

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ЦИФРОВІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ЦИФРОВІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Спеціальність – 152 - Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Освітня програма - Метрологія та менеджмент якості (2022 р.)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський).

Затверджено
на засіданні
кафедри інформаційних систем
Протокол № 6 від 05 . 03. .2025 р.

Цифрові вимірювальні прилади. Методичні вказівки до виконання курсової роботи для здобувачів вищої освіти спеціальності – 152 - Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка за освітньою програмою Метрологія та менеджмент якості (2022 р.) / Укл.: В.Л. Костенко, М.В. Ядро́ва, Кондратьєв С.Б. Одеса: Одеська політехніка, 2025. – 20 с.

Укладачі: В.Л. Костенко, д-р техн. наук, проф., М.В. Ядро́ва, канд.техн. наук, доцент, С.Б. Кондратьєв, ст. викладач.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. Основні вимоги до курсової роботи	5
1.1. Загальні положення	5
1.2. Вимоги до виконання курсової роботи	6
1.3. Порядок виконання курсової роботи	6
2. Структура, обсяг і зміст курсової роботи. Варіанти індивідуальних завдань.....	7
3. Вимоги до оформлення курсової роботи	8
3.1. Правила оформлення основної частини роботи	8
3.2. Правила оформлення формул і рівнянь	9
4. Етапи виконання та критерії оцінювання виконання курсової роботи	9
5. Приклад розрахунку цифрового вольтметра постійної напруги з світлодіодною індикацією.....	10
5.1. Розробка структурної схеми вольтметра.....	11
5.2. Розробка основних вузлів цифрового вольтметра	13
5.2.1 Вхідний пристрій	13
5.2.2 Проектування генератора тактових імпульсів.	16
5.2.3 Схема пристрою формування імпульсів	17
5.2.4 Пристрій управління	17
5.2.5 Цифро-аналоговий перетворювач	18
5.2.6 Пристрій порівняння	18
5.2.7 Схема рахунку та індикації.....	18
5.3. Розробка блоку живлення.....	19
Висновок	20
Література	20

ВСТУП

Сучасний етап науково-технічного прогресу характеризується повсюдним впровадженням принципово нової, цифрової техніки.

Курсова робота з навчальної дисципліни «Цифрові вимірювальні прилади» — це вид самостійної навчальної роботи з елементами дослідження, що виконується здобувачами вищої освіти протягом семестру з метою закріплення, поглиблення й узагальнення знань, здобутих за час навчання, та їхнього застосування до комплексного вирішення конкретного фахового завдання.

Метою курсової роботи з навчальної дисципліни «Цифрові вимірювальні прилади» є

- поглиблення знань з актуальних проблем цифрової вимірювальної техніки;
- систематизація отриманих теоретичних знань з навчальної дисципліни «Цифрові вимірювальні прилади»;
- розвиток умінь самостійного критичного опрацювання наукових джерел;
- формування дослідницьких умінь здобувачів вищої освіти;
- стимулювання здобувачів вищої освіти до самостійного наукового пошуку;
- розвиток умінь аналізувати передовий досвід та узагальнювати власні спостереження;
- формування вміння практичної реалізації результатів дослідження проблеми. Методичні рекомендації мають на меті надати всебічну методично-консультативну допомогу здобувачам вищої освіти у самостійному виконанні курсової роботи з навчальної дисципліни «Цифрові вимірювальні прилади», яка є невід'ємною складовою професійної підготовки студентів спеціальності 152 - Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

1. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО КУРСОВОЇ РОБОТИ

1.1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Здобувач, який виконує курсову роботу, повинен насамперед ознайомитися з вимогами до роботи.

Важливо, щоб матеріал курсової роботи був чітко висвітлений та логічно викладений.

Уміння обґрунтовано подати матеріал свідчить про сформованість знань студента, їх систематизацію та свідоме засвоєння. Курсова робота повинна бути написана літературною мовою, без зловживань, транслітерованих із чужих мов, з науковими термінами.

1.2. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Основною вимогою при написанні курсової роботи є самостійне і творче її виконання. Зловживання цитатами, запозиченими зі статей, монографій, підручників та з мережі Internet, сполученими окремими власними фразами автора курсової роботи, є несанкціонованим використанням чужої думки і вважається за плагіат. Тому варто бути надзвичайно уважними, цитуючи українські публікації, викладаючи зміст іншомовних оригіналів, використовуючи інформацію з Internet-ресурсу.

1.3. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Процес виконання курсової роботи поділяється на декілька етапів, а саме:

1. вибір теми курсової роботи;
2. підбір і вивчення літературних джерел за темою роботи;
3. складання плану роботи та узгодження його з керівником;

4. формування тексту курсової роботи;
5. оформлення курсової роботи;
6. захист курсової роботи.

Вибір теми. Обираючи тему курсової роботи з тематики, запропонованої кафедрою, здобувач повинен зорієнтуватися в тому, щоб дослідження, здійснене в процесі розробки курсової роботи, мало логічне продовження у подальших дослідженнях. До остаточного закріплення студентів за конкретними темами кафедра враховує зустрічні пропозиції студентів про внесення до тематики додаткових тем.

Обрана тема погоджується з керівником і затверджується на кафедрі. У подальшому її змінення або коригування можливе лише з дозволу керівника за умови достатнього обґрунтування.

Підбір і вивчення літературних джерел за темою роботи. У процесі підготовки до написання курсової роботи опрацьовуються літературні джерела, складається бібліографія. Самостійний пошук літературних джерел здійснюється за допомогою інтернету, бібліотечних каталогів (систематичного, алфавітного), реферативних журналів, бібліографічних довідників. Для глибокого дослідження теми курсової роботи необхідне вивчення монографічної літератури, статей наукових фахових видань, збірників міжнародних конференцій тощо.

У процесі опрацювання літератури доречно окремо робити конспективні нотатки, виписки з тексту, цитати, цифровий матеріал. При цьому слід обов'язково робити повні бібліографічні записи джерел: автор, назва книги (статті), видавництво (назва журналу), рік видання, обсяг книги (номер журналу), номер сторінки для того, щоб використати ці записи для підготовки списку використаної літератури й зробити необхідні посилання на джерела в тексті курсової роботи.

Складання плану курсової роботи. Попереднє ознайомлення з літературними джерелами є основою для складання плану курсової роботи. План містить вступ; основну частину (3—4 взаємопов'язані і логічно побудовані питання, що дозволяють розкрити тему); висновки. Самостійно складений здобувачем план обговорюється з науковим керівником, у разі необхідності коригується й після цього затверджується.

Формування тексту курсової роботи відбувається шляхом систематизації й обробки зібраних матеріалів з кожної позиції плану. До тексту вносяться тільки старанно підібрані й проаналізовані матеріали. На цьому ж етапі виконуються розрахунки, обґрунтовуються пропозиції, формулюються висновки, підбирається ілюстративний матеріал (графіки, рисунки, таблиці). У процесі роботи визначається необхідність доповнення додатковими матеріалами. Текст курсової роботи повинен бути відредагованим, стилістично витриманим як наукове дослідження. Остаточне оформлення курсової роботи здійснюється відповідно до загальних вимог.

Захист курсової роботи. Захист курсової роботи відбувається на останньому тижні навчального семестру у вигляді презентації здобувачем основних результатів дослідження і відповіді на поставлені запитання за темою роботи. Захист курсової роботи має на меті перевірку самостійності виконання роботи. Здобувач повинен бути готовим пояснити будь-які використані в роботі терміни. Для захисту курсової студент має підготувати стислу доповідь щодо курсової роботи. Обсяг доповіді має відповідати 3-4 хвилинам виступу, містити основні результати проведеного дослідження, викладені висновки та пропозиції. Перед захистом, здобувачу слід ретельно ознайомитися з зауваженнями, і, по можливості, дати аргументовану відповідь у доповіді на поставлені зауваження. Відповіді здобувача мають бути конкретними, аргументованими і короткими. Мета доповіді – це короткий виклад мети, основного змісту роботи і досягнутих результатів. Основне завдання доповідача - викласти за вказаний час основні корисні поради доповідачу. До доповіді здобувача ставляться такі вимоги: при підготовці доповіді рекомендується використовувати текст вступу, аналітичного огляду та висновку.

2. СТРУКТУРА, ОБСЯГ І ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ. ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Курсова робота повинна бути логічно побудованою й мати характер цілісного й завершеного самостійного дослідження. Традиційно курсова робота має описово-розрахунковий характер і структурно складається з таких елементів: титульний аркуш, зміст (план), вступ, основна частина, заключна частина (висновки), анотація, список використаної літератури, додатки (таблиці, схеми, графіки, діаграми тощо).

Обсяг курсової роботи має бути в межах 20-25 сторінок друкованого тексту. Приблизний обсяг структурних складових роботи (кількість сторінок): вступ - 1с, основна частина - 10-18 с., заключна частина (висновки) - 1 с.

У *вступі* обґрунтовується актуальність обраної теми дослідження, характеризується рівень розробленості теми у вітчизняній та зарубіжній літературі, виділяються дискусійні питання й не вирішені проблеми, визначається мета курсової роботи й завдання, вказується предмет та об'єкт дослідження.

Актуальність теми визначається шляхом критичного аналізу та порівняння з відомими розв'язаннями проблеми. У вступі слід коротко зазначити зв'язок вибраної теми з напрямками наукових досліджень кафедри, сформулювати мету роботи і завдання, які потрібно розв'язати для досягнення поставленої мети.

Основна частина роботи повинна бути максимально насичена фактичною інформацією (таблиці, графіки, діаграми, схеми. При цьому слід чітко розмежовувати походження використаної при аналізі інформації, яка запозичена з літературних джерел, одержана зі статистичних джерел, здобута шляхом власних спостережень, розрахунків. При цьому потрібно пам'ятати, що дослівне запозичення чужого тексту, яке не супроводжується посиланням на джерело, називається плагіатом і суворо карається в науковому середовищі.

Розділ завершується короткою оцінкою одержаних результатів з точки зору достовірності наукової та практичної значущості, а також висновками щодо стану проблеми, вирішенню якої і присвячена робота.

У *висновках* стисло підсумовуються результати досліджуваної проблеми, підкреслюється актуальність і значення теми роботи в цілому.

Заключна частина передбачає і власну оцінку здійсненого дослідження. При цьому важливо зазначити, в чому полягає її головний зміст, які важливі побічні наукові результати отримані, визначити нові наукові проблеми у зв'язку з проведенням дослідження. На основі висновків до розділів виконується загальний висновок до курсової роботи.

Список використаної літератури складається студентом як результат перегляду наукових джерел з теми дослідження. Це 20-25 джерел. До бібліографічного списку вноситься тільки та література, що використовувалася в роботі, на яку є посилання в тексті. Переваги повинні надаватися новітнім виданням. Список наукових джерел подається в алфавітному порядку, оформлюється з урахуванням сучасних вимог до бібліографічного опису.

Анотація - коротка характеристика змісту (обсяг 1 000-1 700 знаків). У ній необхідно викласти основне за всіма розділами роботи. В анотації обов'язково вказується назва, автор і текст, зокрема основні ідеї, результати та висновки курсової роботи.

Окремі частини тексту, що мають самостійне значення (обсягові розрахунки, методики, алгоритми), можуть бути розміщені у додатках.

ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

У таблиці наведені варіанти індивідуальних завдань. Цифри від 1 до 21 в таблиці означають порядкові номери прізвищ студентів в журналі. Вихідні дані для розрахунку курсового проекту:

N – кількість діапазонів вимірювань

n – кількість разрядів

$U_{\max}$ – максимальна вимірювана напруга, В

n	N	2	3	4	5
2		1	2	3	4
3		6	7	8	9
4		10	11	12	13
5		14	15	16	17
3		18	19	20	21
$U_{\max}, B$		6	10	12	15

3 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

3.1 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ОСНОВНОЇ ЧАСТИНИ РОБОТИ

Оцінка курсової роботи враховує не лише якість самого наукового дослідження, вміння захистити сформульовані положення та висновки, але і його оформлення.

Невідповідність в оформленні курсової роботи державним стандартам і встановленим вимогам може суттєво вплинути на остаточну оцінку роботи, а через значні відхилення робота може бути взагалі недопущена до захисту. Тому оформленню роботи повинна бути приділена особлива увага. Дотримання студентом усіх вимог до оформлення курсової роботи сприяє вихованню в нього належного стилю роботи, виховує вимогливість до себе, прищеплює певні навички до ведення наукового дослідження.

Курсова робота повинна бути виконана та оформлена з дотриманням усіх технічних вимог до наукових робіт.

Курсова робота має бути віддрукована на принтері чітко, охайно, без виправлень. Текст роботи треба розміщувати тільки з одного боку аркуша, на білому папері формату А4 (210x297 мм), залишаючи поля зліва не менше 30 мм, справа - не менше 15 мм, зверху та знизу - не менше 20 мм. У друкованому варіанті на одній сторінці тексту міститься до 30 рядків по 68-70 знаків у кожному. Для цього зазвичай використовують шрифт Times New Roman, розмір шрифту - 14, міжрядковий інтервал - 1,5 при абзацному відступі 1,25 см.

Абзацний відступ повинен бути однаковим упродовж усього тексту роботи і дорівнювати п'яти знакам.

Під час виконання роботи необхідно дотримуватися рівномірної щільності, контрастності й чіткості зображення. Помилки, описки та графічні неточності допускається виправляти підчищенням або зафарбовуванням білою фарбою і нанесенням на тому ж місці або між рядками виправленого зображення машинописним способом або від руки.

Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою. Перенесення слів у заголовку розділу не допускається.

Відстань між заголовком і подальшим чи попереднім текстом має бути не менше ніж два рядки.

Не допускається розмішувати назву розділу, підрозділу і пункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту.

Сторінки курсової роботи нумеруються арабськими цифрами за наскрізною нумерацією впродовж усього тексту звіту.

Титульний аркуш включають до загальної нумерації сторінок роботи, але номер сторінок не проставляють. Ілюстрації й таблиці, розміщені на окремих сторінках, включають до загальної нумерації сторінок роботи.

Розділи, підрозділи і пункти курсової роботи слід нумерувати арабськими цифрами. Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, відокремлених крапкою.

3.2 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ФОРМУЛ І РІВНЯНЬ

Формули та рівняння розташовують посередині сторінки безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються. Вище і нижче кожної формули або рівняння повинно бути залишено один вільний рядок.

Формули та рівняння виділяються в окремий рядок з наступними поясненнями до них. При цьому після тексту, що передує формулі/ рівнянню, розділовий знак ставиться лише в тому випадку, коли в тексті є слово, яке підкреслює, що далі впливає пояснення.

Формули/рівняння нумерують у межах розділу арабськими цифрами. Номер формули/рівняння складається з номера розділу і порядкового номера формули/рівняння, розділених крапкою. Після формули/ рівняння, виділеної в окремий рядок, ставиться кома і з правої сторони аркуша в круглих дужках номер формули/рівняння. Після формули йде розшифровка умовних позначень і розмірність. Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, слід наводити у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі чи рівнянні.

Рядки в розшифровці розташовуються у такий спосіб. Слово "де" пишеться з лівого боку аркуша.

Якщо пояснення значення символу не вміщується в один рядок, то воно продовжується на наступному рядку без будь-яких абзацних відступів.

Якщо формула/рівняння не вміщується в один рядок, вона повинна бути перенесена на знаках рівності (=), додавання (+), віднімання (-), множення (×) і ділення (:). Знак, на якому зроблений перенос формули/рівняння, пишуть два рази - в кінці першого і на початку другого рядка.

Для компактності невеликі формули або формули, що не мають самостійного значення, можна розташовувати всередині текстових рядків. Також для економії місця можна розташовувати усередині текстових рядків розшифровки формул.

Формули, що йдуть одна за одною й не розділені текстом, відокремлюють комою.

4. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Оцінювання проекту здійснюється за 100-бальною системою.

№ п/	Об'єм виконаної роботи	Терміни виконання, тиждень	Макс. бал
1	Вибір варіанту курсової роботи, опис технічного завдання до вибраного цифрового вимірювального приладу, вимог до ЦВП	1	4
2	Визначити необхідну точність вимірювань на виробництві, для якого розробляється варіант ЦВП. Визначити основні та неосновні джерела похибок вимірювань	2-3	4
3	Визначити блок-схему розроблюваної ЦВП. Описати процеси, що виконуються в рамках кожного блоку	4-5	6
4	Визначити розрахунковий та графічний апарат для виконання, описаного в пункті 3 складу процесів. Описати: які розрахунки та побудови, в якому блоці описують перераховані в пункті 3 процеси. Побудувати функціональну та принципову схему основних блоків.	6-7	5
5	За функціональною та принциповою схемою основних блоків скласти функціональну та принципову схему ЦВП;	8-9	10
6	Розрахунок похибок ЦВП	10-11	15
8	Розробити інструкцію користувача	12	10
9	Оформлення пояснювальної записки	13 - 14	10
10	Захист курсового проекту		40
	Всього	1-14	100

Бали за виконання нараховуються у випадку правильного виконання відповідного елементу роботи.

Бездоганна відповідь на всі запитання комісії по захисту курсового проекту оцінюється в 40 балів.

Оцінка може бути знижена від 5 до 10 балів за неповні відповіді, нечіткі відповіді; непевне володіння термінологією, відсутністю понять про послідовність виконання розрахунків

5. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ЦИФРОВОГО ВОЛЬТМЕТРА ПОСТІЙНОЇ НАПРУГИ З СВІТЛОДІОДНОЮ ІНДИКАЦІЄЮ.

Індивідуальне завдання:

Максимальна вимірювана наруга $U_{вх} = 10 \text{ В}$.
Межі (діапазони) вимірювань 0,1В; 1; 10 В,
кількість разрядів в кожному діапазоні вимірювань – 4,
кількість імпульсів, які рахуються лічильниками ЦВ – 1000,
максимальна похибка ЦВ – не більше 1%,
споживана потужність ЦВ- не більше 10 Вт
блок живлення – трансформаторний, видає двополярну наругу 15В при
максимальному струмі 6 мА і наругу 5В при максимальному
струмі 20 мА.
Загальний опір подільника наруги ЦВ дорівнюється 2МОм.

ВСТУП

Цифрова вимірювальна техніка є основною і найбільш перспективною частиною вимірювальної техніки, що представляє собою сукупність цифрових вимірювальних приладів, методів їх перевірки і правил експлуатації.

Засоби цифрової вимірювальної техніки найкращим чином сполучаються із засобами обчислювальної техніки, володіють високою точністю і швидкодією. Цифровими називаються такі вимірювальні пристрої, в яких вимірювана величина автоматично в результаті квантування і цифрового кодування представляється кодовим сигналом, що виражає значення вимірювальної величини.

Цифрові вольтметри володіють наступними перевагами –

- високою точністю вимірювання наруги (0.001%);
- широким діапазоном вимірювань при високій чутливості (від до В);
- відліком у цифровій формі (практично виключає окомірні помилки і створює зручність спостереження на відстані);
- швидкодією (до вим / с);
- автоматичним вибором меж і полярності;
- можливістю отримання результатів спостережень в формі, зручній для введення в ЕОМ;
- можливістю виведення на інтерфейсну шину і включення до складу вимірювально-обчислювального комплексу.

За схемним рішенням цифрові вольтметри ділять на дві основні групи:

- з жорсткою логікою
- мікропроцесорним програмним управлінням.

За елементною базою цифрові вольтметри поділяються на

- напівпровідникових приладах,
- інтегральних мікросхемах і мікропроцесорах.

В даний час основний парк складають цифрові вольтметри, виконані на цифрових і аналогових мікросхемах середнього ступеня інтеграції.

Широке застосування знаходять спеціальні мікросхеми, які заміняють цілі функціональні блоки цифрових вольтметрів.

5.1. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ВОЛЬТМЕТРА

Згідно завдання, розробимо структурну схему цифрового вольтметра (ЦВ) поразрядного кодування. Основними вузлами ЦВ є такі:

- о Вхідний пристрій .
- о Генератор тактових імпульсів .
- о Схема пристрою формування імпульсів .
- о Пристрій управління .
- о Цифро-аналоговий перетворювач .
- о Пристрій порівняння .
- о Дешифратор.
- о Схема рахунку та індикації .
- о Блок живлення

Принцип дії ЦВ даного типу полягає в послідовному порівнянні вимірюваної напруги з рядом зразкових напруг, значення яких задаються за певним законом, наприклад, згідно із законом двійкового або двійково-десятькового коду.

Число, відповідне набору зразкових напруг, яким компенсується вимірюється напруга, представляє собою значення в закодованій формі.

Таким чином, напруга перетворюється в числовий еквівалент:

$$U_x = U_{\text{комп.}} = \Delta X_k (a_0 2^0 + a_1 2^1 + \dots + a_n 2^n);$$

в компактній формі це рівняння виглядає наступним чином:

$$U_x = \Delta X_k \sum_{i=1}^{n-1} a_i 2^i; (1)$$

де:

ΔX_k - напруга, відповідне одиниці молодшого розряду (крок квантування);

n - число розрядів коду;

a - коефіцієнт, що дорівнює 1 і 0 в залежності від результатів порівняння в кожному такті.

ЦВ працює періодично. За один цикл вимірювань виконується один вимір.

Час циклу вимірювання визначається обраним алгоритмом формування компенсаційної напруги.

Вхідна напруга надходить на вхід дільника, а з його виходу через вхідний підсилювач - на вхід схеми порівняння.

За сигналом запуску відбувається скидання пристрою управління.

Імпульси з виходу тактового генератора надходять на вхід схеми управління. Під дією кожного тактового імпульсу на виході схеми управління формуються кодові сигнали, які надходять на входи ЦАП і одночасно на входи дешифратора.

Відповідно до закону формування кодових сигналів, напруга з виходу ЦАП надходить на другий вхід схеми порівняння.

Схема порівняння в залежності від знака різниці подає відповідний сигнал в схему управління, яка призводить до припинення надходження імпульсів.

У момент врівноваження, значення коду управління фіксується в схемі управління та через дешифратор надходить на входи індикатора, де воно висвічується у вигляді десяткових цифр. На цьому один цикл вимірювання закінчується.

В ЦВ даного типу похибка становить 0,05-0,001 при забезпеченні високої швидкодії (до 5000 перетворень в секунду). Для реалізації такої роботи структурна схема цифрового вольтметра поразрядного кодування має вигляд, приведений на рис.1.

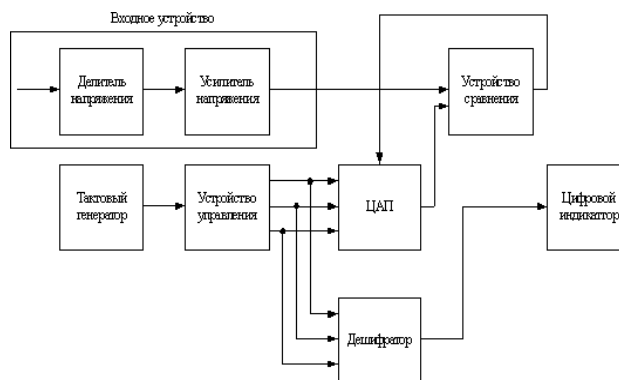


Рис. 1 - Структурна схема ЦВ поразрядного кодування

5.2.. РОЗРОБКА ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ ЦИФРОВОГО ВОЛЬМЕТРА

5.2.1 ВХІДНИЙ ПРИСТРІЙ

Вхідний пристрій складається зі схеми подільника напруги, схеми захисту і підсилювача напруги.

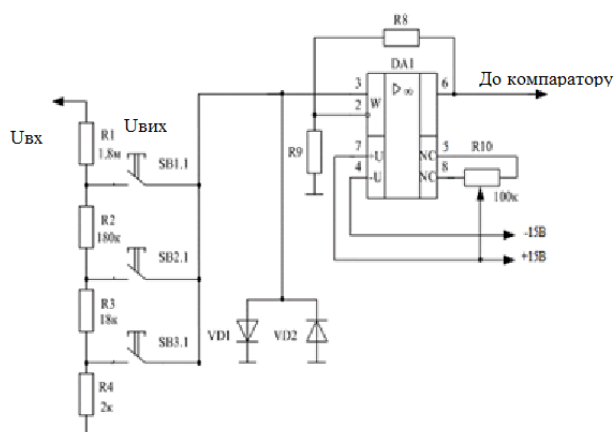


Рис. 2. Схема вхідного пристрою ЦВ

5.2.1.1. Розрахунок подільника напруги вхідного пристрою.

Подільник напруги — це лінійна електронна схема, напруга на виході якої ($U_{вих}$) складає частину напруги на вході ($U_{вх}$). Найпростіший дільник напруги складається з кількох послідовно увімкнених резисторів.

Згідно похідним даним, у даному вольтметрі потрібно реалізувати три межі вимірювання: $U_1=0,1V$, $U_2=1V$, $U_3=10V$.

Отже, потрібні три перемикачі діапазонів вимірювання SB1.1, SB2.1, SB3.1 та чотири резистора R1, R2, R3, R4.

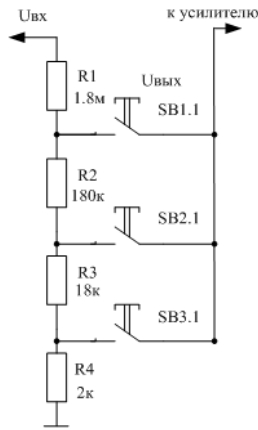


Рис. 3. Схема вхідного подільника напруги

Загальний опір подільника напруги $\sum R_i$ ЦВ згідно умови завдання дорівнюється 2 МОм. Тому можна записати:

$$\sum R_i = R1 + R2 + R3 + R4 = 2 \text{ МОм.}$$

Розрахуємо резистори R_i подільника напруги перемикача діапазонів ЦВ:

З урахуванням того, що кожна межа вимірювань, згідно завданню, має 4 разряда, мінімальна вихідна напруга подільника напруги дорівнюється:

$$U_{\text{вих}} = U1/1000 = 0,1/1000 = 0,0001(\text{В})$$

В цьому рівнянні $U1$ – значення максимальної напруги першого діапазону вимірювань.

Відповідно до закону Ома для реалізації цієї напруги $R4$ повинно бути рівним:

$$R4 = \frac{U_{\text{вых}} \cdot \sum R_i}{U_{\text{вх}}} = 2 \text{ кОм.}$$

В цьому рівнянні:

$U_{\text{вх}}/\sum R_i$ - це струм через подільник, який є однаковим в кожному резисторі,

$U_{\text{вх}}$ – напруга на вході ЦВ, яка згідно похідним даним дорівнює 10В.

Аналогічно для другої межі вимірювань ($U2 = 1\text{В}$) $U_{\text{вих}} = U2/1000 = 1/1000 = 0,001(\text{В})$, то:

$$R3 = \frac{U_{\text{вых}} \cdot \sum R_i}{U_{\text{вх}}} - R4 = 18 \text{ кОм.}$$

Аналогічно для другої межі вимірювань ($U3 = 10\text{В}$), $U_{\text{вих}} = 10/1000 = 0,01(\text{В})$ то:

$$R2 = \frac{U_{\text{вых}} \cdot \sum R_i}{U_{\text{вх}}} - (R4 + R3) = 180 \text{ кОм.}$$

Оскільки три резистора знайдено, то четвертий ($R1$) знаходиться по формулі:

$$R1 = \sum R_i - (R4 + R3 + R2) = 1800 \text{ кОм.} = 1.8 \text{ МОм}$$

Розрахункове значення опорів звірямо з рядом E192 з урахуванням допуску. Ряд E192 беремо з довідника з інтернету: <http://www.radiolibrary.ru/reference/resistorseries/e192.html>. В якості R1, R3, R3 і R4 будемо використовувати прецизійні резистори типу С2-29В потужністю 0.25 Вт. Тип резистора беремо в тому ж довіднику. Гранична робоча напруга становить 200 В, що забезпечить необхідний запас міцності по напрузі.

$$R1 = 1,8 \text{ МОм.} \quad \text{C2-29В - 0,25 - } 1,8 \text{ МОм } \pm 0.1\%.$$

$$R2 = 180 \text{ кОм.} \quad \text{C2-29В - 0,25 - } 180 \text{ кОм } \pm 0.1\%.$$

$$R3 = 18 \text{ кОм.} \quad \text{C2-29В - 0,25 - } 8 \text{ кОм } \pm 0.1\%.$$

$$R4 = 2 \text{ кОм.} \quad \text{C2-29В - 0,25 - } 2 \text{ кОм } \pm 0.1\%.$$

Розрахунок сумарної максимальної похибки подільника

З урахуванням того, що абсолютна величина допуску номінала кожного резистора становить 0,1%, сумарна максимальна похибка подільника становить:

$$\sqrt{4 \cdot 0.1^2} = 0,2\%$$

5.2.1.2. Розробка схеми захисту.

Для схеми захисту від перенапруги використовуються два діоди VD1, VD2 і резистор, що обмежують струм на вході (рис.4.). Для даної схеми з довідника візьмемо два діода типу КД212А, струм якого I_{мах} дорівнює 1 А, максимальне пряме падіння напруги U_{пр.} 1 В, а максимальне зворотне падіння напруги U_{обр.} дорівнює 500В. Роль обмежувального резистора виконує резистор R1 дільника напруги:

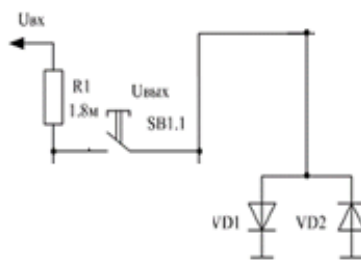


Рис.4. Схема захисту від перенапруги

5.2.1.3. Проектування блоку підсилення напруги

У схемі вхідного пристрою для підсилення напруги використовується прецизійний операційний підсилювач К140УД25А. Параметри К140УД25А викладені по адресу: <http://www.chipinfo.ru/dsheets/ic/140/ud25.html>.

Схема включення підсилювача напруги ІМС К140УД25А наведена на рис. 5

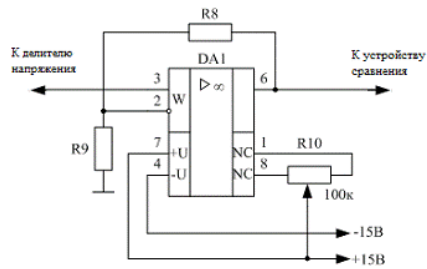


Рис. 5 - Схема включення підсилювача напруги ІМС К140УД25А

Розрахунок коефіцієнта підсилення підсилювача напруги.

Коефіцієнт підсилення підсилювача напруги К становить:

$$K = U_{\text{вих.}} / U_{\text{вх.}} = U_{\text{оп.}} / (U_{\text{мин}}/10),$$

де:

$U_{\text{оп.}}$ – опорна напруга ЦАП.

У схемі дного ЦВ згідно технічної документації використовується 12 - розрядний ЦАП, опорна напруга якого дорівнюється: $U_{\text{оп.}} = 10,24 \text{ В}$. Звідси:

$$K = 10 / (0,1/10) = 1000$$

В даній схемі включення підсилювача використовується негативний зворотний зв'язок. Негативний зворотний зв'язок робить систему більш стійкою до випадкової зміни параметрів у разі виникнення перешкод. Так як підсилювач застосовується для посилення постійної напруги, то її застосування цілком виправдано.

Розрахунок опорів в ланцюгах підсилювача.

Розрахунок опорів R9 та R8.

Згідно формулі для коефіцієнта підсилення операційного підсилювача з негативним зворотнім зв'язком:

$$K_y = 1 + \frac{R8}{R9} = 1000;$$

Якщо прийmemo номінал резистора R9, як в подібних схемах, равним: 20Ом, то:

$$R8 = R9 \cdot (K_y - 1) = 19,8 \text{ кОм};$$

Номінал резистора R10 прийmemo, як в подібних схемах, равним: 100кОм.

Призначення виводів ІМС К140УД25А (<http://www.chipinfo.ru/dsheets/ic/140/ud25.html>):

- 1 - Не підключений
- 2 - Інвертуючий вхід
- 3 - Прямий вхід
- 4, 5 - Коригування
- 6 - Вихід
- 7 - +Uпит.
- 8 - Коригування

Параметри підсилювача ІМС К140УД25А згідно

<http://www.chipinfo.ru/dsheets/ic/140/ud25.html> :

Напруга живлення $\pm(13,5 \dots 16,5)$	Споживана потужність, мВт 160
Коефіцієнт підсилення, дБ 88	Вхідний струм, не більше 4
Вхідний опір, МОм 40	Напруга зсуву, мкВ, не більше 75
Швидкість наростання вхідного напруги, В/мкс 0,1	
Гранична частота, МГц не менше 0,4.	

5.2.2 ПРОЕКТУВАННЯ ТАКТОВОГО ГЕНЕРАТОРА

В даному ЦВ, як в подібних схемах, застосуємо схему генератора з кварцовим резонатором, виконаним на логічних елементах 2І-НЕ (рис.6).

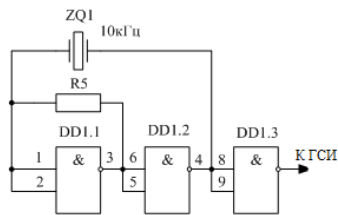


Рис. 6. Схема генератора тактових імпульсів (ГТІ)

Опис роботи схеми.

Напруга на виході генератора має вигляд послідовності прямокутних імпульсів. Основне завдання генератора з кварцовим резонатором - отримання коливань з стабільною частотою. Частота автогенератора буде визначатися тільки частотою кварцу. Частота генерованих коливань 10кГц. Як елементи 2І-НЕ використовуються, як в подібних схемах, мікросхема КР1554ЛА3 (рис.7), опис якої наведено нижче.

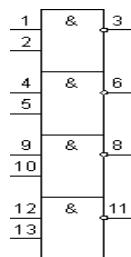


Рис. 7 - Цоколювка ІМС КР1554ЛА3

Призначення виводів ІМС КР1554ЛА3: 3, 6, 8, 11 – виходи; 1, 2, 4, 5, 10, 12, 13 – входи.

Параметри ІМС КР1554ЛА3.

Напруга живлення, В -0,5 ... +18. Струм, мкА <4 при Т, °С -45 ... +85. Потужність, мВт 300

5.2.3 СХЕМА ПРИСТРОЮ ФОРМУВАННЯ ІМПУЛЬСІВ

Схема пристрою формування імпульсів виконана на 4 чотирехразрядних синхронних рахівниках DD2, DD3, DD4, DD5 типу КР1554ІЕ10 (рис. 8)

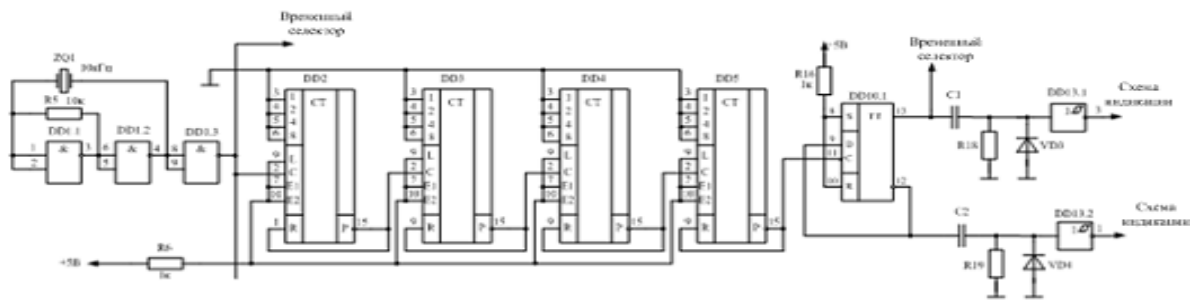


Рис. 8 – Схема пристрою формування імпульсів .

Призначення виводів ІМС КР1554ІЕ10:

Параметри ІМС КР1554ІЕ10:

5.2.4. ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ

Пристрій керування виконан на рахівниках DD6, DD7 и DD8 типа КР1554ІЕ7 (рис. 9)

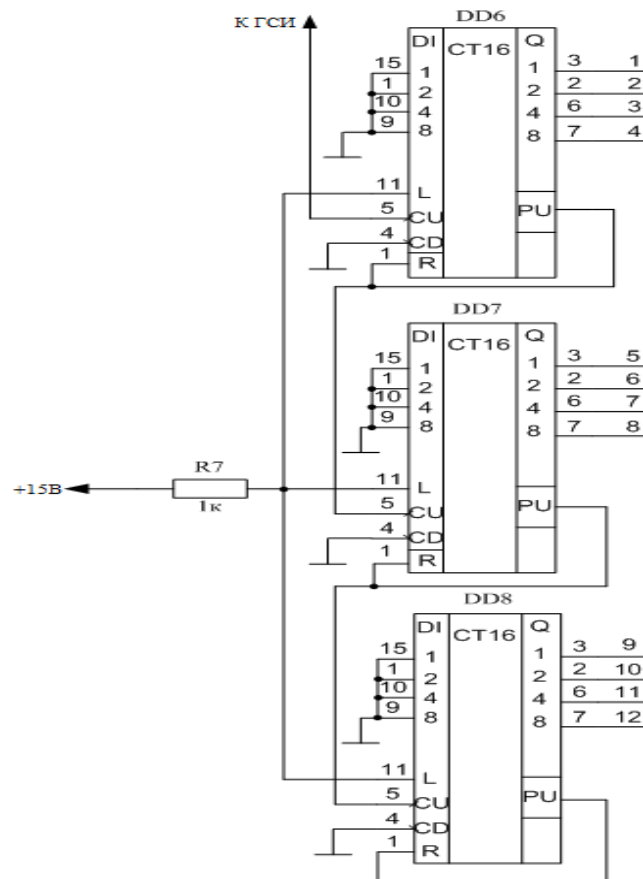


Рис.9 - Схема пристрою керування.

Призначення виводів ІМС КР1554ІЕ7:

Параметри ІМС КР1554ІЕ7:

5.2.5. ЦИФРО-АНАЛОГОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ

В даній схемі використовується 12-розрядний ЦАП типу К572ПА2А (рис. 10)

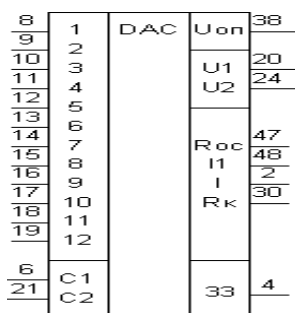


Рис. 10 - ЦАП типу K572ПА2А

Призначення виводів ІМС K572ПА2А: (<https://rudatasheet.ru/microchips/k572pa2/>)

Параметри ІМС K572ПА2А:

5.2.6. ПРИСТРІЙ ПОРІВНЯННЯ

Пристрій порівняння призначений для порівняння напруги на виході вхідного пристрою з напругою на виході ЦАП. Як пристрій порівняння використовується компаратор DA3 типу K521СА3А (рис.11).

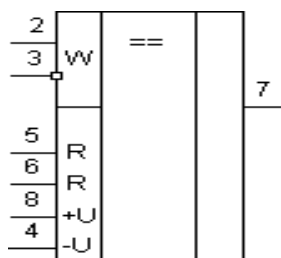


Рисунок 11 - Цоколювка ІМС K521СА3А

Призначення виводів ІМС K521СА3А:

Параметри ІМС K521СА3А

5.2.7 СХЕМА РАХУНКУ І ІНДИКАЦІЇ

Схема рахунку і індикації призначена для підрахунку кількості імпульсів, що формуються і виведення підрахованого числа на світлодіодні індикатори. Схема рахунку індикації представляє собою десятковий лічильник з коефіцієнтом рахунку рівним 1000 (рис.12). Його основою є 4 чотирирозрядні синхронні лічильники типу КР1554ІЕ10, імпульсами, що виробляються формувачем імпульсів.

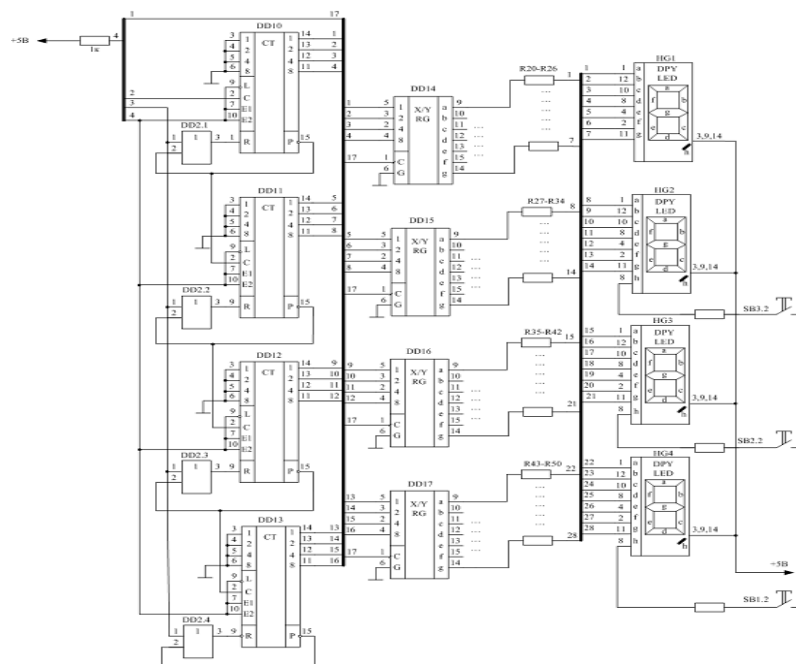


Рис. 12 - Схема включення пристрою індикації

Призначення виводів ІМС КР1554ІЕ10:

Параметри ІМС КР1554ІЕ10:

5.3. РОЗРОБКА БЛОКУ ЖИВЛЕННЯ

Згідно індивідуальног завдання в якості трансформатора блоку живлення виберемо трансформатор ТПП258-127/220-50. Параметри використовуваного трансформатора:

(наведені у <https://www.radiolibrary.ru/reference/transformers-tp/tp258.html>)

Схема блоку живлення наведена на рис. 13.

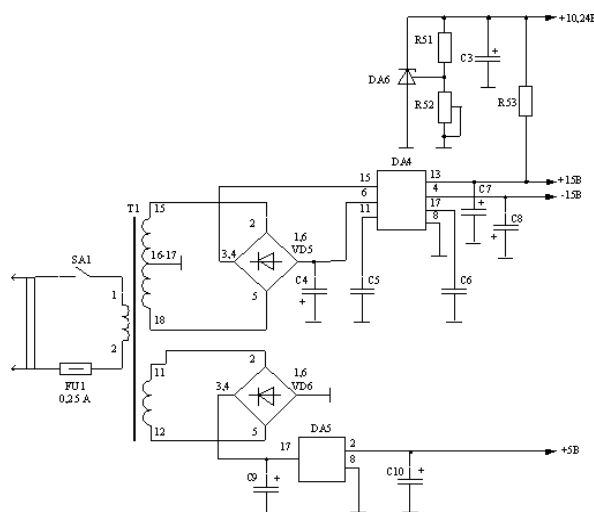


Рис. 13. Схема блоку живлення ЦВ

В якості випрямлячів використовуємо діодні мости типу КЦ407А і типу КЦ405Е.

Параметри випрямних мостів КЦ407А і КЦ405Е :

Максимальний прямий струм, А	0,5	1
Максимальне зворотне напруга, В	400	100

Максимальне пряме напруга, В	2,5	2,5
Максимальна робоча частота, кГц	20	5
Діапазон робочих температур	-60...+85	-40...+85
Максимальний зворотний струм, мкА	5	125

В якості стабілізатора напруги +15В використовується мікросхема типу КР142ЕН6А, що представляє собою інтегральний двуполярний стабілізатор з фіксованою вихідною напругою +15В.

Для отримання напруги +5В в даній схемі використовується інтегральний стабілізатор типу КР142ЕН5А.

Параметри ІМС стабілітрона КР142ЕН5А

Діапазон зміни прямого струму, мА 1 – 100.

Діапазон перебудови напруги стабілізації, В 2,5 – 36.

Внутрішня опорна напруга, В 2,5.

Динамічний опір, Ом 0,2.

Діапазон робочих температур -40...+85.

Максимальний керуючий струм, мкА 4.

ВИСНОВОК

В даному курсовому проєкті був розроблений цифровий вольтметр (ЦВ), що працює за принципом поразрядного кодування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабак В.П., Єременко В.С., Куц Ю.В., Мокійчук В.М. Цифрові вимірювальні прилади: Комп'ютерний лабораторний практикум: Навч. посібник / За ред. чл.-кор. НАНУ В.П.Бабака. – К. : Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 168 с.
2. Оборський Г.О. Вимірювання фізичних величин : навчальний посібник / Г.О. Оборський, П.Т. Слободяник, В.Л. Костенко, С.Г. Антошук ; за ред.. проф. Г.О. Оборського. – Одеса : Астропринт, 2012. – 400с.