; x_0 = x$ .

```
for(i = 1, i <= n, i++) {  
    if ( $x_i < \ln(1 + 2^{-(i+1)})$ )  
        {  $x_{i+1} = x_i; y_{i+1} = y_i$ ; }  
    else  
        {  $x_{i+1} = x_i - \ln(1 + 2^{-i}); y_{i+1} = y_i * (1 + 2^{-i});$  }  
}
```

Результат  $y_n = e^x$ .

9. Обчислення функції  $2^x$ .

Початкове значення  $y_1 = 1; u_1 = 1$ .

```
for(i = 1, i <= n, i++) {  
     $u_{i+1} = u_i * x * \ln 2 / i$ ;  
     $y_{i+1} = y_i + u_i$ ;  
}
```

Результат  $y_n = 2^x$ .

10. Обчислення функції  $\log_2 x$  при  $0 \leq x < 1$ .

Початкове значення  $(x_0, b_0) = \text{Fn}(x)$ , де  $\text{Fn}$  — функція нормалізації числа  $x$  до  $0,5 \leq x_0 < 1$ , яка крім  $x_0$  повертає від'ємне число розрядів зсуву  $b_0$ .

```
for(i = 1, i <= n, i++) {  
    if ( $x_i > 0,5$ )  
        {  $x_{i+1} = x_i * x_i; b_{i+1} = b_i$ ; }  
    else  
        {  $x_{i+1} = 2 * x_i * x_i; b_{i+1} = b_i - 2^{i-1}$ ; }  
}
```

Результат  $b_n = \log_2 x$ .

11. Обчислення функції  $\cos x$  при  $0 \leq x < 2\pi$ .

Початкове значення  $x_0 = x/2^m, y_1 = x_0; u_1 = x_0$ , де  $m$  — вибирається в межах  $1, \dots, 6$  в залежності від точності результату.

```
for(i = 1, i < n, i++) {  
     $u_{i+1} = -u_i * x_0 * x_0 / (2 * i * (2 * i + 1))$ ;  
     $y_{i+1} = y_i + u_i$ ;  
}
```

$z_m = y_n * y_n$ ;

```
for(i = m, i <= 0, i--) {  
     $z_{i-1} = 4 * z_i * (1 - z_i)$ ;
```

```
}
```

$y = 1 - 2 * z_0$ ;

Результат  $y = \cos x$ .  $n$  — вибирається в межах  $1, \dots, 5$  в залежності від точності результату.

12. Обчислення функції  $\sin x$  при  $0 \leq x < 2\pi$ .

Початкове значення  $x_0 = x/3^m$ ,  $y_1 = x_0$ ;  $u_1 = x_0$ , де  $m$  — вибирається в межах 1, ..., 4 в залежності від точності результату.

```
for(i = 1, i < n, i++) {
    ui+1 = - ui * x0 * x0 * (1 / (2 * i * (2 * i + 1)));
    yi+1 = yi + ui;
}
```

$z_m = y_n$ ;

```
for(i = m, i >= 0, i--) {
    zi-1 = zi * (3 - 4 * zi * zi);
}
```

$y = z_0$ ;

Результат  $y = \sin x$ .  $n$  — вибирається в межах 1, ..., 5 в залежності від точності результату.

13. Обчислення функцій  $\sin \varphi$ ,  $\cos \varphi$  при  $-\pi \leq \varphi < \pi$  за алгоритмом Волдера. Примітка: змінна  $\varphi$  змасштабована так, що  $|\varphi| < 1$ .

Початкове значення  $\varphi_1 = \varphi$ ;  $x_0 = \left( \prod_{j=1}^n \sqrt{1 + 2^{-2j}} \right)^{-1} = 0,607252935$ ,  $y_0 = 0$ .

```
for(i = 0, i < n, i++) {
    if (ϕi ≥ 0)
        { xi+1 = xi - yi * 2-i; yi+1 = yi + xi * 2-i; ϕi+1 = ϕi - atan(2-i); }
    else
        { xi+1 = xi + yi * 2-i; yi+1 = yi - xi * 2-i; ϕi+1 = ϕi + atan(2-i); }
}
```

Результати  $y_n = \sin \varphi$ ,  $x_n = \cos \varphi$ ,  $\varphi_n = 0$ .

14. Обчислення функцій  $\varphi = \arctg(y/x)$  та  $M = k\sqrt{x^2 + y^2}$  при  $-\pi \leq \varphi < \pi$  за

алгоритмом Волдера. Причому  $k = \prod_{j=1}^n \sqrt{1 + 2^{-2j}} = 1.64676025812$ .

Початкове значення  $\varphi_1 = 0$ ;  $x_0 = x$ ,  $y_0 = y$ .

```
for(i = 0, i < n, i++) {
    if (xi ≥ 0)
        { xi+1 = xi - yi * 2-i; yi+1 = yi + xi * 2-i; ϕi+1 = ϕi - atan(2-i); }
    else
        { xi+1 = xi + yi * 2-i; yi+1 = yi - xi * 2-i; ϕi+1 = ϕi + atan(2-i); }
}
```

Результати  $y_n = 0$ ,  $x_n = k\sqrt{x^2 + y^2}$ ,  $\varphi_n = \arctg(y/x)$ .

Примітка: змінна  $\varphi$  змасштабована так, що  $|\varphi| < 1$ .

15. Обчислення функцій  $\varphi = \text{arth}(y/x)$ ,  $M = k\sqrt{x^2 - y^2}$ , де  $k = 0.82978162$



Початкові дані:  $y_0 = y$ ,  $x_0 = x$ ,  $\varphi_0 = 0$ .

```

i = 0; j = 0;
while (i <= n){
  if ( $\varphi_i \geq 0$ ){
     $y_{i+1} = y_i - x_i * 2^{-j}$ ;  $x_{i+1} = x_i - y_i * 2^{-j}$ ;  $\varphi_{i+1} = \varphi_i + \text{arth}(2^{-j})$ ;
  }
  else
  {
     $y_{i+1} = y_i + x_i * 2^{-j}$ ;  $x_{i+1} = x_i + y_i * 2^{-j}$ ;  $\varphi_{i+1} = \varphi_i - \text{arth}(2^{-j})$ ;
  }
  if (i = 4) j = 4;
  else if (i = 13) j = 13;
  else j++;
  i++;
}

```

Результати  $x_n = k\sqrt{x^2 - y^2}$ ,  $\varphi_n = \text{arth}(y/x)$ .

16. Обчислення функції  $y = e^x$ .  $0 \leq x < 1$ .

Початкові дані  $y_0 = 1$ ,  $x_0 = x$ .

```

i = 0; j = 0;
while (i <= n){
  if ( $x_i \geq 0$ ){
     $y_{i+1} = y_i + x_i * 2^{-j}$ ;  $x_{i+1} = x_i - \ln(1 + 2^{-j})$ ;
  }
  else{
     $y_{i+1} = y_i - x_i * 2^{-j}$ ;  $x_{i+1} = x_i + \ln(1 - 2^{-j})$ ;
  }
  if (i = 4) j = 4;
  else if (i = 13) j = 13;
  else j++;
  i++;
}

```

Результати  $y_n = e^x$ ,  $x_n = 0$ .

17. Функція  $y = \ln(x)$ .  $0 \leq x < 1$ .

Початкові дані  $y_0 = 0$ ,  $x_0 = x$ .

$i = 0; j = 0;$

```
while (i <= n){
    if (1 - xi < 0){
        xi+1 = xi + xi*2-j; yi+1 = yi - ln(1 + 2-j);
    }
    else{
        xi+1 = xi - xi*2-j; yi+1 = yi + ln(1 + 2-j);
    }
    if (i = 4) j = 4;
    else if (i = 13) j = 13;
    else j++;
    i++;
}
```

Результати  $y_n = e^x$ ,  $x_n = 0$ .

18. Обчислення функцій sh  $\varphi$ , ch  $\varphi$ .

Початкові дані:  $y_0 = y$ ,  $x_0 = 1.2051366$ ,  $\varphi_0 = \varphi$ .

$i = 0; j = 0;$

```
while (i <= n){
    if (φi ≥ 0){
        yi+1 = yi + xi*2-j; xi+1 = xi + yi*2-j; φi+1 = φi - arth(2-j);
    }
    else
    {
        yi+1 = yi - xi*2-j; xi+1 = xi - yi*2-j; φi+1 = φi + arth(2-j);
    }
    if (i = 4) j = 4;
    else if (i = 13) j = 13;
    else j++;
    i++;
}
```

Результати  $x_n = \text{ch } \varphi$ ,  $y_n = \text{sh } \varphi$ ,  $\varphi_n = 0$ .

19. Сортування даних.

Початкові дані:  $x_1, x_2, \dots, x_8$ .

Результати:  $y_1 \leq y_2 \leq \dots \leq y_8$ .

Алгоритм сортування вибрати самостійно.

20. Знаходження медіани.

Початкові дані:  $x_1, x_2, \dots, x_9$ .

Проміжні результати:  $y_1 \leq y_2 \leq \dots \leq y_9$ .

Остаточний результат:  $y = y_5$ .

Алгоритм сортування вибрати самостійно, деякі проміжні результати обчислювати необов'язково.

21. Знаходження максимуму.

Початкові дані:  $x_1, x_2, \dots, x_{10}$ .

Проміжні результати:  $y_1 \leq y_2 \leq \dots \leq y_{10}$ .

Остаточний результат:  $y = y_{10}$ .

Алгоритм сортування вибрати самостійно, проміжні результати обчислювати необов'язково.

22. Обчислення функції  $y = \sin(\pi x/2)$ ;  $0 \leq x < 1$ .

$$y = \sum_{i=0}^5 a_{2i+1} x^{2i+1}.$$

$$a_1 = 1,5079632662143; \quad a_3 = -0,645964092644;$$

$$a_5 = 0,07969958728630; \quad a_7 = -0,0046816202391;$$

$$a_9 = 0,000160211343; \quad a_{11} = -0,0000034181225;$$

23. Обчислення функції  $y = \cos(\pi x/2)$ ;  $0 \leq x < 1$ .

$$y = \sum_{i=0}^5 a_{2i} x^{2i}.$$

$$a_0 = 0,9999999998; \quad a_2 = -1,233005336;$$

$$a_4 = 0,253669314; \quad a_6 = -0,0208626564;$$

$$a_8 = 0,000916703; \quad a_{10} = -0,0000237888;$$

24. Обчислення функції  $2^x$ ,  $0 \leq x < 1$ .

$$z = 0,215596346446 * x;$$

$$y = a + z * (c_1 + z * (c_2 + z * (((z + b)^2 + c_3 + z) * ((z + b)^2 + d) - e)));$$

$$a = 0,99999999993;$$

$$b = 0,10596361995;$$

$$c_1 = 3,21502288558; \quad c_2 = 5,16818273577; \quad c_3 = -1,27791741048;$$

$$d = 0,10596361995; \quad e = 3,88175154467; \quad e = -10,46992562618;$$

$$y = 2^x.$$

25. Обчислення функції  $\arcsin x$  за алгоритмом «цифра за цифрою».

Початкові значення  $x_0 = 2|x|$ ;  $y_0 = 0,5$ .

```
for(i = 0, i < n, i++) {  
     $x_{i+1} = x_i * x_i - 2$ ;  
    if ( $x_{i+1} \geq 0$ )  
        {  $y_{i+1} = y_i + x_{i+1} * 2^{-i-1}$  ; }  
    else  
        {  $y_{i+1} = y_i - x_{i+1} * 2^{-i-1}$  ; }  
}
```

Результат  $y_n = \frac{2}{\pi} \arcsin x$ .

26. Обчислення  $z = y/x$ . Початкові значення:

$x_0 = y$ ,  $z_0 = 0$ ,  $0 < y < x$ .

```
for(i = 0, i < n, i++) {  
    if ( $x_i < 0$ ) {  
         $x_{i+1} = x_i + x * 2^{-i-1}$ ;  $z_{i+1} = z_i$ ; }  
    else {  
         $x_{i+1} = x_i - x * 2^{-i-1}$ ;  $z_{i+1} = z_i + 2^{-i-1}$ ; }  
}
```

Результат  $z_n = y/x$ .

27. Обчислення  $z = y/x$ . Початкові значення:

$x, y$ ,  $y_0 = 1/(2 * x_M)$ , де  $x_M$  — старші  $k$  розрядів операнду  $x$ .

```
for(i = 0, i < n, i++) {  
     $y_{i+1} = 2 * y_i * (1 - x y_i)$ ;  
}
```

Розрядність результату  $n_p \approx n * k$ ;

Результат  $z = 2 * x/y$ .

28. Обчислення  $z = y/x$ . Початкові значення:

$x_0 = x * m$ ,  $y_0 = y * m$ ,  $m = 1/x_M$ , де  $x_M$  — старші  $k$  розрядів операнду  $x$ .

```
for(i = 0, i < n, i++) {  
     $y_{i+1} = 2 * y_i * (1 - x_i/2)$ ;  $x_{i+1} = 2 * x_i * (1 - x_i/2)$ ;  
}
```

Розрядність результату  $n_p \approx n * k$ ;

Результат  $z_n = y/x$ .

29. Обчислення  $z = y/x$ . Початкові значення:

$x_0 = x$ ,  $y_0 = 1/x_M$ , де  $x_M$  — старші  $k$  розрядів операнду  $x$ .

$y_1 = 8 * y * (3 * (0,5 + (0,5 - x * y_0)) * (0,25 + (0,5 - x * y_0)^2))$ ;

Розрядність результату  $n_p \approx 4 * k$ ;

Результат  $y_1 = y/x$ .

Таблиця А.1. Мікросхеми ПЛІС за варіантом

№ вар.	Мікросхема ПЛІС
0	Xilinx Artix XC7A15T-1CPG236C
1	Xilinx Spartan-3E XC3S500E
2	Xilinx Spartan-6 XC6SLX9
3	Xilinx Spartan-7 XC7S50T-1FGGA48C
4	Xilinx Zynq XC7Z007S-1CLG225C
5	Intel Altera Cyclone III EP3C16F484
6	Intel Altera Cyclone IV EP4CE22F17C6N
7	Intel Altera Cyclone V GX 5CGXFC5C6F27C7N
8	Intel Altera MAX10 10M08SAU169C8G

## Додаток Б

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний технічний Університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»  
Факультет інформатики та обчислювальної техніки  
Кафедра обчислювальної техніки

### КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

із дисципліни «Технологія проектування комп'ютерних систем»  
на тему:

« \_\_\_\_\_ »

Виконав \_\_\_\_\_  
Група \_\_\_\_\_, Факультет ФІОТ,  
Залікова книжка № \_\_\_\_\_  
Допущений до захисту « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_  
Керівник \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Київ 201\_



# Додаток Г

## 1 Область застосування

Розроблюваний модуль призначений для реалізації у ПЛІС.

## 2 Підстава для розробки

Підставою для розробки є індивідуальне завдання на курсовий проект, видане кафедрою Обчислювальної техніки ФІОТ НТУУ “КПІ” четвертому курсу спеціальності “Комп’ютерна інженерія” по дисципліні “Технології проектування комп’ютерних систем”.

## 3 Призначення розробки

Даний проект призначений для реалізації у ПЛІС як конфігурований модуль спеціалізованого процесора, а також для демонстрації набутих навичок та закріплення отриманих знань по вищезазначеній дисципліні.

## 4 Технічні вимоги

### 4.1 Склад виробу

Виробом є віртуальний модуль, який є конфігурованим і придатним до вбудови у ПЛІС довільної серії. Модуль повинен бути описаним мовою VHDL стилем для синтезу з використанням бібліотеки IEEE.

### 4.2 Технічні параметри

Віртуальний модуль повинен виконувати обчислення функції  $\sqrt{x}$  у конвеєрному режимі.

Віртуальний модуль має бути настроюваним. При цьому настроюваними є:

- розрядність вхідних даних;
- розрядність результатів;
- наявність чи відсутність конвеєрної обробки.

Вхідні дані — числа з фіксованою комою у діапазоні  $[0,25;1)$ .

Вихідні дані — числа з фіксованою комою у діапазоні  $[0,5;1)$ .

Розрядність вхідних та вихідних даних — регульована під час компіляції і не перевищує 32.

Похибка обчислень повинна бути не більшою за вагу молодшого розряду результату.

Розрядність проміжних результатів — вибирається під час розробки і повинна забезпечувати мінімальну похибку обчислень.

					<b>ІАЛЦ. 467449.002.ТЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	<b>Модуль обчислення функції <math>\sqrt{x}</math> Технічне завдання</b>	<i>Лит.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Сергієнко</i>						1	3
<i>Перевір.</i>	<i>Долголенко</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Сергієнко</i>					<b>ФІОТ Гр. ІО-41</b>		



Серія цільової ПЛІС — Xilinx Spartan-6.

Мінімальний період тактового інтервалу при конвеєрних обчисленнях — не більше 10 нс (уточнюється під час розробки).

#### 4.3 Вимоги до надійності

Параметри надійності модуля визначаються надійністю цільової ПЛІС. Ці параметри забезпечуються за умов:

— модуль успішно протестований в розробленому стенді для іспитів;

— розроблений модуль успішно пройшов етапи синтезу, розміщення і розведення у заданій мікросхемі ПЛІС;

— тривалість мінімального тактового інтервалу, яка розраховується у САПР ПЛІС для використання модуля у відповідних умовах (діапазон температур, напруга живлення), не перевищує задану;

— модуль вбудовується у систему з урахуванням усіх розроблених рекомендацій по його застосуванню.

Строк використання модуля — необмежений.

#### 4.4 Принцип роботи

Модуль повинен виконувати обчислення за наступним алгоритмом.

Початкові значення  $x_0 = x$ ;  $y_0 = x$ .

```
for(i = 0, i < n, i++) {  
  t =  $x_i + 2^{-i} * x_i$ ;  
  q =  $t + 2^{-i} * t$ ;  
  u =  $x_i + 2^{-(m+1)} + 2^{-2m}$ ;  
  if (u < 1)  
    {  $x_{i+1} = q$ ;  
       $y_{i+1} = y_i + 2^{-i} * y_i$ ; }  
  else  
    {  $x_{i+1} = x_i$ ;  
       $y_{i+1} = y_i$ ; }  
}
```

Результат  $y_{n-1} = \sqrt{x}$ .

Алгоритм відноситься до алгоритмів “цифра за цифрою” і таким чином, за одну ітерацію знаходиться одна точна двійкова цифра результату. Дія алгоритму полягає у виборі таких доданків до  $x_i$ , щоб  $x_i \rightarrow 1,0$ , а  $y_i \rightarrow \sqrt{x}$ .

Обчислення повинні виконуватись у конвеєрному режимі, тобто, при подачі вхідних даних чергою з періодом в один такт модуль повинен видавати результати у кожному такті, починаючи з n-го.

#### 4.5 Умови експлуатації

Всі експлуатаційні вимоги співпадають з вимогами експлуатації мікросхем ПЛІС, для яких розробляється модуль.

#### 4.6 Програмне забезпечення

Розробка модуля повинна проводитись з використанням симулятора VHDL, такого, як Active-HDL.

Перевірка синтезу, розміщення та трасування повинні виконуватись у САПР Xilinx ISE ver. 14.

#### 4.7 Вимоги до патентної чистоти

Структурні ознаки розробленого модуля не повинні попадати у межі дії охоронних обмежень, які закріплені патентами, що діють в Україні.

#### 4.8 Спеціальні вимоги

Спеціальні вимоги до розробки не висуваються.

### 5 Етапи та стадії розробки

1. Узгодження технічного завдання.
2. Розробка модуля.
3. Захист курсового проекту.

### 6 Перелік документації

- Опис альбому.
- Технічне завдання.
- Пояснювальна записка з додатками.

У додатках слід привести:

- текст опису модуля на VHDL,
- функціональну схему модуля.

					ІАЛІЦ.467449.002.ТЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		3

## Додаток Д

### Опис модуля мовою VHDL

```
-----
-- Title      : SQRT_KP
-- Design     : SQRT_KP
-- Author     : Anatoliy Sergiyenko
-- Company    : KPI
-----
-- File       : SQRT_KP.vhd
-- Generated  : Thu Nov 9 20:09:16 2017
-- From       : interface description file
-- By        : Itf2Vhdl ver. 1.20
-----
--
-- Description : pipelined unit calculates the SQRT function for the
--               input range  $0.25 < x < 1.0$ .
-- The algorithm is:
--
--  $y_0 = x$ ;  $x_0 = x$ ;  $f = 0$ ;
-- for ( $m = 1$ ;  $m < n$ ;  $m = m + 1$ ) {
--      $u = x_i + 2^{(-m+1)} + 2^{(-2m)}$ ;
--     if ( $u > 1$ ) {
--          $x_{i+1} = x_i$  ;
--          $y_{i+1} = y_i$  ;
--     }
--     else {
--          $x_{i+1} = u$ ;
--          $y_{i+1} = y_i + 2^{(-m)} y_i$ ;
--     }
-- }
-----
-- Performance in Xilinx Spartan6

-- without pipelining
-- 12 1109 LUT 48 Tg 356 cLb - 45.51ns
-- 16 1392 LUT 71 Tg 419 cLb - 50.16ns
-- 18 1737 LUT 79 Tg 537 cLb - 55.60ns
-- 24 3202 LUT 110 Tg 1038 cLb - 71.28ns
-- 32 5881 LUT 162 Tg 1711 cLb - 118.58 ns

-- fully pipelined
-- 12 750 LUT 379 Tg 221 cLb - 6.81 ns
-- 16 981 LUT 615 Tg 286 cLb - 5.06ns
-- 18 1222 LUT 766 Tg 333 cLb - 5.06ns
-- 24 2096 LUT 1320 TG 599 cLb - 6.88ns
-- 32 3613 LUT 2287 TG 1013 cLb - 5.824ns
```

```

library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.all;
use IEEE.numeric_STD.all;
entity SQRT_KP is
    generic(ni:natural:=20;    -- input data width
           no:natural:=20;    -- output data width
           pipe:natural:=0);  -- 1 - fully pipelined
    port(
        CLK : in STD_LOGIC;
        START: in STD_LOGIC;    -- start of calculations
        DI : in STD_LOGIC_VECTOR(ni-1 downto 0); -- input data
        RDY: out STD_LOGIC;    -- 1-st result ready
        DO : out STD_LOGIC_VECTOR(no-1 downto 0) -- result
    );
end SQRT_KP;

```

architecture synt of SQRT\_KP is

```

    signal xn:unsigned(ni-1 downto 0);
    signal n:natural;
    type Tstage is array (1 to no+1) of unsigned(ni+4 downto 0);
    type Tstage1 is array (1 to no+1) of unsigned(ni+5 downto 0);
    signal yi,xi,t: Tstage:=(others=>(others=>'0'));
    signal u: Tstage1:=(others=>(others=>'0'));
    signal doi:unsigned(ni+3 downto 0);
    signal ctn:natural range 0 to no+1;
    signal startd: std_logic;

begin

    IO_R_FSM:process(clk)
        variable t:unsigned(ni+3 downto ni-no+3);
    begin
        t:=doi(ni+3 downto ni-no+3) + 1; -- rounding
        if rising_edge(clk) then
            startd<=START;
            if startd = '0' and START='1'then
                xn<= (others=>'0');
                DO<= (others=>'0');
                ctn<= 0;
                RDY<= '0';
            else
                xn<=unsigned(DI);
                DO<= std_logic_vector(t(ni+3 downto ni-no+4));
                if ctn <= no then
                    ctn<=ctn+1;
                end if;
            end if;
        end if;
    end process;

```

```

        if (pipe = 0 and ctn = 1) or
            ctn = no    then
            RDY<='1';
        end if;
    end if;
end process;

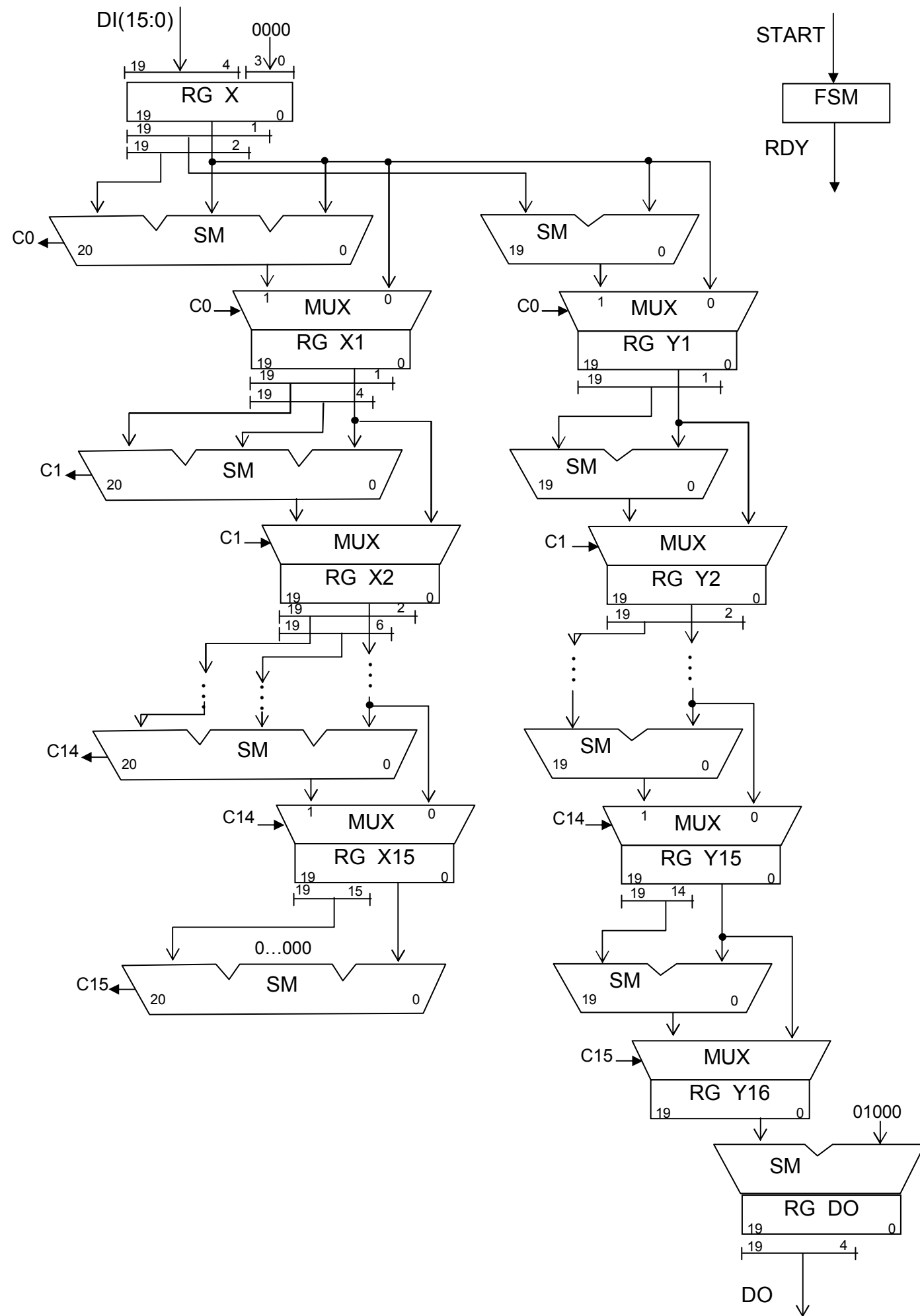
yi(1)<='0'&xn&"0000";
xi(1)<='0'&xn&"0000";

NR:  if pipe=0 generate
    STAGES: for m in 1 to no-1 generate
        u(m)<= '0'&xi(m) + SHIFT_RIGHT(xi(m),m-1)+ SHIFT_RIGHT(xi(m),2*m);
        xi(m+1)<= u(m)(ni+4 downto 0) when u(m)(ni+5 downto ni+4)="00" else
            xi(m);
        yi(m+1)<= yi(m)+ SHIFT_RIGHT(yi(m),m) when u(m)(ni+5 downto ni+4)="00"
            else yi(m);
    end generate;
end generate;

RR:  if pipe=1 generate
    STAGES: for m in 1 to no-1 generate
        process(CLK, xi,u) begin
            u(m)<= '0'&xi(m) + SHIFT_RIGHT(xi(m),m-1)+ SHIFT_RIGHT(xi(m),2*m);
            if rising_edge(CLK) then
                if u(m)(ni+5 downto ni+4)="00" then
                    xi(m+1)<= u(m)(ni+4 downto 0);
                    yi(m+1)<= yi(m)+ SHIFT_RIGHT(yi(m),m);
                else
                    xi(m+1)<=xi(m);
                    yi(m+1)<=yi(m);
                end if;
            end if;
        end process;
    end generate;
end generate;

doi<= yi(no)(ni+3 downto 0);
end synt;

```



### Додаток Е

				<b>ІАЛЦ.467449.001.Е2</b>							
				Блок обчислення спецфункції Схема електрична функціональна			Літера	Маса	Масштаб		
Зм.				Літ.				№ докум.			
Розроб.				Петренко							
Перевір.											
Н.Контр.											
Затв.											
								Аркуш 1		Аркушів 1	
								ФІОТ Гр. ІО-41			