

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ВСТУП ДО ФАХУ

Методичні вказівки до проведення практичних занять
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
спеціальностями 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка», 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

Електронний ресурс

Рецензенти:

Н. С. Антоненко – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія» ХНУ імені В. Н. Каразіна;

О. М. Черняк – кандидат технічних наук, доцент кафедри мехатроніки та електротехніки Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

*Затверджено до розміщення в мережі Інтернет рішенням Науково-методичної ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 11 від 25 червня 2025 року)*

Вступ до фаху : методичні вказівки до проведення практичних занять для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальностями 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», 175 «Інформаційно-вимірювальні технології» [Електронний ресурс] / уклад. С. М. Артюх, А. В. Артюх. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. – (PDF 33 с.)

Методичні вказівки містять методику та порядок виконання здобувачами освіти практичних робіт з визначення основних завдань під час вивчення дисципліни «Вступ до фаху».

Призначено для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання, які навчаються за спеціальностями 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», 175 «Інформаційно-вимірювальні технології».

УДК 621.317.08

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2025

© Артюх С. М., Артюх А. В., уклад., 2025

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1-2
«Основні поняття метрології.
Фізичні величини, одиниці вимірювання»

1. Мета заняття

Навчитися користуватися міжнародною системою фізичних одиниць і набути практичних навичок застосування теорії розмірностей; вивчити одиниці системи СІ, навчитися виявляти залежності між похідними і основними одиницями СІ.

2. Стислі теоретичні відомості

Галузь науки, яка вивчає вимірювання, називають метрологією. Слово «метрологія» утворене із двох грецьких слів: «metron» – міра і «logos» – наука. Дослівний переклад – наука про міри.

Метрологія в її сучасному розумінні – це наука про вимірювання, методи та засоби забезпечення єдності вимірювань і способи досягнення необхідної їх точності. Єдність вимірювань – стан вимірювань, коли результати виражені в прийнятих одиницях, а похибки вимірювань прийняті із заданою ймовірністю. Єдність вимірювань необхідна для порівняння результатів вимірювань, що проведені в різних місцях, в різний час, з використанням різних методів і засобів вимірювання. Результати при цьому повинні бути однаковими, незалежно від використання методів і засобів вимірювання.

Точність вимірювань – максимальна наближеність їх результатів до істинного значення вимірюваної величини.

Правильність вимірювання – характеристика якості вимірювання, що відображає близькість до нуля систематичної похибки вимірювання.

Об'єкт вимірювання – матеріальний об'єкт, одна або декілька властивостей якого підлягають вимірюванню. Об'єктами вимірювання можуть бути фізичні величини або ж параметри технологічних процесів, апаратів; наприклад, температура, тиск, рівень, витрата, густина, концентрація, якість продукції тощо.

Вимірювані величини – фізичні величини чи параметри, які відображають властивості об'єкта як в кількісному, так і якісному відношеннях. Термін «параметр» походить від грецького слова, що в перекладі значить «вимірюю, співвідношу» і як фізична величина відображає властивості об'єкта. Параметри можуть бути як поодинокими, так і комплексними показниками властивостей об'єкта.

Засіб вимірювальної техніки – технічний засіб, який застосовують під час вимірювання і має нормовані метрологічні характеристики. З огляду на те, що в

житті доводиться вимірювати надзвичайно велику кількість фізичних величин і користуватися при цьому різними приладами, вони мають відповідати своєму класу точності, мати нормовані метрологічні характеристики, своєчасно пройти повірки і бути одноманітними.

Одноманітність засобів вимірювальної техніки – такий стан засобів, за якого вони проградуйовані в узаконених одиницях і їх метрологічні характеристики відповідають нормам.

Поняття *фізичної величини* – це найзагальніше поняття у фізиці та метрології. Під фізичною величиною слід розуміти властивість, спільну в якісному відношенні для багатьох матеріальних об'єктів та індивідуальну в кількісному відношенні для кожного з них.

Для встановлення різниці за кількісним вмістом властивостей у кожному об'єкті вводять поняття «розмір фізичної величини».

Між розмірами кожної фізичної величини існує відношення, яке має ту саму логічну структуру, що й між числовими формами (цілими, раціональними чи дійсними числами, векторами). Тому множина числових форм з визначеними співвідношеннями між ними може бути моделлю фізичної величини, тобто множини її розмірів та співвідношення між ними.

Визначення основних одиниць відповідно до рішення Генеральної конференції з мір і ваги:

метр – довжина шляху, яку проходить світло у вакуумі за $1/299792458$ частину секунди;

кілограм – одиниця маси, що дорівнює масі Міжнародного прототипу кілограма;

секунда – $9\,192\,631\,770$ періодів випромінювання переходу між двома надтонкими рівнями основного стану атома цезію-133;

ампер – сила незмінного струму, який, проходячи через два паралельних прямолінійних провідники нескінченної довжини і занадто малого круглого перерізу, що розміщені на відстані метра один від одного у вакуумі, утворив би між провідниками силу в $2 \cdot 10^{-7}$ Н на кожний метр довжини;

кельвін – одиниця термодинамічної температури – $1/273,16$ частини термодинамічної температури потрійної точки води;

кандела – сила світла, що випромінюється з площі у $1/600000$ м² перерізу повного випромінювача у перпендикулярному до цього перерізу напрямку при температурі затвердіння платини та тиску 101325 Па;

моль – кількість речовини, яка вміщує стільки ж молекул (атомів, частинок), скільки вміщується атомів у нукліді вуглецю-12 масою в $0,012$ кг.

Крім основних одиниць СІ є велика група похідних одиниць, які визначають за законами взаємозв'язків між фізичними величинами або ж на основі визначення фізичних величин. Відповідні похідні одиниці СІ виводяться із рівнянь зв'язку між величинами. Залежно від наукового напрямку утворені похідні одиниці для простору, часу, механічних, теплових, електричних, магнітних, акустичних, світлових та величин іонізуючого випромінювання.

Розмірність фізичної величини – вираз, який відображає її зв'язок з основними величинами системи величин. Розмірність величин позначають знаком \dim (dimension – розмірність).

Приклад. Визначити зміни моменту інерції системи при збільшенні лінійних розмірів в 3 рази та маси в 2 рази.

Розмірність моменту інерції $\dim(J)=L^2M$. Використовуючи вище наведену формулу знайдемо

$$J'/J = (L'/L)^2 (M'/M) = 3^2 \cdot 2 = 18,$$

тобто, момент інерції збільшиться у 18 разів.

Ступінь розмірності фізичної величини – показник, в який зведена розмірність основної фізичної величини, що входить в розмірність похідної фізичної величини.

Використовуючи розмірності фізичних величин можна визначити зміни похідної величини при зміні основних одиниць, а також встановити співвідношення одиниць в різних системах.

Приклад 1. Визначити одиницю роботи – ерг СГС у джоулях СІ.

Можна записати:

$$1 \text{ ерг} = 1 \text{ г} \cdot \text{см}^2 / \text{с}^2 = 10^{-3} \text{ кг} \cdot (10^{-2} \text{ м})^2 / \text{с}^2 = 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{с}^2 = 10^7 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2$$

Розмірність роботи $\dim A = L^2 \cdot M \cdot T^{-2}$. Згідно приведенної формули для X'/X отримуємо:

$$X'/X = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ ерг} (1 \text{ м} / 1 \text{ см})^2 (1 \text{ кг} / 1 \text{ г}) (1 \text{ с} / 1 \text{ с})^2 = (100)^2 (100) (1)^2 = 10^7$$

Тобто $1 \text{ ерг} = 10^7 \text{ Дж}$.

Кратна одиниця – одиниця фізичної величини, в ціле число разів більша системної або позасистемної одиниці. Множники і приставки, використовуються для утворення кратних одиниць.

Часткова одиниця – одиниця фізичної величини, в ціле число разів менше системної або позасистемної одиниці. Множники і приставки, використовуються для утворення часткових одиниць.

2.1. Хід виконання

Для кожної одиниці вимірювань свого варіанту вкажіть фізичну величину, фізичний зміст одиниці виміру, найпростіше рівняння для визначення фізичної величини, виведіть взаємозв'язок похідною одиниці з основними одиницями СІ. Роботу виконати відповідно до прикладів.

Таблиця 1.1

Варіанти індивідуальних завдань

Варіанти		Одиниці вимірювання		
1	2	3	4	5
1	16	радіан	герц	грей
2	17	паскаль	катал	люкс
3	18	кулон	вольт	фарад
4	19	ом	стерадіан	бекерель
5	20	сіменс	вебер	тесла
6	21	градус Цельсія	люмен	ват
7	22	ньютон	зіверт	джоуль
8	23	вольт	вебер	тесла
9	24	грей	люкс	фарад
10	25	бекерель	ват	джоуль
11	26	вольт	радіан	паскаль
12	27	катал	кулон	тесла
13	28	стерадіан	градус Цельсія	ньютон
14	29	люмен	ват	зіверт
15	30	грей	кулон	тесла

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте точність та правильність вимірювання.
2. Що таке засіб вимірювальної техніки.
3. Охарактеризуйте поняття фізична величина.
4. Що таке розмірність фізичної величини?
5. Що таке ступінь розмірності фізичної величини?
6. Що таке кратна одиниця та часткова одиниця?
7. Назвіть основні одиниці вимірювання фізичних величин.
8. Що таке основні та похідні одиниці фізичних величин?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3-4

«Вибір параметрів та нормальних розмірів за рядами переважних чисел та нормальних лінійних розмірів»

1. Мета заняття

Отримання навичок вибору параметрів та нормальних розмірів за рядами переважних чисел та нормальних лінійних розмірів.

2. Стислі теоретичні відомості

Одним з завдань стандартизації є обмеження застосування числових характеристик об'єктів стандартизації. При цьому числа, які характеризують параметри стандартизованих виробів, повинні бути не випадковими, не хаотично прийнятими, а представляти собою впорядковані ряди чисел, створені за законами математики. Це дозволяє узгодити між собою як геометричні параметри (розміри), так і функціональні параметри. З цією метою створені ряди переважних чисел, з яких обирають необхідні числові значення параметрів продукції. Переважними їх називають тому, що вони використовуються для переважного застосування в конструюванні та розрахунках, в стандартизації та уніфікації. Система переважних чисел є теоретичною базою і основою розвитку параметричної стандартизації.

Принципи побудови рядів переважних чисел.

Найбільш доцільними є ряди переважних чисел, побудовані за арифметичними або геометричними прогресіями.

Ряди переважних чисел, побудовані за арифметичними прогресіями, являють собою таку послідовність чисел, в якій різниця d між будь-якими сусідніми членами a_i та a_{i-1} чи a_{i+1} та a_i є сталою, тобто:

$$d = a_i - a_{i-1} = a_{i+1} - a_i = \text{const}$$

Цю сталу величину називають різницею арифметичної прогресії.

Наприклад: за чинними стандартами внутрішні діаметри підшипників кочення середньої серії в інтервалі розмірів від 20 до 110 мм мають такі значення: 20, 25, 30, 35, ..., 100, 105 і 110 мм, тобто утворюють арифметичну прогресію з різницею $d = 5$.

Суттєвим недоліком рядів переважних чисел, побудованих за арифметичними прогресіями є нерівномірне розподілення членів ряду в заданих межах, тобто розрідження значень в зоні малих величин і щільність їх в зоні великих величин (збільшення кількості великих розмірів продукції порівняно з кількістю малих розмірів). Арифметичні ряди переважних чисел застосовували переважно на початковій стадії стандартизації.

Частіше застосовують ступінчасто-арифметичні ряди, в яких різниця значень між сусідніми членами є величиною сталою не для всього ряду, а тільки для певної його частини, при цьому для малих розмірів різниця вибирається меншою, а для великих – більшою.

В даний час у стандартизації в основному використовують ряди переважних чисел, побудовані за геометричною прогресією, яка є послідовним рядом чисел, в яких відношення двох сусідніх членів завжди стале для конкретного ряду і дорівнює множнику прогресії.

Важливими властивостями геометричної прогресії, які мають практичне значення, є:

1. Відношення двох сусідніх членів завжди стале і дорівнює знаменнику прогресії;
2. Добуток чи частка від ділення будь-яких двох членів такої прогресії завжди є членом цієї прогресії;
3. Цілий додатній чи від'ємний ступінь будь-якого числа такої прогресії завжди є членом цієї прогресії.

Недоліками геометричної прогресії є:

1. Сума і різниця членів прогресії загалом не є членами прогресії;
2. Члени геометричної прогресії загалом не є цілими числами, тому для практичного використання потребують заокруглення.

Вперше властивості геометричної прогресії були використані в 1877-1879 роках офіцером французького інженерного корпусу Ш. Ренаром, який розробив числовий ряд для характеристики маси канатів, які б могли виготовлятися завчасно, незалежно від сфери їх застосування.

Члени прогресії розташовані в інтервалі від 1,0 до 10,0 утворюють вихідний ряд. Показник ряду (число в умовному позначеній ряду) є ступінь кореня із 10 і в той же час вказує на кількість членів у межах вихідного ряду. З наведених у таблиці 3.1 – ряди R R 5... 40 є основними, а ряди R80 та R160 – додатковими.

Таблиця 3.1

Ряди переважних чисел

Умовне позначення ряду	Формула і округлене значення знаменника	Кількість членів у межах початкового ряду
R5	$\sqrt[5]{10}=1,6$	5
R10	$\sqrt[10]{10}=1,25$	10
R20	$\sqrt[20]{10}=1,12$	20
R40	$\sqrt[40]{10}=1,06$	40
R80	$\sqrt[80]{10}=1,03$	80
R160	$\sqrt[160]{10}=1,015$	160

Основні ряди переважних чисел в межах вихідного ряду наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2

Основні ряди переважних чисел в межах вихідного ряду

Номери чисел	Переважні числа	Належність числа до ряду			
		R40	R20	R10	R5
1	2	3	4	5	6
0	1,00	+	+	+	+
1	1,06	+			
2	1,12	+	+		
3	1,18	+			
4	1,25	+	+	+	
5	1,32	+			
6	1,40	+	+		
7	1,50	+			
8	1,6	+	+	+	+
9	1,7	+			
10	1,8	+	+		
11	1,9	+			
12	2,00	+	+	+	
13	2,12	+			
14	2,24	+	+		
15	2,36	+			
16	2,5	+	+	+	+
17	2,65	+			
18	2,8	+	+		
19	3,00	+			
20	3,15	+	+	+	
21	3,35	+			
22	3,55	+	+		
23	3,75	+			
24	4,00	+	+	+	+
25	4,25	+			
26	4,50	+	+		
27	4,75	+			
28	5,00	+	+	+	
29	5,3	+			
30	5,6	+	+		
31	6,00	+			
32	6,3	+	+	+	+
33	6,7	+			

34	7,10	+	+		
35	7,5	+			
36	8,00	+	+	+	
37	8,5	+			
38	9,00	+	+		
39	9,5	+			
40	10,00	+	+	+	+

У таблиці 3.2 ряди переважних чисел подані в десятковому інтервалі від 1,00 до 10,00 (вихідні ряди), однак вони не обмежуються в обох напрямках, при цьому переважні числа менші ніж 1 і більші 10 отримують діленням або множенням членів вихідного ряду на число 10, 100, 1000 і т.д.

При необхідності обмеження основних рядів у їх позначенні зазначаються граничні члени, які завжди входять до похідних рядів, наприклад:
R10 (1,25...) – ряд R10, обмежений членом 1,25 (включно) як нижня межа;
R20 (...45) – ряд R20, обмежений членом 45 (включно) як верхня межа;
R40 (75...300) – ряд R40, обмежений членами 75 і 300, який містить обидва ці члени.

Вибіркові ряди переважних чисел.

Не завжди є потреба використовувати усі числа того чи іншого ряду. Стандартом допускається використовувати вибіркові і складові ряди. Вибіркові ряди переважних чисел отримують шляхом відбирання кожного другого, кожного третього, кожного четвертого чи кожного n-го члена основного або додаткового ряду, починаючи з будь-якого числа ряду.

Позначення вибіркового ряду складається з позначення вихідного основного чи додаткового ряду, після чого ставиться похила риска і число 2, 3, 4, ..., n – відповідно. Якщо вибіркового ряд обмежений, позначення повинно містити члени, які обмежують ряд. Якщо ряд не обмежений, то повинен бути зазначений хоч один його член, *наприклад*:

R5/2 (1...100) – вибіркового ряд, складений з кожного другого члена основного ряду R5, обмежений членами 1 і 100;

R10/3 (...80...) – вибіркового ряд, складений з кожного третього члена основного ряду R10, який містить число 80 і не обмежений в обох напрямках;

R20/4 (112...) – вибіркового ряд, складений з кожного четвертого члена основного ряду R20 і обмежений з нижньої межі членом 112;

R40/5 (...60) – вибіркового ряд, складений з кожного п'ятого члена основного ряду R40 і обмежений з верхньої межі членом 60.

Вибіркові ряди переважних чисел повинні застосовуватися, якщо зменшення числа градацій створює додатковий ефект порівняно з використанням повних рядів.

При складанні вибірових рядів, перевагу слід надавати рядам, наведеним у таблиці 3.3

Таблиця 3.3

Переважні вибіркові ряди переважних чисел

Умовне позначення вибірового ряду	Округлене значення знаменника ряду	Умовне позначення вибірового ряду	Округлене значення знаменника ряду
R5/3	4	R20/2	1,25
R5/2	2,5	R40/4	1,25
R10/3	2	R40/3	1,18
R10/2	1,6	R40/2	1,12
R40/8	1,6	R80/3	1,09
R20/3	1,4	R80/2	1,06

Складові ряди

Складові ряди переважних чисел отримують методом поєднання різних основних і (або) вибірових рядів. Складовий ряд в різних інтервалах має неоднакові значення знаменників.

Кількість основних і вибірових рядів, які використовуються для отримання складового ряду, повинна бути мінімальною. Кінцеві і початкові члени суміжних рядів, що утворюють складовий ряд, повинні бути однаковими, *наприклад*: R20 (1...2); R10 (2...10); R5 (10...100). Заданий таким чином складовий ряд переважних чисел буде містити такі числа: 1; 1,12; 1,25; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 16; 25; 40; 63; 100.

Складові ряди переважних чисел повинні застосовуватись, якщо необхідна щільність значень параметру продукції є неоднаковою в інтервалі, що розглядається.

Розмірні і параметричні ряди.

При стандартизації параметричних (розмірних) рядів необхідно визначити головні, основні і допоміжні параметри продукції. Під *параметром продукції* слід розуміти ознаку продукції, яка кількісно характеризує будь-яку її властивість або стан.

Головним називається такий параметр з числа основних, який найповніше характеризує даний виріб, залишається сталим тривалий час і може змінюватися лише при розробленні досконаліших виробів.

Допоміжними називаються параметри, які для даного виробу не є сталими, залежать від різних удосконалень і тому їх не рекомендується вносити до стандартів.

Для параметрів машин і обладнання застосовується класифікація з виділенням головних і допоміжних параметрів.

За головним параметром продукції створюється параметричний ряд. Цей параметр є базою при визначенні числових значень основних параметрів продукції.

Параметричним рядом називається закономірно побудована в певному діапазоні сукупність числових значень головного параметру продукції (машин або інших виробів) одного функціонального призначення.

Якщо певному рядові чисел відповідає значення будь-якого геометричного параметру (розміру) продукції, то такий ряд називається розмірним.

Вибір параметрів (розмірів), за якими розробляються параметричні (розмірні) ряди продукції, має велике значення і визначається призначенням продукції, її взаємозв'язками з іншою продукцією.

Приклад 1. Запишемо в розгорнутому вигляді ряди переважних чисел R40 (15...28), R10 (...50), R5 (...40...), R20/ 3 (14...40), R10/ 2 (1,25...) у таблицю 3.4.

Таблиця 3.4

Ряди переважних чисел

Данні:	Розв'язок :
R40 (15...28):	15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28
R10 (.....50):	25; 31,5; 40; 50
R5 (...40...):	16; 25; 40; 63; 100
R20/3 (14...40):	14; 20; 28; 40
R10/2 (1,25...):	1,25; 2; 2,15; 5,00; 8,00

Приклад 2. Розрахувати собівартість річного випуску валів, довжини яких призначені за рядом R20, витрати на експлуатацію незмінні та при розрахунках не враховувати $z = 0,2$. Встановити економічну доцільність виготовлення валів з довжинами за рядом R10 . Річна програма В , витрати на матеріал м, інші витрати с' представлені у таблиці 2.5.

Розв'язок: Собівартість валів, які мають довжину за R20, розрахуємо за формулою:

$$C = B \cdot c,$$

де B – річна програма, тис. грн.;

c – собівартість виробу в об'ємі річної програми, грн.:

$$c = m + c',$$

де m – вартість матеріалу, грн.;

c' – інші витрати на виготовлення одного виробу, грн.

Таблиця 3.5

Початкові дані обчислення

Довжина валу l , мм	Річна програма B , тис шт	Витрати на матеріали m , грн	Інші витрати c' , грн
400	10,0	84	42
450	16,0	90	45
500	3,0	96	53
560	10,0	102	121
630	3,6	113	124

Таблиця 3.6

Розрахунок собівартості валів

Довжина валу l , мм	400	450	500	560	630
Собівартість виробу c , грн	126	135	149	223	237
Собівартість річної програми C , тис. грн	1260	2160	447	2230	853
Загальна собівартість	$\sum C = 6950$ тис. грн				

Визначимо собівартість виготовлення валів з довжинами, які відповідають ряду R10. Загальна річна програма не змінюється. Число валів, довжини яких відповідають ряду R10, додається до числа валів, які мають найближчу довжину відповідну розмірам прийнятого валу.

Розрахункова річна програма валів з довжиною 500 мм: $V_{п} = + = 16 \ 3 \ 19$ тис. шт.; c довжиною 630 мм $V_{п} = 3,6 + 10 = 13,6$ тис. шт.

Значення, $K_i.n$. розраховуємо за формулами та зводимо у таблицю 3.7.

$$C_n = c_n \cdot B_n$$

де C_n – собівартість річної програми, виготовленої за рядом R10, тис. грн.;

c_n – собівартість виробу, грн.; B_n – річна програма, тис. грн.

$$c = m + c',$$

де c' – інші витрати на одиницю виробу при зміні програми, грн.

$$c'_n = c' \cdot K_{i.e.},$$

де $K_{i.e.}$ – коефіцієнт змін інших витрат:

$$K_{i.e.} = \frac{1}{K_{i.n.}},$$

де $K_{i.n.}$ – коефіцієнт зміни програми,

$$K_{i.n.} = \frac{B_n}{B}.$$

Таблиця 3.7

Розрахунок собівартості річної програми виготовлення валів

Довжина валу l , мм	Річна програма B_n тис.шт.	Витрати на матеріал m , грн	Коефіцієнт змін		Інші витрати c'_n , грн	Собівартість виробу – c_n , грн	Собівартість річної програми C_n , тис.грн
			Програми $K_{i.n.}$	Інших витрат $K_{i.e.}$			
400	10,0	84	1,00	1,000	42	126	1260
500	19	96	6,33	0,690	37	133	2527
630	13,6	113	3,78	0,766	95	208	2829
							$\sum C = 6616$

Собівартість річної програми при використанні ряду R10 виявилось меншою, ніж R20, тому використання ряду R10 є економічно доцільною.

Завдання до виконання

1. Запишіть в розгорнутому вигляді ряди переважних чисел у відповідності з вашим варіантом (таблиця 3.8).

Таблиця 3.8

Варіанти індивідуальних завдань

Варіант:	Данні:	Варіант:	Данні:
1	2	3	4
1.	R40/4 (0,001...0,01); R5/5 (25...100); R10 (...400); R20 (...10...);	11.	R20/4 (1,0...25,0); R10/3 (1,25...); R40 (... 0,1); R5 (...10...);

2.	$R5 (0,25...8);$ $R10/7 (1,6...80);$ $R20/8 (16...80);$ $R40 (...4,0);$	12.	$R5/2 (10...100);$ $R10 (...100);$ $R20/6 (0,63...);$ $R40 (...10...);$
3.	$R20/4 (1,0...25,0);$ $R10/3 (1,25...);$ $R40 (... 0,2);$ $R5 (...10...);$	13.	$R40/2 (1,6...4,0);$ $R10/3 (...50);$ $R20 (100...);$ $R5 (40...100);$
4.	$R40/2 (1,6...4,0);$ $R10/3 (...50);$ $R20 (100...);$ $R5 (40...100);$	14.	$R40/4 (0,001...0,01);$ $R5/5 (25...100);$ $R10 (...400);$ $R20 (...10...);$
5.	$R40/2 (1,6...4,0);$ $R10/3 (...50);$ $R20 (100...);$ $R5 (40...100);$	15.	$R5 (0,25...8);$ $R10/7 (1,6...80);$ $R20/8 (16...80);$ $R40 (...4,0);$
6.	$R5/2 (10...100);$ $R10 (...100);$ $R20/6 (0,63...);$ $R40 (...10...);$	16.	$R20/4 (1,0...25,0);$ $R10/3 (1,25...);$ $R40 (... 0,1);$ $R5 (...10...)$
7.	$R20/4 (1,0...25,0);$ $R10/3 (1,25...);$ $R40 (... 0,1);$ $R5 (...10...)$	17.	$R5/2 (10...100);$ $R10 (...100);$ $R20/6 (0,63...);$ $R40 (...10...);$
8.	$R5 (0,25...8);$ $R10/7 (1,6...80);$ $R20/8 (16...80);$ $R40 (...4,0);$	18.	$R20/4 (1,0...25,0);$ $R10/3 (1,25...);$ $R40 (... 0,1);$ $R5 (...10...);$
9.	$R20/4 (1,0...25,0);$ $R10/3 (1,25...);$ $R40 (... 0,1);$ $R5 (...10...)$	19.	$R40/4 (0,001...0,01);$ $R5/5 (25...100);$ $R10 (...400);$ $R20 (...10...);$
10.	$R5 (0,25...8);$ $R10/7 (1,6...80);$ $R20/8 (16...80);$ $R40 (...4,0);$	20.	$R40/2 (1,6...4,0);$ $R10/3 (...50);$ $R20 (100...);$ $R5 (40...100);$

2. Задано обсяг та собівартість виготовлення муфт та діаметри отворів у напівмуфтах за рядом R40 (таблиця 3.9). Визначити доцільність 31 виготовлення муфт за рядом R20 з діаметром d . Витрати на експлуатацію муфт незмінні $z = 0,1$. B – річна програма, m – витрати та матеріали, c – інші витрати.

Таблиця 3.9

Варіанти індивідуальних завдань

Варіант 1				Варіант 2				Варіант 3			
d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн	d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн	d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн
25	35	150	47	12	7	80	18	10	12	99	50
26	36	180	49	13	14	90	20	10,5	13	95	45
28	37	220	53	14	18	100	22	11	14	84	52
30	38	260	54	15	3	110	24	11,5	15	80	54
32	39	360	56	16	6	120	26	12	16	79	45
Варіант 4				Варіант 5				Варіант 6			
d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн	d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн	d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн
10,5	41	55	30	42	3	50	24	15	25	100	61
11	42	57	20	45	8	60	26	16	26	105	65
11,5	43	60	25	48	2	70	28	17	30	110	64
12	44	62	40	50	16	80	30	18	24	115	63
12,5	45	65	40	52	10	85	32	19	20	120	65
Варіант 7				Варіант 8				Варіант 9			
d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн	d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн	d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн
50	8	60	20	71	6	69	52	20	15	143	70
53	13	65	21	75	18	75	54	21	9	150	71
56	3	70	22	80	10	80	56	22	30	146	72
60	16	75	23	85	5	85	58	24	25	136	73
63	7	80	24	90	8	90	60	25	8	150	74
Варіант 10				Варіант 11				Варіант 12			
d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн	d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн	d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн
90	4	240	60	100	2	100	60	25	36	121	55
95	5	250	70	105	10	110	80	26	40	122	56
100	8	260	80	110	12	115	85	28	55	125	57
105	6	270	30	120	16	120	90	30	43	140	58
110	7	280	40	125	18	125	95	32	50	150	59

Варіант 13				Варіант 14				Варіант 15			
d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн	d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн	d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн
14	12	340	40	12	21	390	170	28	20	160	80
15	4	350	80	13	70	400	190	30	21	155	82
16	8	360	60	14	50	410	210	32	22	158	84
17	6	370	70	15	30	420	200	34	23	165	86
18	3	380	90	16	10	430	180	36	26	166	88
Варіант 16				Варіант 17				Варіант 18			
d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн	d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн	d , мм	B , тис шт	m , грн	c , грн
110	12	350	100	14	25	54	20	40	54	65	36
120	54	360	120	15	26	58	21	42	56	65	35
125	23	350	136	16	23	55	22	45	65	69	35
130	25	389	154	17	54	69	30	48	85	63	32
140	60	400	150	18	12	60	20	50	47	62	30

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте принципи побудови рядів переважних чисел.
2. Що таке вибіркві ряди переважних чисел.
3. Поясніть яким чином складається позначення вибіркового ряду?
4. Що таке складові ряди?
5. Що таке розмірні і параметричні ряди?
6. Який параметр називається головним?
7. Які параметри називають допоміжними?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5

«Визначення метрологічних характеристик засобів вимірювання»

1. Мета заняття

Розвиток здібностей оволодіння основними прийомами отримання, обробки та представлення даних вимірювань, випробувань та контролю; організувати метрологічне забезпечення виробництва

2. Стислі теоретичні відомості

Похибка є головним показником точності вимірювання. Залежно від форми подання похибки поділяють на абсолютні, відносні і приведені. Абсолютною похибкою називають різницю між показанням приладу X_0 і дійсним значенням вимірюваної величини X_{∂} :

$$\pm \Delta = X_0 - X_{\partial} .$$

Відносна похибка є відношенням абсолютної похибки $\pm \Delta$ до дійсного (показання приладу X_0) значення вимірюваної величини X_{∂} і виражається у відсотках:

$$\delta = \frac{\pm \Delta}{X_{\partial}} \cdot 100\%$$

За характером виникнення похибки засобів вимірювання поділяються на основні та додаткові.

Основна похибка – похибка, яка спостерігається при нормальних умовах експлуатації засобу вимірювання.

Додаткова похибка – зміна похибки засобу вимірювання, викликане відхиленням, однієї з впливаючих фізичних величин, від нормального значення або виходом її за межі області нормальних значень.

Чутливість засобу вимірювання визначається відношенням зміни вихідного сигналу засобу вимірювань ΔY до сигналу який викликає зміни вимірюваної фізичної величини ΔX :

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X} .$$

Чутливість засобу вимірювання може бути визначена також як зворотна величина цін поділки шкали засобу вимірювання. Під ціною поділки шкали

засобу вимірювання розуміють різницю між значенням, двох сусідніх відміток шкали.

Ціну поділки шкали ΔN засобу вимірювання визначають за формулою:

$$\Delta N = \frac{X_K - X_X}{N},$$

де N – число поділок шкали.

Клас точності – узагальнена характеристика засобу вимірювання, яка визначається границями допустимої основної похибки, та відображає рівень їх точності при нормальних умовах експлуатації. Рівень точності засобу вимірювання може характеризуватись набором інших метрологічних характеристик, що нормуються, пов'язаних визначеним співвідношенням з класом точності, таких, як допустимі додаткові похибки, допустимі варіації та розмах.

Для технічних засобів вимірювання клас точності приймають рівним границі допустимої основної приведенної похибки у відсотках:

$$K = \gamma_{\text{доп}} = \frac{\pm \Delta_{\text{доп}}}{X_N}$$

де $\Delta_{\text{доп}}$ – границя допустимої основної абсолютної похибки.

Для знаходження приведенної максимальної похибки вимірювання до розрахунку береться $\pm \Delta_{\text{MAX}}$.

Границя допустимої основної абсолютної похибки в одиницях вимірювання визначається за формулою:

$$\pm \Delta_{\text{доп}} = \frac{\pm \gamma_{\text{доп}} \cdot (X_K - X_N)}{100}$$

Відносна похибка визначається відношенням абсолютної похибки до дійсного значення вимірюваної величини у відсотках:

$$\delta_{\text{MAX}} = \frac{\pm \Delta_{\text{MAX}}}{X_X} \cdot 100\%$$

Варіація – отримана експериментально різниця між показниками приладу вимірювання, які відповідають одному й тому самому дійсному значенню вимірювальної фізичної величини прямому та зворотному русі стрілки засобу вимірювання.

Границя допустимої варіації $V_{\text{доп}}$ визначається наступним чином:

$$V_{\text{доп}} = (0,5 \div 1) \cdot |\Delta_{\text{доп}}|$$

Повірка засобів вимірювання – сукупність операцій, які виконуються державною метрологічною службою з метою визначення та підтвердження відповідних метрологічних характеристик засобів вимірювання встановленим технічним вимогам.

Засіб вимірювання є придатним до експлуатації, якщо максимальне значення похибки та варіації засобу вимірювання не перевищують допустимих значень:

$$|\Delta_{\text{max}}| \leq |\Delta_{\text{доп}}|;$$

$$|V_{\text{max}}| \leq |V_{\text{доп}}|.$$

Або хоча б одна з вимог не виконується, то прилад не придатний для подальшої експлуатації та віддається на ремонт.

3. Порядок виконання роботи

Завдання до виконання:

Проведено повірку приладу, призначеного для вимірювання напруги. Визначити: границю допустимої абсолютної похибки показників ($\pm \Delta_{\text{доп}}$), максимальну відносну похибку вимірювання ($\pm \delta_{\text{max}}$), ціну поділки шкали (ΔN), чутливість приладу (S), приведену максимальну похибку вимірювання ($\pm \gamma_{\text{max}}$) та метрологічну придатність приладу, якщо відомо нижню границю шкали приладу X_H , верхню границю шкали приладу X_K , клас точності приладу K , число інтервалів рівномірної шкали N , відмітка шкали, на якій стоїть показник (стрілка) X_X , в якому визначена максимальна абсолютна похибка Δ_{max} , максимальна варіація V_{max} . Варіанти завдання приведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Вихідні дані для виконання розрахунків

№ варіанту	X_H	X_K	одиниці вим.	K	N	X_X	$\pm \Delta_{\text{max}}$	V_{max}
1	0	10	мВ	0,5	100	5	0,05	0,03
2	0	20	мВ	0,5	100	10	0,1	0,07
3	0	50	мВ	0,5	100	30	0,25	0,30
4	0	100	мВ	0,5	100	75	0,5	0,40
5	0	200	мВ	0,5	100	150	1,0	0,90
6	0	500	мВ	0,5	100	400	2,5	3,00

7	-10	10	мВ	1,5	100	-5	0,3	0,60
8	-20	20	мВ	1,5	80	-5	0,6	0,50
9	-50	50	мВ	1,5	50	40	1,5	0,80
10	-100	100	мВ	1,5	100	75	3,0	2,40
11	-200	200	мВ	1,5	80	-150	6,0	6,00
12	-500	500	мВ	1,5	100	250	15,0	10,00
13	0	75	мВ	1,5	75	5	1,125	1,00
14	-75	75	мВ	1,5	75	50	2,25	2,00
15	0	1	В	0,5	100	0,5	0,4	0,003

Контрольні питання

1. Що є головним показником точності вимірювань?
2. На які види поділяють похибки залежно від форми подання?
3. Яку похибку називають абсолютною?
4. Що таке відносна похибка вимірювань?
5. Як поділяються похибки засобів вимірювання за характером виникнення?
6. Як визначають чутливість засобу вимірювання?
7. Що таке клас точності засобу вимірювання?
8. Що таке повірка засобів вимірювання? Як її здійснюють?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6

«Вивчення можливостей використання платформи Arduino Uno в складі вимірювальних пристроїв»

1. Мета заняття

Навчитися підключати Arduino Uno до ПК, навчитися підключати зовнішні вимірювальні пристрої до Arduino, навчитися розроблювати, завантажувати та налагоджувати програми керування.

2. Стислі теоретичні відомості

Arduino - це інфраструктура і середовище, в якому можна збирати сумісні між собою електронні і механічні компоненти в єдиний пристрій, а потім через звичайний комп'ютер запрограмувати поведінку цих складових, як потрібно.

Arduino є обчислювальної платформою або платою, яка буде служити мозком для вимірювальних пристроїв. На її основі можна створювати як пристрої з простими схемами, так і складні трудомісткі проекти, наприклад, роботів або дронів.

Основою конструктора служить плата введення-виведення (апаратна частина), а також програмна частина. Програмне забезпечення конструктора на основі Ардуіно представлено інтегрованим середовищем розробки Arduino IDE. Зовнішній вигляд середовища представлений на рис.1.

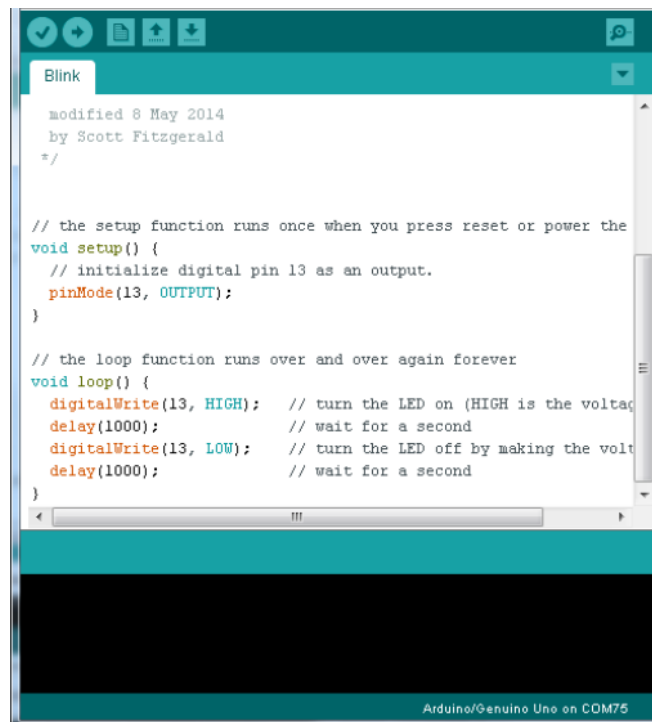


Рис. 1. Зовнішній вигляд середовища Arduino

Програма в Arduino IDE, яка вже готова до роботи з платою, називають скетчем.

Після того як програма складена вона завантажується (прошивається) на плату. Для програмування в Ардуіно використовується USB-кабель. Відразу після завантаження програма готова виконувати різні команди.

В Arduino є дві ключові функції:

setup () - використовується один раз при включенні плати, застосовується для ініціалізації налаштувань;

loop () - використовується постійно, є завершальним етапом настройки setup.

Функція **setup ()** виконується на самому початку і тільки 1 раз відразу після включення або перезавантаження вашого пристрою. Функція **loop ()** виконується після функції **setup ()**. Loop перекладається як петля, або цикл. Функція буде виконуватися знову і знову. Так мікроконтролер ATmega328 (більшості плат Arduino містять саме його), буде виконувати функцію loop близько 10 000 разів в секунду.

Додаткові функції Arduino:

pinMode - режим введення і виведення інформації;

analogRead - дозволяє зчитувати виникає аналогове напруга на виводі;

analogWrite - запис аналогового напруги в вихідний висновок;

digitalRead - дозволяє зчитувати значення цифрового виводу;

digitalWrite - дозволяє задавати значення цифрового виводу на низькому або високому рівні;

Serial.print - переводить дані про проект в зручний для читання текст.

У Ардуіно для плат існує безліч бібліотек, які представляють собою колекції функцій, що дозволяють управляти платою або додатковими модулями. Схема підключення світлодіодного модуля представлена на рис.2.

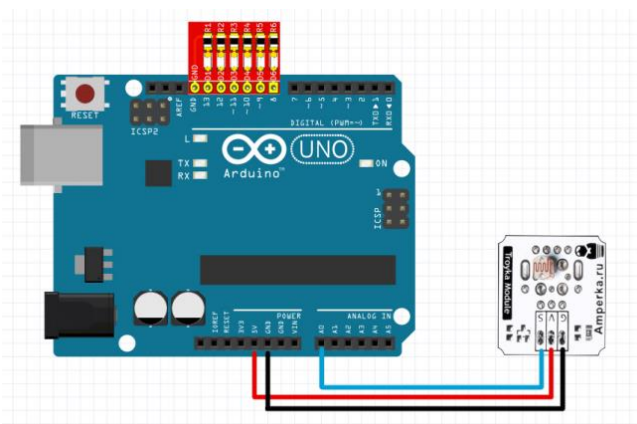


Рис. 2. Підключення світлодіодного індикатору стану до виводів Arduino
UNO

3. Порядок виконання роботи

1. Підключити модуль Arduino Uno до ПК.
2. Встановити драйвери послідовного порту та інтегроване середовище Arduino IDE роботи з Arduino.
3. Вивчити основні можливості мови програмування для Arduino.
4. Відкрити та завантажити на виконання тестовий скетч Blink1. Модифікувати скетч Blink1 в Blink2, зменшити в 2 рази затримку мигання світлодіоду L.
5. Підключити зовнішній пристрій (модуль світлодіодів) та монтажну плату для монтажу без паяння згідно схеми підключення.
6. Розробити, завантажити та налагодити програму керування зовнішнім модулем світлодіодів згідно індивідуального завдання таблиця 1.
Засвітити розряд/світло діод LED з заданою частотою таблиця 1.
Враховуючи, що затримка $\text{delay}(1000)$ відповідає значенням $1000\text{мс}=1\text{сек}$.

$$T = \frac{1}{f}, \text{ де}$$
$$T = t_{\text{затримки}} + t_{\text{гасіння}}$$

Таблиця 1

№ варіанту	LED	F, Гц	D1D2D3 D4D5D6
1	D1	0,5	001 001
2	D2	1	001 010
3	D3	2	001 011
4	D4	3	001 100
5	D5	0,5	001 101
6	D6	1	001 110
7	D1	2	001 111
8	D2	3	010 001
9	D3	0,5	010 010
10	D4	1	010 011

Контрольні питання

1. Що таке Arduino?
2. Що можна створювати на основі Arduino?
3. Які ключові функції існують в Arduino?
4. Що собою представляють бібліотеки Arduino?
5. Як називається програма в Arduino IDE, яка вже готова до роботи з платою?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7-8

«Організація виведення та візуалізації вимірювальної інформації кириличними символами на платформі Arduino Uno»

1. Мета заняття

Вивчити схемотехніку підключення технічних засобів візуалізації вимірювальної інформації та програмування процедур її виведення на зовнішні пристрої кириличними символами

2. Стислі теоретичні відомості

В практичній роботі для виведення та візуалізації вимірювальної інформації на LCD кириличними символами можливо декількома варіантами:

- Підключення бібліотеки для кириличних символів;
- Створення власних символів.

Враховуючи ті фактори, що знайти робочу бібліотеку складно та для відображення інформації зазвичай потрібно вивести одне повідомлення, то оптимальним рішенням буде створити власні символи для виведення.

Для цього нам потрібно використовувати в скетчі змінну *byte* і функцію *lcd.createChar ()*. Відразу відзначимо, що обсяг пам'яті на Ардуіно для знаків обмежений. Вивести свій символ або кириличну букву на дисплей допоможе таблиця знакогенератора (CGRAM). Такий вид пам'яті в Ардуіно, як CGRAM, може зберігати власні символи, але розмір пам'яті обмежений і може вмістити лише 8 власних символів. Це зазвичай несуттєвий недолік, тому що кириличні символи на 80% збігаються з латинськими. Тому, потрібно прописати тільки не існуючі символи, наприклад, літера велика Б та маленька б.

Щоб отримати свій символ для початку візьміть аркуш паперу і намалюйте на ньому таблицю, де буде 5 стовпців і 8 рядків. Далі заштрихуйте в таблиці клітини, які повинні висвітлюватися на дисплеї. Справа в тому, що кожен символ на дисплеї складається з пікселів (5 пікселів в ширину і 8 пікселів у висоту). Далі представимо наш символ в вигляді масиву даних, що складається з восьми елементів - восьми рядків.

Підключення дисплею в даній практичній роботі по послідовному інтерфейсу I2C (схема підключення рис.1);

- передача даних 4-х розрядним паралельним цифровим кодом.

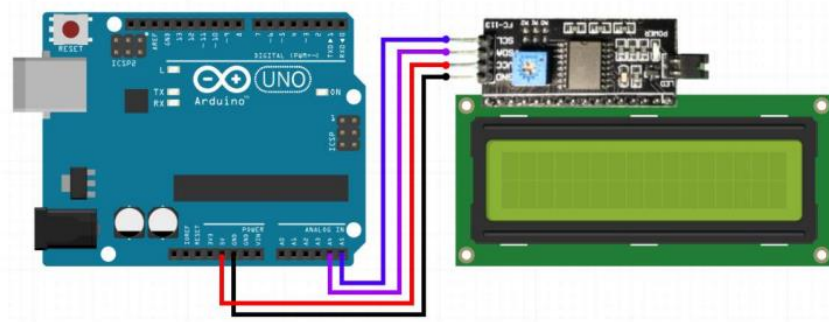


Рис. 1. Схема підключення LCD дисплея до Arduino по послідовному інтерфейсу I2C

Для роботи з LCD дисплеєм згідно першого підключення вам потрібно буде в скетчі підключити стандартну бібліотеку Wire.h та інтегрувати в середовище Arduino IDE бібліотеку LiquidCrystal_I2C.h, потім також її підключити. Приклад скетчу з підключеними бібліотеками рис.2.

```

sketch Jr.2.1
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); // Объявляем объект библиотеки
// Если надпись не появилась

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  lcd.init(); // Инициализация lcd
  lcd.backlight(); // Включаем подсветку
  // Курсор находится в на 4 знаке 1 строки
  lcd.setCursor(3, 0);
  lcd.print("Hello, world!");
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}

Загрузка завершена.
Скетч использует 2698 байт (8%) памяти устройства. Всего доступно
Глобальные переменные используют 257 байт (12%) динамической памяти

```

Рис.2. Приклад скетчу

Приклад скетчу для створення символу на LCD I2C рис.3.

```

sketch_kiriliza
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); // Встановлюємо дисплей

byte L[8] = {
0b01111,
0b01001,
0b01001,
0b01001,
0b01001,
0b01001,
0b01001,
0b10001,
0b00000
}; //формування символу велика Л
byte g[8] = {
0b00000,
0b00000,
0b11111,
0b10000,
0b10000,
0b10000,
0b10000,
0b10000,
0b00000,
};
byte v[8] = {
0b00000,
0b00000,
0b11110,
0b10010,
0b11100,
0b10010,
0b11110,
0b00000,
}; //формування символу маленька г

```

Рис. 3. Приклад скетчу для створення символу на LCD I2C

3. Порядок виконання роботи

- Підключити модуль Arduino Uno до LCD дисплея по послідовному інтерфейсу I2C .
- Скачати та підключити в скетчі необхідні бібліотеки для роботи з LCD дисплеєм.
- Вивести повідомлення “Hello world” для того щоб перевірити працездатність зібраного макету.
- Вивести своє прізвище (ім'я) на українській мові, позиція задана згідно таблиці 1.
- Оформити звіт та зробити висновки.

Таблиця 1

№ варіанту	Ряд	Знакомісце
1	1	0
2	2	1
3	3	2

4	4	4
5	1	6
6	2	8
7	3	10
8	4	1
9	1	3
10	2	5
11	3	7
12	4	9
13	1	0
14	2	1
15	3	2
16	4	4
17	1	6
18	2	8
19	3	10
20	4	1

Контрольні питання

1. За допомогою яких варіантів можливе виведення та візуалізації вимірювальної інформації?
2. За допомогою чого можливо вивести на екран символ?
3. Охарактеризуйте такий вид пам'яті в Ардуіно, як CGRAM.
4. Як на дисплеї відобразити символ за допомогою пікселів?
5. Яким чином здійснюється візуалізація засобів вимірювальної інформації?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 9-10

«Організація введення/виведення та візуалізації вимірювальної інформації на платформі Arduino Uno»

1. Мета роботи

Вивчити схемотехніку підключення технічних засобів візуалізації вимірювальної інформації та програмування процедур її введення з клавіатури та виведення на зовнішні пристрої.

2. Стислі теоретичні відомості

Популярна в Ардуіно проектах матрична мембранна клавіатура має 12 або 16 кнопок (рис.1). З нижньої частини клавіатури виходить шлейф, який закінчується dupont розеткою.

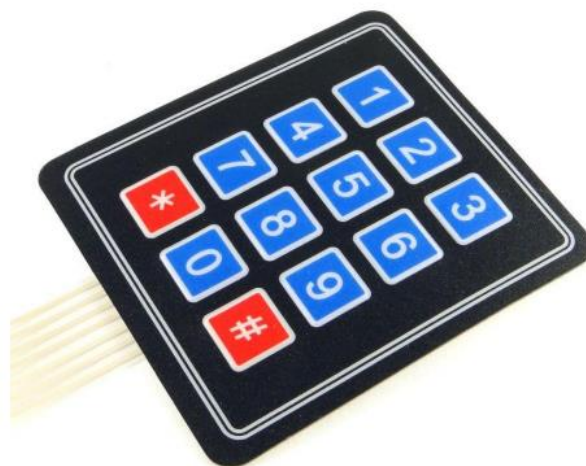


Рис. 1 Мембрана матрична клавіатура

Матрична клавіатура складається із кнопок, що утворюють матрицю $m \times n$, тобто таблицю, де m - кількість рядків, а n - кількість стовпців. В лабораторній роботі №3 скористаємося клавіатурою 4x3. Якщо розглянути її шлейф, то побачимо, що він складається із 7 доріжок. Доріжки з номерами 1- 4 (позначаються Row1-Row4) - це рядки матриці з першої по четверту, а доріжки з номерами 5-7 (Col1-Col3) - стовпці з першого по третій.

Кожна кнопка - це область перетину струмопровідних доріжок. При натисканні на ділянку, що позначає кнопку, відбувається з'єднання доріжок і замикання одного із виводів рядків 1-4 з одним з виводів стовпців 1-3. Матрична клавіатура має 7 виводів, які підключаються до будь-яких цифрових виводів. У нашому прикладі ми задіємо виводи 2-8. Виводи 0 і 1, як правило, не використовують при підключенні клавіатури, оскільки вони призначені для

UART інтерфейсу. Одна з варіацій схем підключення клавіатури до Ардуіно представлена на рис.2.



Рис. 2. Схема підключення матричної клавіатури

Щоб працювати з клавіатурою можна скористатися бібліотекою Keypad. Виконаємо підключення матричної клавіатури та дисплея згідно рис. 2. Та напишемо програму (скетч) рис. 3, яка здійснює вивід інформації на СОМ-порт при натисненні відповідної кнопки на клавіатурі. У цій програмі також використовуються бібліотеки.

```
sketch_oct20a
#include <Keypad.h>
#include <Wire.h>

const byte ROWS = 4; // число строк клавіатури
const byte COLS = 3; // число стовпців клавіатури
char hexaKeys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2','3'},
  {'4','5','6'},
  {'7','8','9'},
  {'*','0','#'}
};
byte rowPins[ROWS] = {7, 6, 5, 4}; // к какии выводам подключаем управление строками
byte colPins[COLS] = {3, 2, 1}; // к какии выводам подключаем управление столбцами
Keypad customKeypad = Keypad( makeKeypad(hexaKeys), rowPins, colPins, ROWS, COLS);

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Press any key!");
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  char customKey = customKeypad.getKey();
  if (customKey) {
    Serial.println(customKey);
  }
}
```

Рис. 3. Приклад скетчу

2. Порядок виконання роботи

1. Підключити модуль Arduino Uno до матричної клавіатури до виводів згідно варіанту таблиця 1 стовпчик 2.

2. Скачати та підключити в скетчі необхідні бібліотеки для роботи з клавіатурою.

3. Вивести на serial-порт дані при натисненні відповідної кнопки на клавіатурі.

4. Оформити звіт та зробити висновки.

Таблиця 1

№ варіанту	Виводи
1	2345678
2	3456789
3	45678910
4	567891011
5	6789101112
6	78910111213
7	2456789
8	3456789
9	34567810
10	345678911
11	345678912
12	345678913
13	234567810
14	234567811
15	234567812

Контрольні питання

1. Що сабою представляє мембранна матрична клавіатура?
2. Що таке матриця $m \times n$?
3. Для чого використовують бібліотеку Keypad?
4. Як здійснюється організація введення/виведення вимірювальної інформації на платформі Arduino Uno?
5. Як здійснюється візуалізація вимірювальної інформації на платформі Arduino Uno?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Боженко Л.І. Стандартизація, метрологія та кваліметрія у машинобудуванні: Навч. посібни / Л.І. Боженко. – Львів: Світ, 2003. – 328 с.
2. Железна А.М. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник / А.М. Железна, В.А. Кирилович. – К.: Кондор, 2004. – 796 с.
3. Кирилюк Ю.Є. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання: Підручник / Ю.Є. Кирилюк, Г.К. Якимчук, Ю.М. Бугай. – К.: Основа, 2003. – 212 с.
4. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О., та ін. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник / Є.С.Поліщук, М.М.Дорожовець, В.О.Яцук, В.М.Ванько, Т.Г.Бойко; За ред. проф. Є. С. Поліщука. – Львів.: Видавництво «Бескід Біт», 2003. – 544 с.
5. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення.

Електронне навчальне видання комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережному режимі

Артюх Світлана Миколаївна
Артюх Анастасія Валентинівна

ВСТУП ДО ФАХУ

Методичні вказівки до проведення практичних занять
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
спеціальностями 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка», 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

В авторській редакції

Підписано до розміщення 25.06.2025. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 1,89. Обсяг 1,225 Мб. Зам. № 301/25.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна