

УДК 159.955:[37.091.212:621.37/.39
DOI [https://doi.org/10.15589/znp2025.4\(502\).30](https://doi.org/10.15589/znp2025.4(502).30)

DEVELOPMENT OF CRITICAL THINKING IN STUDENTS OF ELECTRONICS, ELECTRONIC COMMUNICATIONS, INSTRUMENTATION, AND RADIO ENGINEERING THROUGH INFORMATION AND DIGITAL TECHNOLOGIES

РОЗВИТОК КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ СТУДЕНТІВ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ ЕЛЕКТРОНІКА, ЕЛЕКТРОННІ КОМУНІКАЦІЇ, ПРИЛАДОБУДУВАННЯ ТА РАДІОТЕХНІКА ЗАСОБАМИ ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Serhii M. Tsyurulnyk^{1,2}

sovm@ukr.net

ORCID: 0000-0002-5703-9761

Lyudmyla A. Martseva³

l.a.martseva@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5037-6565

Oleksiy M. Martsev⁴

martsev.aleksey@gmail.com

ORCID: 0009-0009-0151-7267

С. М. Цирульник^{1,2},

канд. техн. наук, доцент

Л. А. Марцева³,

докт. пед. наук, доцент

О. М. Марцев⁴,

аспірант

¹ Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia

² Vinnytsia Technical Applied College, Vinnytsia

³ Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr

⁴ Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia

¹ Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

² Вінницький технічний фаховий коледж, м. Вінниця

³ Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир

⁴ Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, м. Вінниця

Abstract. Training competitive specialists in higher and professional pre-higher education institutions requires a shift to a new educational paradigm that fosters independent thinking and critical analysis of learning materials. This modernization direction emphasizes the activation of students' cognitive activity, the formation of information culture, and the development of critical thinking through the implementation of a learner-centered approach. In today's world, driven by rapid advances in information technology, the ability to think critically has become a key competence for young professionals.

Purpose. This article addresses the formation of critical thinking in future specialists in Electronics, Electronic Communications, Instrumentation Engineering, and Radio Engineering within professional pre-higher education. Particular attention is given to the activity-based approach, which supports the transition from habitual thinking to sound reasoning through practical tasks.

Method. The paper provides a theoretical overview of scientific approaches to defining critical thinking and identifies its role within the structure of modern professional competencies.

Results. It is shown that critical thinking ranks among the most in-demand skills in the global labor market, alongside complex problem-solving abilities.

Scientific novelty. A methodology for project-based learning using the Arduino hardware and software platform is proposed as a means of developing critical thinking in technical students.

Practical importance. The advantages of this approach include a rapid transition from problem formulation to practical implementation, the enhancement of analytical, synthetic, evaluative, and decision-making skills, as well as the fostering of research and communication competencies. Examples of projects are presented that integrate technical training with the development of cognitive flexibility and creative thinking. The stages of project work – from identifying a problem to defending the completed project – are described, along with the corresponding elements of critical thinking activated at each stage. The paper also presents the results of implementing this methodology at Vinnytsia Technical Applied

College, demonstrating the effectiveness of combining online simulation tools (Tinkercad) with hands-on laboratory activities to strengthen practical competencies.

Key words: critical thinking; cognitive flexibility; professional competencies; project-based learning; Arduino.

Анотація. Підготовка конкурентоспроможних фахівців у закладах вищої та фахової передвищої освіти вимагає переходу до нової освітньої парадигми, яка забезпечить самостійне мислення та аналіз навчального матеріалу студентів на заняттях. Такий напрямок модернізації освіти потребує активізації пізнавальної активності, формування інформаційної культури та розвитку критичного мислення здобувачів на засадах запровадження особистісно-орієнтованого навчання. У сучасному світі, який характеризується розвитком інформаційних технологій, здатність аналізувати стає ключовою компетентністю молодшої людини.

Мета. У статті розглядається проблема формування критичного мислення майбутніх фахівців зі спеціальності Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка в закладі фахової передвищої освіти.

Методика. Автори приділяють увагу особливостям діяльнісному підходу у формуванні критичного мислення здобувачів освіти як переходу від мислення звичного до мислення правильного через практичну діяльність.

Результати. У роботі проведено теоретичний аналіз наукових підходів до визначення сутності критичного мислення та визначено його місце у структурі сучасних професійних компетентностей. Показано, що на світовому ринку праці ця навичка входить до найзатребуваніших поряд із вмінням вирішувати комплексні проблеми.

Наукова новизна. Запропоновано методику проектно-орієнтованого навчання з використанням програмно-апаратної платформи Arduino як інструменту формування критичного мислення в студентів технічних спеціальностей.

Практична значимість. Обґрунтовано переваги цього підходу: можливість швидкого переходу від постановки задачі до її практичної реалізації, розвиток умінь аналізу, синтезу, оцінки та ухвалення рішень, формування дослідницьких і комунікативних навичок. Наведено приклади проектів, які сприяють поєднанню технічної підготовки з розвитком когнітивної гнучкості та творчого мислення. Детально описано етапи проектної діяльності – від формування проблемної ситуації до захисту проекту та відповідні елементи критичного мислення, які активізуються на кожному етапі. Проаналізовано результати впровадження методики в освітній процес Вінницького технічного фахового коледжу. Показано ефективність інтеграції онлайн-симуляторів (Tinkercad) та фізичних лабораторних експериментів для закріплення практичних компетенцій.

Ключові слова: критичне мислення; когнітивна гнучкість; фахові компетентності; проектне навчання; Arduino.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Індустрія 4.0 заклала основи для автоматизації та обміну даних у виробничих технологіях, що охоплюють кіберфізичні системи, Інтернет речей, хмарні, периферійні обчислення та когнітивні обчислення, а також «розумне виробництво». Історично автоматизація та робототехніка, як правило, були ізольовані від людей у виробничих приміщеннях (часто з міркувань безпеки). Нове покоління колаборативних роботів (коботи) містять покращені датчики і технології сприйняття, які дозволяють людям ефективно співпрацювати з коботами. Окрім того, нове покоління коботів є значно безпечнішим, їх легше програмувати та налаштувати. Коботів «навчають» працювати разом з людьми у виробничих приміщеннях, за потреби їх можна перепрограмувати для виконання більш широкого кола завдань. Індустрія 5.0 має на меті активну співпрацю між людьми й машинами в майбутньому, використання креативності людей у набагато ширшому діапазоні та розширення асортименту продукції, що виготовляється.

Можна виділити низку тенденцій Індустрії 5.0, які закладають основи більш сталого розвитку промисловості та суспільства.

1. Цифрові двійники та моделювання. Багато сучасних компаній дискретного виробництва та промислового дизайну використовують ці технології,

запроваджують нові стандарти якості, ефективності та перспективи розвитку виробництва й екосистем.

2. Технології передання, зберігання та аналізу даних. Дані є тим паливом, яке живить інноваційну галузь. Сучасний прогрес у підключенні, зберіганні та аналітиці даних, включно із хмарними та периферійними системами, є основою не лише для розвитку цілих галузей промисловості, але й розвитку кожного окремого виробництва.

3. Штучний інтелект (AI). Технології машинного навчання та штучного інтелекту надають квантового прискорення розвитку інновацій, підвищенню якості виробництва, забезпечуючи потрібний інструментарій сучасним виробничим процесам.

4. Індивідуалізована взаємодія людини та машини становить найважливішу відмінність Індустрії 5.0 – повторне введення людського фактору в процеси й системи, які були автоматизовані до гіперефективності за допомогою новітніх інформаційних технологій. Поєднання розумних машин і кмітливості людини дозволить досягнути справжньої «масової персоналізації» та сприятиме розвитку світового виробництва.

5. Біологічні технології та розумні матеріали. Інновації в легших, міцніших і гнучкіших матеріалах із фокусом на екологічно чисті матеріали, створюють передумови виробництва кращих та якісніших для компаній, клієнтів і планети продуктів.

6. Технології енергоефективності, відновлюваних джерел енергії, зберігання та автономності. Прогрес в автономних технологіях створює передумови для нових бізнес-моделей транспортування, підвищуючи безпеку та зменшуючи забруднення навколишнього середовища.

Індустрія 4.0 та Індустрія 5.0 охоплює виробництво, сферу послуг і побут. Її здобутки використовують в науковій та освітній діяльності заклади освіти.

Інновації та трансфер технологій – ключовий фактор зростання інвестиційної привабливості та конкурентоспроможності країни. Осередком технологічного прориву можуть стати заклади фахової передвищої освіти.

Таким чином, щоб розробляти нові рішення з автоматизації, роботехніки, Інтернету речей та інтегрувати їх на певних ділянках виробництва, необхідно підготувати нове покоління фахівців з телекомунікацій та радіотехніки й телекомунікацій та комп'ютерних технологій, здатних впроваджувати новітні технології [3].

«Дефіцит кадрів є, про це свідчать опитування підприємств, згідно з якими дефіцит працівників є бар'єром номер один. Лише коли немає електрики, проблема дефіциту кадрів відступає на друге місце», – зазначає Ольга Купець, професорка Київської школи економіки [4].

Науковцями приділяється велике значення розвитку критичного мислення в молоді, що передбачає перехід від мислення звичного до мислення правильного.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Аналіз наукових праць з питання формування та розвитку критичного мислення студентів засвідчив наявність ґрунтовних авторських систем удосконалення критичного мислення студентів з використанням інноваційних технологій. У час цифрової епохи без сформованого критичного мислення неможливо всебічно проаналізувати ситуації в реальному житті, бути ефективним та конкурентоздатним фахівцем. Здатним до критичного сприйняття інформації та важливою самоідентифікацією. Навчання студентів через групову співпрацю та групові дискусії, на нашу думку, є ефективними для розвитку критичного мислення. Впровадження в практиці освітнього процесу у закладах фахової передвищої освіти сучасних інноваційних технологій являє собою різноманітне та складне педагогічне явище. Цифрова трансформація стала важливим аспектом вищої освіти.

Критичне мислення є ключовою навичкою XXI століття, необхідною для якісної професійної підготовки, особистісно-професійного розвитку та здатності працювати в умовах невизначеності та швидких соціально-економічних змін [5] – [16]. Воно визначається як складна когнітивна та практична здатність, що передбачає свідомий, рефлексивний процес аналізу, оцінки та синтезу інформації для прийняття

обґрунтованих рішень і розв'язання проблем як в академічному, так і в професійному середовищі. Критичне мислення активізується, коли нові ідеї перевіряються, оцінюються, розвиваються та застосовуються, роблячи процес навчання свідомим, безперервним та продуктивним [5].

Теорії та практиці критичного мислення присвячено велику кількість досліджень, починаючи з бесід із опонентами Сократа, робіт Платона та Аристотеля. Кілька десятків праць присвятив теорії та практиці критичного мислення відомий дослідник Роберт Енніс. Серед інших зарубіжних дослідників поняття про критичне мислення необхідно зазначити роботи Дасен Гелперн, Джо Лоу, Девіда Гічкока, Алека Фішера, Деніела Канімана, Роберта Стернберга, Метью Ліпмана. Перший підручник з розвитку критичного мислення був написаний Максом Блеком.

Дослідженню важливих аспектів критичного мислення присвячено роботи багатьох українських дослідників, серед яких А. Конверський, Л. Корінко, М. Кругляк, С. Максименко, О. Пометун, С. Терно, С. Тимоха, Ю. Трофімов, О. Яковенко та ін.

У роботі [6] досвід формування критичного мислення студентів та їх мотивації до навчання проаналізовано із використанням технології розширеної реальності (AR). Автори зазначають, що така технологія сприяє вдосконаленню навички критичного мислення студентів, формує кращу візуалізацію дискретних концепцій, прийняття обґрунтованих рішень, фахового вирішення проблем в інженерії та міжособистісній комунікації учасників освітнього процесу.

Наукове дослідження [8] присвячено ролі різноманітних фізіологічних та психологічних факторів людини у розвитку критичного мислення. Значною мірою цей процес залежить від низки взаємопов'язаних фізіологічних факторів, включаючи якість сну, харчування та фізичну активність. Ці елементи утворюють складну мережу, яка безпосередньо впливає на когнітивні здібності, необхідні для вдумливого вирішення складних проблем та прийняття обґрунтованих рішень. Автори [8] дослідили також вплив психологічних факторів на розвиток критичного мислення, оскільки робоча пам'ять сприяє ефективному запам'ятовуванню та маніпулюванню інформацією під час виконання складних когнітивних завдань, дозволяючи одночасну інтеграцію кількох елементів знань, що є важливим для вирішення критичних проблем. У роботі [8] висвітлюється вплив особистих ставлень та переконань на критичне мислення особистості. Зокрема, готовність до когнітивної рефлексії та цінність міркування, заснованого на доказах, суттєво корелюють з покращеними навичками критичного мислення та вищими академічними досягненнями.

Автори [8] наголошують, що спеціальна підготовка з логіки покращує аналітичні навички студентів,

дозволяючи їм ефективно розрізняти обґрунтовані аргументи від недійсних та адекватно оцінювати представлені докази.

У роботі [11] автори досліджують роль процесу цифровізації в освітніх процесах, який вводить новий вимір в аналіз критичного мислення. Вибір та використання інноваційних технологій для вдосконалення критичного мислення студентів залежить від системи освіти, в якій відбувається навчальний процес. Найбільш оптимальними на думку дослідників є технології проблемного, дослідницького евристичного характеру, які сприяють розвитку критичного мислення особистості, дозволяють студентам вільно висловлювати свою думку та толерантно обговорювати спілкування з комунікаторами різного віку та статі, оскільки критичне мислення – це соціальне мислення. Працюючи в команді, студенти навчаються вирішувати можливі конфлікти, спілкуватися один з одним, брати на себе відповідальність за свій вибір, набувати етичних навичок міжособистісного спілкування, аналізувати результати ефективності та приймати рішення самостійно.

У роботі [14] зазначено, що у високотехнологічних галузях, які постійно розвиваються, фахівці стикаються з новими викликами, нестандартними завданнями, надлишком або нестачею вихідних даних. Здатність швидко орієнтуватися в інформаційному просторі, миттєво реагувати на зміни та адаптуватися є критично важливою.

У роботі [15] розглядаються підходи до вирішення складних технічних проблем. Сучасний інженер часто стикається з нестандартними задачами, що вимагають умінь визначати проблеми, знаходити необхідну інформацію, висувати гіпотези, розпізнавати закономірності у великих обсягах даних та встановлювати зв'язки з різними параметрами. Ці навички є основою для прийняття обґрунтованих рішень. В умовах інформаційного перевантаження майбутні спеціалісти повинні вміти аналізувати великі обсяги інформації, оцінювати її достовірність, релевантність і точність [16]. Це включає здатність виявляти невідповідності, суперечливі дані та різні тлумачення одного й того ж явища чи факту [14]. Цифрові технології, такі як системи комп'ютерної математики та програмне забезпечення, значно розширюють можливості для обчислень вони не замінюють критичного мислення. Студенти повинні критично аналізувати та оцінювати отримані результати, оскільки програми можуть давати неочікувані, громіздкі або неповні відповіді, які вимагають додаткового дослідження [14].

У роботі [16] зазначено, що критичне мислення сприяє самостійному засвоєнню знань, перетворюючи цей процес на свідомий, безперервний та продуктивний. Це формує автономність здобувачів освіти, їхню здатність до самостійного навчання, інтеграції знань та адаптації до складних професійних умов.

Технологія проєктного навчання досліджувалась в роботі [17]. Авторами зазначено, що проєктне навчання стимулює інтерес учнів до проблем, розвиває вміння застосовувати знання на практиці та формує рефлексивне (критичне) мислення. Проєкти зазвичай мають значущу проблему, вимагають інтегрованих знань та дослідницького пошуку, а також передбачають самостійну діяльність учнів із використанням дослідницьких методів. Це безпосередньо відповідає потребам технічних спеціальностей.

«У сучасному світі, де швидкість розвитку технологій неухильно зростає, важливість креативного мислення як ніколи висока. Креативність в дітей – це не просто здатність малювати або фантазувати, але й уміння вирішувати проблеми, мислити нестандартно та адаптуватися до змін» – зазначає українська компанія Nanit Robot з розвитку робототехніки, електроніки та програмування [18].

Повномасштабне вторгнення росії в Україну дало потужний поштовх розробці високотехнологічних військових рішень, які допомагають нищити ворога на полі бою і в тилу, водночас – захищати життя українських воїнів.

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Адаптація до майбутньої професійної діяльності на виробництві вимагає формування у молодих фахівців потреби у постійній самоосвіті, сформованого вміння вирішувати проблеми в нестандартних ситуаціях, вміння раціонально мислити. Незважаючи на виклики, такі як інформаційне перевантаження та «цифровий розрив», системне впровадження проєктного навчання за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій є ефективним засобом для підготовки конкурентоспроможних фахівців, здатних до навчання впродовж життя та успішної адаптації до вимог сучасного ринку праці [12], [13], [16].

Miltech-сфера в Україні показала свою перспективність ще у 2014 році, коли росія вдерлася на Донбас і анексувала Крим. Саме тоді вітчизняні фахівці почали створювати вже незамінні для військових програми «Кропива» й «Дельта», безпілотики «Валькірія» і «Лелека-100» [19]. Зараз military-tech в Україні розвивається з великою швидкістю. Проєкти, на реалізацію яких раніше відводили 1,5–2 роки, втілюють за 2–3 місяці. Потужні українські стартапи у військовій сфері [19] шукають спеціалістів, hardware-і software-розробників, які розуміються на хмарних технологіях, embedded-розробників, радіоінженерів, сервісних інженерів БПЛА.

Формування в майбутніх фахівців за спеціальністю Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка критичного мислення є недостатньо представленою у науковій та методичній літературі. Фахівці за цією спеціальністю на сьогодні

мають значний попит на ринку праці, що вимагає додаткового дослідження проблеми.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є висвітлення методики проєктного навчання щодо формування навички критичного мислення в підготовці майбутніх фахівців за спеціальністю G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка, стимулювання їх творчого мислення, реалізації власних ідей, уміння вирішувати проблеми, мислити нестандартно та адаптуватися до змін у професійній діяльності та представлення можливостей впровадження досліджень в освітню діяльність закладів фахової передвищої освіти України.

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Методи дослідження. Для дослідження проблеми формування критичного мислення майбутніх фахівців використовували методику проєктного навчання.

Об'єктом дослідження є майбутні фахівці зі спеціальності Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка.

Предметом дослідження є дослідження процесу формування критичного мислення студентів на етапі їх професійної підготовки в коледжі, вміння майбутніх фахівців адаптуватися до нових умов.

Для проведення дослідження було вибрано навчальні заняття з дисципліни Вступ до спеціальності за освітньо-професійною програмою за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка у Вінницькому технічному фаховому коледжі за темою Дизайн та моделювання схем з Arduino.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Сучасне виробництво потребує фахівців, здатних генерувати нові ідеї, критично та творчо мислити. Широке впровадження професійної підготовки майбутніх фахівців, орієнтованої на розвиток критичного мислення є також нагальною методичною проблемою для закладів освіти.

Уміння майбутніх фахівців критично мислити є основою науково-технічного та суспільного прогресу країни, а сучасне виробництво все більше орієнтується на сформовані професійні здібності фахівців, їх здатність логічно вибудовувати наявні факти, критично оцінювати інформацію і творчо вирішувати проблеми.

Автором сучасного підходу до розуміння критичного мислення вважають Джона Дьюї, який у своїй праці «Як ми мислимо» обґрунтував ідею так званого «рефлексивного мислення» (reflective thinking), яке пізніше рух Прогресивних освітян почав називати «критичним мисленням». На думку Джона Дьюї, «свобода не полягає в підтримці безперервної та безперешкодної зовнішньої діяльності, але є чимось досягнутим шляхом боротьби, особистого розмірковування, виходом із утруднень, що перешкоджають безпосередньому

достатку та довільному успіху». Дослідник визначав рефлексивне мислення як «активне, наполегливе та ретельне розмірковування над певними переконаннями чи формами знань у світлі підстав, на яких вони ґрунтуються, та висновків, до яких вони ведуть» [20]. Отже, з погляду Джона Дьюї, якщо людина стикається з певною проблемою, то в неї з'являється припущення про її можливе розв'язання. Дослідники наголошують, що критичне мислення є міждисциплінарним проєктом, адже засвоєння цієї навички потребує використання інформації з різних галузей знань [21].

Український дослідник В. Надурак визначає критичне мислення як вміння аналізувати процес мислення на предмет його відповідності критеріям раціональності. Самостійність людини – це риса особистості, що проявляється в умінні здобувати нові знання, оволодівати новими методами пізнавальної та практичної діяльності, а також використовувати їх для розв'язування на підставі вольових зусиль будь-яких життєвих проблем.

Більша частина наукових досліджень критичного мислення написана філософами, оскільки логіка є важливою складовою критичного мислення та є одним з об'єктів філософських досліджень. Науковці наголошують, що у майбутньому головним капіталом стане не сама інформація, а її ефективний виробник. Отже, здатність обробляти інформацію та навички постійного вдосконалення свого критичного мислення забезпечать успіх молодим фахівцям у сучасному інформаційному суспільстві.

У закладах вищої освіти розвиток критичного мислення студентів розглядають як важливу компетенцію сучасного конкурентоспроможного фахівця, що пов'язують з навичкою боротьби з дезінформацією, фейковими новинами, умінням не бути об'єктом маніпуляції засобів масової інформації та суспільних груп. Критичне мислення молодій людині допомагає також орієнтуватися в сучасному світі, впевнено відчувати себе суб'єктом своєї професійної діяльності разом з достатнім рівнем толерантності в спілкуванні з оточенням.

У рейтингу необхідних професійних навичок фахівця навичка критичного мислення наразі посідає другу позицію після навичок розв'язання комплексних проблем за результатами опитування, проведеного провідними світовими компаніями у 2016 році. Проведене дослідження переконливо засвідчило, що успішним працівником у майбутньому буде той, хто здатен змінювати галузь працевлаштування та успішно пристосовуватися до нової галузі, оперуючи засадами критичного мислення.

Даєн Гелперн та Роберт Стернберг зазначають, що нам завжди були потрібні громадяни, здатні мислити критично, але здається, тепер вони потрібніші, ніж будь-коли раніше [22]. З огляду на ситуацію в Україні, засади критичного мислення у майбутніх фахівців

набувають актуальності, оскільки його тези (нічого не брати на віру, зважати на мотив вчинку, ставити запитання та робити власні дослідження) набуло неабиякого значення.

Доречно зауважити, що критичне мислення не є тотожним до особливості людини, яка завжди сумнівається в будь-якій інформації (твердженнях) та завжди критикує навіть авторитетних авторів. Така упереджена критика є рисою людини, яка намагається підвищити власну значимість та є невдоволеним його оточенням.

У сучасній педагогіці критичне мислення розглядають як науковий підхід до уміння всебічного розгляду, аналізу та оцінки реальності, уміння виносити правильні судження. Засновник Інституту Критичного мислення Метью Ліпман наголошував на важливості практики формування критичного мислення у громадян. Більшість дослідників пов'язують критичне мислення з «правильним» мисленням, з таким, що перевіряє вміння особистості мислити відповідно до стандартів раціональності. С. Терно визначає критичне мислення як «науковий тип мислення, який використовується для розв'язання неординарних практичних задач, включає в себе загальне та предметне мислення, характеризується усвідомленістю, самостійністю, рефлексивністю, цілеспрямованістю, обґрунтованістю, контрольованістю та самоорганізованістю» [23].

На думку А. Є. Конверського, критичне мислення – це «вміння будувати доведення, вміння висувати гіпотези, проводити аналогії, нарешті, знаходити помилки у своїх і чужих міркуваннях» [24, с. 2]. Дослідник також наголошує, що «критичне мислення полягає в активному пошуку для розуміння дійсного стану справ шляхом ретельної оцінки інформації, ідей та аргументів, а також глибокого усвідомлення процесу мислення як такого» [24, с. 14].

Формування критичного мислення в майбутніх фахівців в умовах закладу фахової передвищої освіти та вищої освіти є продовженням їхнього виховання в сім'ї та у закладах загальної середньої освіти. Залучення студентів до групової роботи в команді сприяє розвитку їхнього власного мислення, здатності ставити собі важливі запитання («Чи те, що роблю, має сенс?», «Чи є прогрес у тому, що роблю?») та самостійно приймати важливі рішення. Критичне мислення передбачає важливі риси (точність, систематичність та ретельність), а тому у майбутній професійній діяльності стає вкрай важливим, адже допомагає молодому фахівцю не розгубитися в інформаційному просторі та не піддатися можливим маніпуляціям.

На думку дослідників, процес формування критичного мислення учасників освітнього процесу передбачає декілька важливих етапів, серед яких:

- актуалізація пізнавальних процесів (аналіз нинішніх знань, заохочення до активної діяльності, самоусвідомлення наявних та нових знань);

- засвоєння змісту навчального матеріалу (сприйняття лекції викладача, опрацювання тексту, виконання експерименту, застосування інтерактивних методів на практичних заняттях);

- осмислення (рефлексія) навчального матеріалу (осмислення нового матеріалу, висловлення власних думок та обмін думками між учасниками навчального процесу).

Упродовж зазначених етапів нова інформація для студентів поступово перетворюється в знання, які в свою чергу стають підґрунтям мотивації та критичного осмислення. Варто зазначити, що за такою схемою критичне мислення стає базовою звичкою сучасних студентів та їх важливою компетенцією як майбутніх фахівців розрізняти наукові положення та можливу фейкову інформацію.

Сучасні студенти – це покоління науково-технічного прогресу та цифрових технологій, тому використання інтерактивних технологій для розвитку критичного мислення є актуальним. На думку О. Пометун, виокремлюють чотири групи інтерактивних технологій: інтерактивна технологія кооперативного навчання, інтерактивна технологія колективно-групового навчання, технологія ситуативного моделювання, технологія опрацювання дискусійних питань [25].

Метод проєктів надає можливість самостійно відкривати принципи цифрової схемотехніки та програмування. Кожен проєкт або модель є результатом самостійних спроб, помилок та досягнень. Це навчає здобувачів освіти не боятися помилок, а розглядати їх як частину освітнього процесу.

У процесі створення нескладних проєктів, здобувачі освіти експериментують з різними конфігураціями типових схем та шаблонами програм, що дозволяє розвивати навички критичного мислення та вміння адаптуватися до нових умов.

Однією з основних переваг такого підходу є здатність до креативного пошуку рішень проблеми.

За інформацією компанії Nanit Robot [18] компаніям не вистачає кваліфікованих інженерних кадрів для розвитку виробництва та інновацій, підприємства змушені інвестувати значні ресурси в підготовку нових працівників, інженерна освіта та навички здаються складними й недоступними для новачків без спеціальної підготовки.

Розвиток критичного мислення для фахівців зі спеціальності Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка передбачає наявність знань і вмінь: аналогової та цифрової схемотехніки, навичок роботи з мікроконтролерами, методів передачі даних, основних телекомунікаційних протоколів, основ програмування, навичок електромонтажу, складання та прототипування конструкцій з готових модулів та деталей.

У рамках проєктно-орієнтованого навчання особливе місце посідає використання

програмно-апаратної платформи Arduino як засобу формування базових компонентів критичного мислення в студентів інженерних спеціальностей. Її доступність, модульність та відкрита екосистема дають змогу швидко переходити від абстрактного формулювання задачі до її практичної реалізації, що активізує процеси аналізу, синтезу, рефлексії та ухвалення рішень. Використання Arduino у проєктному навчанні є дієвим засобом формування критичного мислення здобувачів освіти через дослідницьку та конструктивну діяльність. Платформа дозволяє легко організувати навчання за принципом «від простого до складного», забезпечуючи високий рівень наочності, доступності та індивідуалізації.

Arduino має добре розвинену екосистему навчальних матеріалів, серед яких книги, відеоуроки, онлайн-курси, у яких детально подано приклади побудови простих пристроїв, роз'яснено базові поняття електроніки, логіки керування та схемотехніки, що підтримують формування автономності та саморегульованого навчання. Ці якості стимулюють самостійну дослідницьку активність студентів і є важливими для розвитку когнітивної гнучкості та рефлексивності ключових елементів критичного мислення.

Проєктування та монтаж схем здійснюється за допомогою макетних плат (breadboard), що забезпечує високий рівень варіативності експериментів: з'єднання не потребує пайки, дозволяючи легко тестувати гіпотези, порівнювати альтернативи та здійснювати повторювану реконфігурацію пристрою. Використання макетних плат сприяє розвитку технічної уяви, дає змогу швидко змінювати конфігурації та досліджувати нові варіанти рішень. Таким чином, Arduino створює середовище розвитку критичного мислення в реальному освітньому процесі.

Кожен етап проєктного навчання стимулює окремі компоненти критичного мислення: аналіз, синтез, оцінювання, рефлексію, ухвалення рішень. Такий підхід сприяє підготовці фахівців, здатних ефективно

адаптуватися до швидких змін у сфері Електроніки, електронних комунікацій, приладобудування та радіотехніки.

Основна мета проєктного навчання – розвиток здатності студентів самостійно оцінювати інформацію і формулювати раціональні аргументи в контексті розвитку їх критичного мислення, елементи якого удосконалюються впродовж реалізації проєкту. Працюючи над проєктом, студенти застосовують дослідницькі методи: ставлять питання, здійснюють пошук відповідей, виявляють альтернативні точки зору, змінюють свою думку на підставі фактів та аргументів.

Запропонована методика розвиває допитливість студентів, сприяє їх комунікації та аргументації своїх висновків упродовж роботи над проєктом. Досвід переконливо засвідчує, що позитивним є поява суперечливої ситуації, яка слугує поштовхом для критичного мислення майбутніх фахівців. Використовуючи програмно-апаратну платформу Arduino, студенти навчаються помічати нові факти, враховувати інші думки, оцінювати та будувати власні гіпотези, ухвалювати рішення.

Технологія розвитку критичного мислення здобувачів освіти за допомогою методу проєктів має відбуватися за певними етапами: осмислення та ознайомлення з новою інформацією; індивідуальний пошук інформації; рефлексія, обмін ідеями та формування власної позиції.

Реалізація цих етапів сприяє також обміну ідеями між здобувачами освіти, збагаченню їх словникового запасу, формуванню важливих ключових компетенцій як майбутніх фахівців.

Ефективність цієї технології залежить від викладача, який має прогнозувати її застосування на певних заняттях. Нестандартний підхід до викладання спеціальних дисциплін сучасного викладача, власний приклад, забезпечує стимулювання творчих рис здобувачів освіти. Активний діалог викладача з студентами, підтримка їх самостійної дослідницької діяльності,

Таблиця 1. Етапи проєктного навчання та розвиток критичного мислення

№	Етап проєктного навчання	Діяльність студентів	Елементи критичного мислення
1	Формування проблемної ситуації	Обговорення актуальних проблем, постановка технічної задачі	Аналіз, визначення пріоритетів, постановка цілей
2	Розробка технічного завдання (ТЗ)	Визначення функцій пристрою, формалізація задач	Структурування інформації, термінологічне узагальнення
3	Проєктування логіки та алгоритмів	Побудова блок-схем, вибір методів реалізації	Прогнозування, аргументація технічних рішень
4	Розробка електричної схеми та підбір компонентів	Аналіз ринку компонентів, побудова схеми	Оцінка альтернатив, прийняття рішень
5	Програмування та тестування	Створення та налагодження коду, ітераційне тестування	Виявлення проблем, формулювання гіпотез
6	Симуляція та моделювання	Використання симуляторів, аналіз змінних	Валідація, що-якщо-аналіз, системне мислення
7	Фізичне налагодження	Збірка макета, практичне тестування	Узагальнення, практичне застосування
8	Захист проєкту	Демонстрація, відповіді на запитання	Рефлексія, логічна аргументація, комунікація

Таблиця 2. Приклади проєктів на Arduino для формування критичного мислення

№	Назва проєкту	Основні компоненти	Мета проєкту	Ключові навички
1	Розумна теплиця	Arduino Nano, датчик вологості ґрунту, DHT11, реле, насос	Автоматичне зволоження ґрунту на основі сенсорних даних	Робота з аналоговими сигналами, екологічне мислення
2	Цифровий термометр з LED-індикацією	Arduino Nano, LM35, 7-сегментний індикатор (4-розрядний), транзисторні ключі	Вимірювання та виведення температури у цифровому вигляді	Аналогово-цифрове перетворення, керування динамічною індикацією
3	Метеостанція з годинником реального часу	DHT11, DS1307, LCD 16x2 (I2C), Arduino Nano	Відображення температури, вологості та поточного часу	Паралельна обробка даних, бібліотеки I2C, форматування виводу
4	LED-таймер з зворотним відліком	Arduino Nano, тактові кнопки, DS1307, 4-розрядний 7-сегментний дисплей, buzzer	Задання часу за допомогою кнопок та запуск зворотного відліку	Робота з кнопками, переривання, формування таймерних подій
5	Інтерактивна система керування освітленням	Arduino Nano, LED-індикатори, кнопки, монітор порта	Керування освітленням за допомогою різних сценаріїв (через кнопки або з ПК)	Логіка станів, зворотний зв'язок, тестування через порт
6	Годинник-будильник	DS1307, LCD 16x2 (I2C), Arduino Nano, кнопки, бузер	Відображення поточного часу, задання часу спрацьовування будильника за допомогою кнопок	Робота з кнопками, переривання, формування таймерних подій, бібліотеки I2C, форматування виводу

розуміння певних фізичних явищ є наразі важливими факторами у підготовці конкурентоздатних фахівців.

Важливими є запропоновані авторами методики формування критичного мислення студентів: *змістовний блок* – загальнометодологічні принципи (переконання у необхідності; змістова та операційна складова самокорекції методу дослідження, увага до процедури дослідження; врахування інших точок зору; готовність бути критичним не лише стосовно інших, але й до себе); *операційний блок* – усвідомити проблему, діалектичний зв'язок між суперечностями; добирати прийнятні, відповідні та несуперечливі аргументи; знаходити контраргументи; помічати факти, що суперечать власній думці; загальні стратегії (розділити проблему на частини; розв'язати більш прості проблеми, що відбивають деякі аспекти основної проблеми; використати смислові та графічні організатори, щоб представити проблему різними способами; розглянути окремі випадки, щоб «відчути» проблему); аналіз засобів та цілей; оцінювати вибір однієї з альтернатив, усвідомлення обмежень, що накладаються на результат; узагальнювати; будувати гіпотези; робити висновки.

Кожен етап проєктного навчання стимулює окремі компоненти критичного мислення: аналіз, синтез, оцінювання, рефлексію, ухвалення рішень. Такий підхід сприяє підготовці фахівців, здатних ефективно адаптуватися до швидких змін у сфері Електроніки, електронних комунікацій, приладобудування та радіотехніки.

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Розглянемо формування критичного мислення на заняттях з дисципліни Вступ до спеціальності за

освітньо-професійною програмою за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка у Вінницькому технічному фахового коледжі за темою Дизайн та моделювання схем з Arduino.

Робота над цією темою передбачає застосування онлайн платформи Tinkercad та додаткову роботу з фізичними об'єктами в домашніх умовах або в спеціалізованих лабораторіях для формування практичних навичок. Перша задача полягає в ознайомленні з проєктом Blink та особливостями програмування модуля Arduino (рис. 1).

Наступним етапом є внесення змін у схему та код. Потрібно додати ще 2 світлодіоди (синій та зелений). Порти підключення обираються довільно та допрацьовується код, щоб світлодіоди загорались по черзі. Один з можливих варіантів реалізації наведений на рис. 2.

Робота з кодом передбачає вивчення типів даних та застосування змінних для конфігурації підключення світлодіодів, що дає критичне розуміння взаємозв'язку між схемою та програмою. Для роботи трьох світлодіодів має бути 3 фрагменти коду, які потрібно додати, виконавши аналіз коду, що наведений на рис. 1 та скорегувавши у відповідності до конфігурації підключення світлодіодів.

```
int yd=2; int gd=7; int bd=12;

void setup()
{
    pinMode(yd, OUTPUT); pinMode(gd,
    OUTPUT);
    pinMode(bd, OUTPUT);
}

void loop()
{
    digitalWrite(yd, HIGH);
```

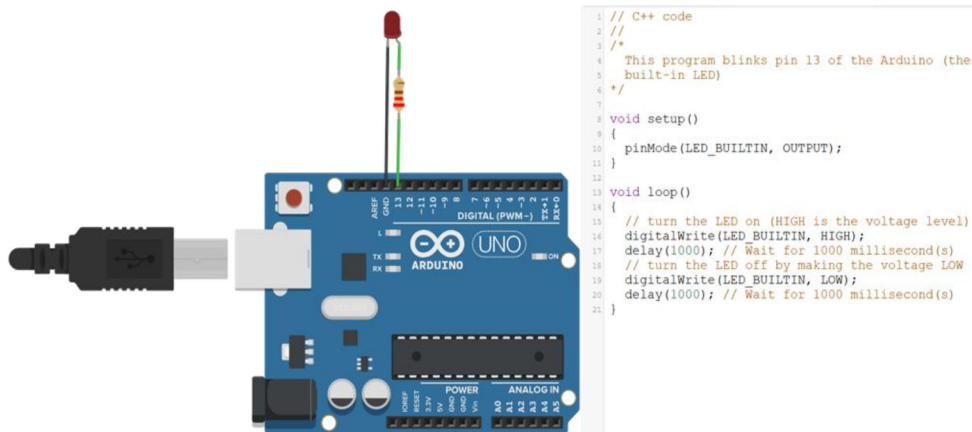



Рис. 1. Проєкт Blink (миготіння світлодіодом)

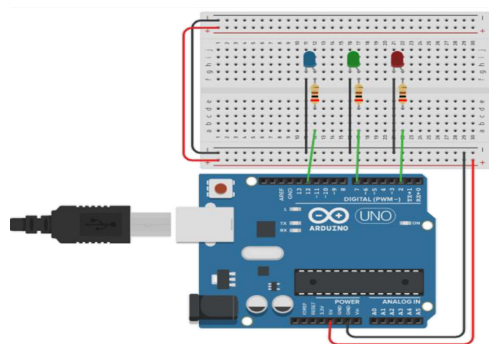


Рис. 2. Проєкт на базі Arduino. Робота з 3 світлодіодами

```

        digitalWrite(gd, LOW);
digitalWrite(bd, LOW);
        delay(1000);

        digitalWrite(gd, HIGH);
        digitalWrite(yd, LOW);
digitalWrite(bd, LOW);
        delay(1000);

        digitalWrite(bd, HIGH);
        digitalWrite(gd, LOW);
digitalWrite(yd, LOW);
        delay(1000);
    }

```

Наступний крок, це додавання тактової кнопки і реалізація завдання, що колір світлодіода змінюється за натисненням тактової кнопки. На цьому етапі є більш детальне ознайомлення з архітектурою платформи Arduino Uno, вивчення режимів роботи цифрових та аналогових портів, вивчення схемотехніки та особливостей роботи тактової кнопки. Щодо програмної частини опановуються роботи з базовими кодовими конструкціями та операторами. Один з варіантів реалізації цього завдання наведений на рис. 3.

```

1.  int yd=2;
2.  int gd=7;

```

```

3.  int bd=12;
4.  int buttonState=0;
5.  int State=0;

6.  void setup(){
7.  pinMode(yd, OUTPUT);
8.  pinMode(gd, OUTPUT);
9.  pinMode(bd, OUTPUT);
10. pinMode (A5, INPUT);
11. }

12. void loop(){
13. buttonState =digitalRead(A5);
14. if (buttonState==HIGH)
15. State++;
16. if (State > 3)
17. State=0;
18. switch (State){
19. case 1:
20. digitalWrite(yd, HIGH);
21. digitalWrite(gd, LOW);
22. digitalWrite(bd, LOW);
23. break;
24. case 2:
25. digitalWrite(gd, HIGH);
26. digitalWrite(yd, LOW);
27. digitalWrite(bd, LOW);
28. break;
29. case 3:
30. digitalWrite(bd, HIGH);
31. digitalWrite(yd, LOW);
32. digitalWrite(gd, LOW);
33. break;
34. default:
35. digitalWrite(bd, LOW);
36. digitalWrite(gd, LOW);
37. digitalWrite(yd, LOW);
38. }
39. delay(1000);
40. }

```

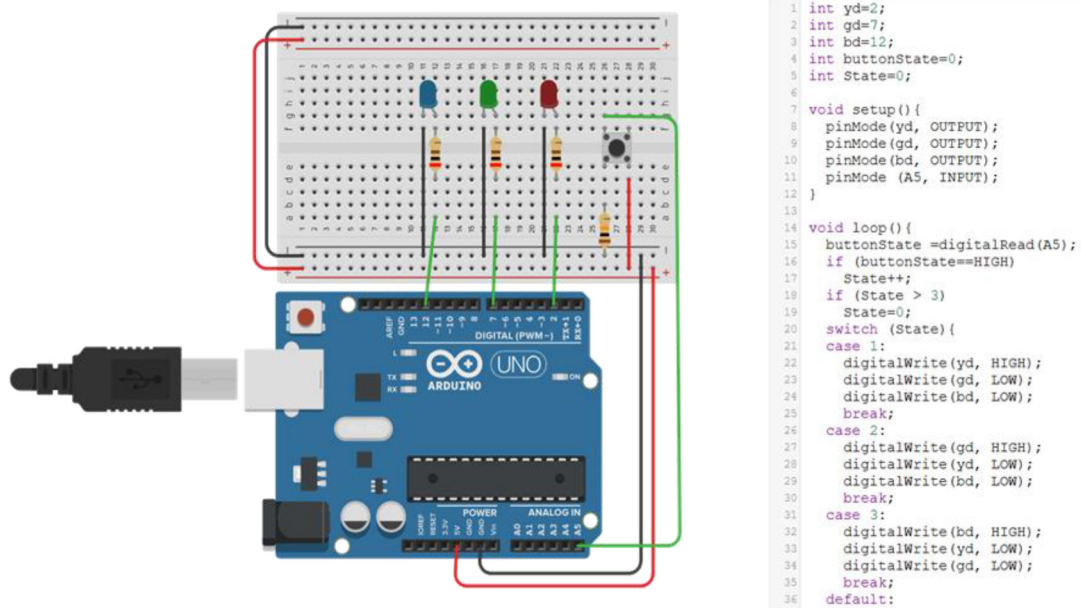


Рис. 3. Проєкт на базі Arduino. Робота з 3 світлодіодами та тактовою кнопкою

Тактова кнопка підключена до порту A5 (рядок 10). Перевірка стану кнопки відбувається в рядках 13, 14 з використанням оператора *if*. При виявленні факту натиснення кнопки змінна *State* збільшується на 1. За станом цієї змінної визначається, який світлодіод має світитись. Для цього використовується кодова конструкція з операторами *switch* та *case* (рядок 18–38).

Виконавши симуляцію роботи схеми в TinkerCad або перевіривши роботу схеми на макетній платі, можна помітити, що за натисненням кнопки, схема реагує ніби на кнопку натиснули декілька раз. Це явище називається «тремтіння контактів» і здобувачам освіти пропонуються декілька способів його усунення (програмно чи апаратно). Для цього потрібно проаналізувати літературні джерела або скористатись порадами AI та реалізувати один з запропонованих способів. Одним з можливих способів є зміна алгоритму роботи програми. Перевіряємо чи кнопка натиснута, додаємо затримку на 100-200 мс, щоб явище «тремтіння контактів» пройшло і після цього аналізуємо чи кнопка відпущена

```

void loop(){
  buttonState =digitalRead(A5);
  if (buttonState==HIGH){
    delay (200);
    if (buttonState==LOW)
      State++;
  }
  ...
}

```

Ще одним із рішень, що було запропоновано студентами, це рядки коду 13, 14, де відбувається визначення факту, натиснення кнопки замінити оператором

while() та змінивши алгоритмічний підхід: нічого не робимо, доки кнопка не буде натиснута; нічого не робимо, доки кнопка не буде відпущена; виконується дія, яка визначає кількість раз натискання на кнопку, щоб визначити, якого кольору має світитись світлодіод.

```

void loop(){
  buttonState =digitalRead(A5);
  while (buttonState==LOW){};
  while (buttonState==HIGH){};
  State++;
  ...}

```

Також можливий варіант програмної реалізації – це застосування системи переривань мікроконтролера Arduino. Такий підхід буде показаний при подальшій роботі над змінами у проєкті з RGB світлодіодом.

Наступним завданням для розвитку критичного мислення та формування професійних компетентностей є заміна 3-х світлодіодів (рис. 3) у попередньому проєкті одним RGB світлодіодом та кнопкою передбачити 8 режимів роботи (000 – світлодіоди відключені, 001 –зелений (green), 010 – синій (blue), 011 – бірюзовий (cyan), 100 – червоний (red), 101 – жовтий (yellow), 110 – фіолетовий (purple), 111 – білий (white)).

Аналіз завдання передбачає, що потрібно визначитись з кількістю обмежувальних резисторів: три або один. Більш ефективним варіантом є підключення одного резистора до катоду RGB світлодіоду. Також на схемному рівні потрібно визначитись, до яких портів підключити аноди RGB світлодіода та тактову кнопку. Також важливо визначити, як буде сприймати мікроконтролер Arduino подію натиснення кнопки: як рівень низької напруги (Low); як рівень

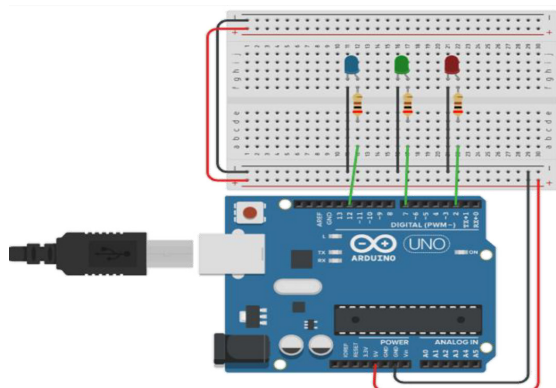


Рис. 4. Проєкт на базі Arduino. Робота з RGB світлодіодом та тактовою кнопкою

високої напруги (High). Відповідно до цього визначаються етапи синтезу схеми та які додаткові вузли й елементи мають бути використані в схемі та куди підключити елементи схеми до модуля Arduino. Один з варіантів синтезу схеми цього завдання наведений на рис. 4.

```

1.  int red = 9;
2.  int green = 6;
3.  int blue = 2;
4.  int mode = 0;
5.  void setup() {
6.    pinMode(red, OUTPUT);
7.    pinMode(green, OUTPUT);
8.    pinMode(blue, OUTPUT);
9.    pinMode(12, INPUT);
10. void loop()
11. {
12.  if (digitalRead(12) == HIGH) {
13.    mode++;
14.    delay(200);
15.    if (mode > 7)
16.      mode = 0;
17.  }
18.  switch (mode) {
19.    case 0:
20.      digitalWrite(red, LOW);
21.      digitalWrite(green, LOW);
22.      digitalWrite(blue, LOW);
23.      break;
24.    case 1:
25.      digitalWrite(red, LOW);
26.      digitalWrite(green, HIGH);
27.      digitalWrite(blue, LOW);
28.      break;
29.    case 2:
30.      digitalWrite(red, LOW);
31.      digitalWrite(green, LOW);
32.      digitalWrite(blue, HIGH);
33.      break;
34.    case 3:

```

```

35.    digitalWrite(red, LOW);
36.    digitalWrite(green, HIGH);
37.    digitalWrite(blue, HIGH);
38.    break;
39.    case 4:
40.      digitalWrite(red, HIGH);
41.      digitalWrite(green, LOW);
42.      digitalWrite(blue, LOW);
43.      break;
44.    case 5:
45.      digitalWrite(red, HIGH);
46.      digitalWrite(green, HIGH);
47.      digitalWrite(blue, LOW);
48.      break;
49.    case 6:
50.      digitalWrite(red, HIGH);
51.      digitalWrite(green, LOW);
52.      digitalWrite(blue, HIGH);
53.      break;
54.    case 7:
55.      digitalWrite(red, HIGH);
56.      digitalWrite(green, HIGH);
57.      digitalWrite(blue, HIGH);
58.      break;
59.  }

```

Типовий код, що наведений вище є допрацьованим кодом від попереднього проєкту. У ньому по суті додані нові комбінації в операторі *switch* та *case* (рядок 18–58), змінена кількість можливих комбінацій натиснення кнопки (рядок 15) і додана затримка на 200 мс (рядок 14) для усунення «тремтіння контактів». Наступним етапом розвитку критичного мислення над цим проєктом є пошук варіантів скоротити програмний код. Для цього пропонується ознайомитись з бітовими операціями та аналіз архітектури мікроконтролера для більш глибокого розуміння фізичних процесів роботи цього проєкту. Код з використанням бітових операцій наведений нижче. Аноди світлодіодів підключені до молодших бітів порта D: PD0, PD1, PD2. Тактова кнопка підключена до порту A5. Рядок 10 визначає залишок від ділення на 8, що й вказує на колір світлодіода.

```

1.  //R -PD2, G-PD1, B-PD0
2.  int Mode=0;
3.  void setup(){
4.    DDRD=B00000111;
5.    pinMode(A5, INPUT_PULLUP);
6.  }
7.  void loop(){
8.    if(digitalRead(A5)==LOW)
9.      Mode++;
10.   Mode = Mode %8;
11.   PORTD = Mode;
12.   delay (500); }

```

З точки зору ефективності коду він набагато менший від попереднього, однак, застосування портів PD0, PD1, PD2 є неефективним, тому що ці порти використовуються для організації обміну даних, наприклад, з персональним комп'ютером та організації зовнішніх переривань.

На рис. 5 той самий проєкт RGB світлодіодом та тактовою кнопкою, у якому код оптимізований більше ніж в 4 рази. Це стало можливим, тому що використовуються цифрові порти D8, D9, D10 відповідають фізичним портам PB0, PB1, PB2 мікроконтролера на платформі Arduino. Другою особливістю програми є розуміння виконання арифметичних операцій у двійкових кодах, яка використовується в цифровій схемотехніці. Тому вибір кольору світлодіода та формування сигналів для RGB світлодіода реалізується в рядку 11 (рис. 5).

При оптимізації коду для роботи з RGB світлодіодом та тактовою кнопкою часто здобувачі освіти використовують одномірні та двохмірні масиви та циклом з параметром з оператором *for* ().

Найкращим варіантом є код, що займає 4 рядки, який за схемою на рис. 5 майже в 20 разів менший за базовий код до цього проєкту. У коді використовується

зовнішнє переривання за натисненням тактової кнопки та робота з бітами порта B, що демонструє велике розуміння цифрової схемотехніки, навичків *emperedd* програмування, які були сформовані завдяки критичному мисленню здобувачів освіти.

```
1. void setup () {
2.   attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), a, RISING);
3.   void a() { PORTB++; }
4.   void loop () { }
```

Наведений фрагмент коду був протестований на віртуальній та фізичній моделі проєкту й показав найефективнішу роботу.

Наступним проєктом є заміна тактової кнопки на потенціометр. Колір світлодіода змінюється обертанням ручки потенціометра. Робота над цим проєктом передбачає вивчення аналогово-цифрового перетворення та регулювання яскравістю світлодіода широтно-імпульсною модуляцією. Один з можливих варіантів реалізації цього проєкту та код наведений на рис. 6.

Практико-орієнтований підхід з розв'язання прикладних задач, що наведені в таблиці 2, із

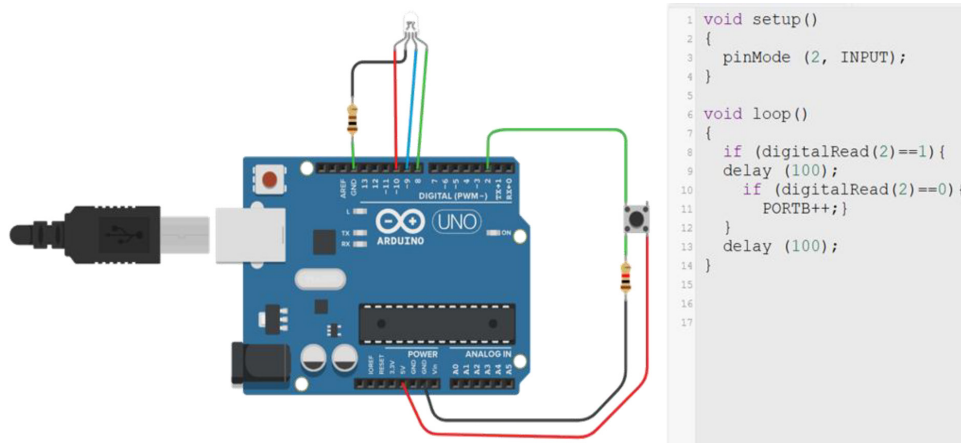


Рис. 5. Проєкт на базі Arduino. Робота з RGB світлодіодом, тактовою кнопкою та бітові операції

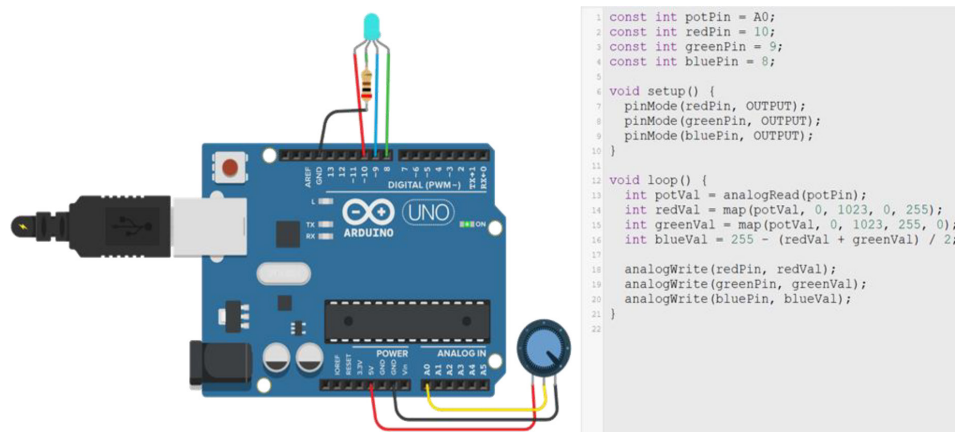


Рис. 6. Проєкт на базі Arduino. Робота з RGB світлодіодом та потенціометром

застосуванням програмно-апаратного комплексу «Arduino Learner Kit», дозволяє сформувати професійні компетентності embedded-фахівців [26]. Для розвитку критичного мислення на базі програмно-апаратного комплексу «Arduino Learner Kit» пропонуються такі теми: цифровий вихід (керування декількома світлодіодами, створення тонального сигналу), аналоговий вихід (генерування кольору RGB світлодіода, регулювання яскравості світлодіода), цифровий вхід (обробка тактових кнопок, зчитування даних з датчика DHT11), аналоговий вхід (зчитування аналогових даних з потенціометра; зчитування даних з датчика температури LM35), мультиплексування (керування семисегментним дисплеєм, ущільнення портів Arduino), комунікація SPI (регістр зсуву 74HC595 та семисегментний дисплей, MAX7219 та світлодіодна матриця 8 × 8), зв'язок I2C (зчитування, відображення та встановлення дати та часу з годинника реального часу DS1307), інтерфейс дисплея (керування LCD-дисплеєм 16 × 2 символів), зв'язок UART (модуль Bluetooth, GPS).

Навчання з програмно-апаратним комплексом «Arduino Learner Kit» у змішаному форматі пройшли студенти четвертого курсу радіотехнічного відділення Вінницького технічного фахового коледжу. Вони опанували десять тем: робота з портами вводу-виводу плати Arduino, робота переривань, широтно-імпульсна модуляція та аналого-цифровий перетворювач мікроконтролера Arduino, робота з RGB світлодіодом, з семисегментним індикатором та з регістром зсуву 74HC595, робота з LCD – дисплеєм, матричним світлодіодним індикатором, дослідження роботи датчика температури LM35, датчика температури та вологості DHT11, робота з інтерфейсом TWI (I2C) та годинником реального часу DS1307 [13].

Сформовані компетентності, за результатами навчання з програмно-апаратним комплексом «Arduino Learner Kit», дозволило близько 80 % здобувачам освіти Вінницького технічного коледжу обрати теми кваліфікаційних робіт з практичним виконанням у напрямку вбудованих систем та застосуванням програмно-апаратної платформи Arduino.

ВИСНОВКИ

Усе викладене вище дає підстави підбити певні підсумки.

1. Застосування запропонованої методики розвитку критичного мислення здобувачів освіти засвідчив демонстрацію сформованих навичок, а саме, об'єктивний аналіз інформації та здатність ухвалювати раціональні рішення під час виконання завдань. Критичне мислення використовується для розв'язування задач, які вимагають процес пошуку, вирішення проблеми, формулювання висновків, ймовірнісної оцінки та ухвалення рішень.

2. На заняттях майбутні фахівці навчилися визначати достовірність та надійність інформації, під керівництвом викладача удосконалили навички проводити дебати та конструктивні діалоги, розвиваючи психологічні аспекти свого критичного мислення та формуючи важливі інструменти для майбутньої успішної професійної кар'єри.

3. Для забезпечення сучасного ринку праці конкурентоздатними працівниками практичне мислення в поєднанні з теоретичним відіграє важливу роль у підготовці сучасних конкурентоздатних фахівців та тісно пов'язане також з мотиваційно-вольовою сферою особистості студента. Залучення власних переконань студентів, стимулювання їхнього інтересу до пізнання світу, емоційне викладання предмету залишаються важливими завданнями викладача.

REFERENCES

- [1] Stratehiia rozvytku Industriia 4.0 (2020). [Development Strategy Industry 4.0]. Retrieved from: <https://mautic.appau.org.ua/asset/42:strategia-rozvitku-4-0-v3.pdf> [in Ukrainian].
- [2] Industry 4.0 (2024). IT-Enterprise – tsyfrova transformatsiia biznes-protsesiv, ERP| it.ua [Industry 4.0. IT-Enterprise – digital transformation of business processes, ERP| it.ua]. Retrieved from: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/industry-4> [in Ukrainian].
- [3] Ministerstvo tsyfrovoi transformatsii Ukrainy (2024). Stratehiia tsyfrovoho rozvytku innovatsiinoi diialnosti Ukrainy do 2030 roku [Strategy for the Digital Development of Innovative Activities in Ukraine until 2030]. Retrieved from: <https://tinyurl.com/2x9aask2> [in Ukrainian].
- [4] Hromadske (2024). Bolisnyi poshuk kadriv. Yaki profesii nyny v defitsyti v Ukraini ta chomu tse tak. [The painful search for personnel. Which professions are currently in short supply in Ukraine and why]. Retrieved from: <https://hromadske.ua/ekonomika/241282-bolisnyy-poshuk-kadriv-iaki-profesiynyny-v-defitsyti-v-ukrayini-ta-chomu-tse-tak> [in Ukrainian].
- [5] Kuzemko, L. (2020). Skills of the 21st century in the context of quality assurance of teacher professional training. *Pedagogical Education Theory and Practice Psychology Pedagogy*, no. 34, pp. 28–33. Retrieved from: <https://doi.org/10.28925/2311-2409.2020.34.4>
- [6] Dori, Y. J. and Lavi, R. (2023). Teaching and assessing thinking skills and applying educational technologies in higher education. *Journal of Science Education and Technology*, vol. 32, no. 6, pp. 773–777. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10072-x>
- [7] Herwati, T. I., Basori, B., and Hatta, P. (2020). Exploration of Critical Thinking Skills in Digital Citizenship course through Online learning. *IJIE (Indonesian Journal of Informatics Education)*, vol. 4, no. 1, p. 17. Retrieved from: <https://doi.org/10.20961/ijie.v4i1.44580>

- [8] Gómez, D. L. J., Maestre, A. J. Á., Trujillo, A. E. P., Fuentes, C. A. P., Ortiz, D. H. B., and Alarcón, R. K. S. (2025). Determining factors for the development of critical thinking in higher education. *Journal of Intelligence*, vol. 13, no. 6, p. 59. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/jintelligence13060059>
- [9] Lionenko, M. and Huzar, O. (2023). Development of critical thinking in the context of digital learning. *Economics & Education*, vol. 8, no. 2, pp. 29–35. Retrieved from: <https://doi.org/10.30525/2500-946x/2023-2-5>
- [10] Shkvyr, O., Haidamashko, I., and Tafintseva, S. (2020). Developing critical thinking in younger pupils using ICT. *Brain broad research in artificial intelligence and neuroscience*, vol. 11, no. 2, pp. 230–242. Retrieved from: <https://doi.org/10.18662/brain/11.2/85>
- [11] Chashechnikova, O., Odintsova, O., Hordiienko, I., Danylychuk, O., and Popova, L. (2024). Innovative technologies for the development of critical thinking in students. *Revista Amazonia Investiga*, vol. 13, no. 81, pp. 197–213. Retrieved from: <https://doi.org/10.34069/ai/2024.81.09.16>
- [12] Yakymenko, Y., Poplavko, Y., and Lavrysh, Y. (2020). Steam as a factor of individual systems thinking development for students of electronics speciality. *Advanced Education*, vol. 7, no. 15, pp. 4–11. Retrieved from: <https://doi.org/10.20535/2410-8286.208315>
- [13] Prastyaningrum, I., Imansari, N., and Kholifah, U. (2023). Analysis of critical thinking skills and collaboration of electronic engineering education students in electrical machinery course. *IJIEIT (International Journal of Indonesian Education and Teaching)*, vol. 7, no. 1, pp. 114–120. Retrieved from: <https://doi.org/10.24071/ijiet.v7i1.5091>
- [14] Potapova, O. (2014). Do problemy formuvannia krytychnoho myslennia u studentiv tekhnichnykh VNZ pid chas vyvchennia matematychnykh dysyplin [To the problem of forming critical thinking in students of technical universities during the study of mathematical disciplines]. *Educational Dimension*, vol. 40, pp. 318–326. Retrieved from: <https://doi.org/10.31812/educdim.v40i0.3011> (in Ukrainian).
- [15] Hulchuk, B. L., Lisova, Yu. O., Papizhuk, V. O. (2025). Intehratsiia tsyfrovyykh instrumentiv u rozvytok krytychnoho myslennia pid chas navchannia inozemnykh mov [Integration of digital tools in the development of critical thinking during foreign language teaching]. *Pedagogical Academy: scientific notes*, № 14, pp. 1–19. Retrieved from: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14756230> (in Ukrainian).
- [16] Datsiuk, A. (2024). Vplyv tsyfrovyykh tekhnolohii na rozvytok krytychnoho myslennia zdobuvachiv vyshchoi osvity [The Impact of Digital Technologies on the Development of Critical Thinking in Higher Education Students]. *Grundlagen der modernen wissenschaftlichen forschung*. Retrieved from: <https://doi.org/10.36074/logos-13.12.2024.068> (in Ukrainian).
- [17] Anisichenko, V. M., Artiushyna, M. V., Herliand, T. M., Kulalaieva, N. V., Romanova, H. M., Shymanovskyi, M. M. (2019). Teoriia i praktyka proektnoho navchannia u profesiino-tekhnichnykh navchalnykh zakladakh [Theory and practice of project-based learning in vocational educational institutions: monograph]. Zhytomyr. Polissya. Retrieved from: <https://doi.org/10.32835/978-966-655-908-4/2019> (in Ukrainian).
- [18] Nanit (2025). Nanit Robot company blog. Retrieved from: <https://nanitrobot.com/blog>. (in Ukrainian).
- [19] DOU.UA (2024). Ukrainski startapy u viiskovii sferi za DOU.UA [Ukrainian startups in the military sector according to DOU.UA]. [Online]. Retrieved from: <https://dou.ua/lenta/projects/ukrainian-miltech-guide> (in Ukrainian).
- [20] Letseka, M. and Zireva, D. (2013). Thinking: Lessons from John Dewey's How We Think. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*. Retrieved from: <https://doi.org/10.5901/ajis.2013.v2n2p51>
- [21] Nadurak, V. (2023). Critical thinking: Concept and practice. *Filosofiya Osvity. Philosophy Educ.* Vol. 28. № 2. C. 129–147. Retrieved from: <https://doi.org/10.31874/2309-1606-2022-28-2-7>.
- [22] Butler, H. A. (2012). Halpern Critical Thinking Assessment predicts Real-World outcomes of critical thinking. *Applied Cognitive Psychology*. Vol. 26, no. 5, pp. 721–729. Retrieved from: <https://doi.org/10.1002/acp.2851>
- [23] Tern, S. O. (2009). Krytychne myslennia – suchasnyi vymir suspilnoznavechoi osvity [Critical Thinking: A Contemporary Dimension of Social Studies Education]. Zaporizhia: Prosvit, 2009 [in Ukrainian].
- [24] Konverskyi, A. Ye. (2024). Krytychne myslennia [Critical Thinking]. Kyiv : Center for Educational Literature [in Ukrainian].
- [25] Pometun, O. I. (2018). Krytychne myslennia yak pedahohichnyi fenomen [Critical Thinking as a Pedagogical Phenomenon]. *Ukrainian Pedagogical Journal*, № 2, pp. 89–98, 2018 [in Ukrainian].
- [26] Tsyrunyk, S. (2021). Software and hardware system “arduino learner kit”. *Open Educational E-Environ. Modern Univ.* № 10, C. 231–240. Retrieved from: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2021.1019>. [in Ukrainian].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Стратегія розвитку Індустрія 4.0 (2020). URL: <https://mautic.appau.org.ua/asset/42:strategia-rozvitku-4-0-v3.pdf>
- [2] Industry 4.0 (2024). IT-Enterprise – цифрова трансформація бізнес-процесів, ERP it.ua. URL: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/industry-4>
- [3] Міністерство цифрової трансформації України (2024). Стратегія цифрового розвитку інноваційної діяльності України до 2030 року. URL: <https://tinyurl.com/2x9aask2>
- [4] Hromadske (2024). Болісний пошук кадрів. Які професії нині в дефіциті в Україні та чому це так. URL: <https://hromadske.ua/ekonomika/241282-bolisnyy-poshuk-kadriv-yaki-profesiyyi-nyni-v-defitsyti-v-ukrayini-ta-chomu-tse-tak>
- [5] Kuzemko, L. (2020). Skills of the 21st century in the context of quality assurance of teacher professional training. *Pedagogical Education Theory and Practice Psychology Pedagogy*, no. 34, pp. 28–33. <https://doi.org/10.28925/2311-2409.2020.34.4>

- [6] Dori, Y. J. and Lavi, R. (2023). Teaching and assessing thinking skills and applying educational technologies in higher education. *Journal of Science Education and Technology*, vol. 32, no. 6, pp. 773–777. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10072-x>
- [7] Herwati, T. I., Basori, B., and Hatta, P. (2020). Exploration of Critical Thinking Skills in Digital Citizenship course through Online learning. *IJIE (Indonesian Journal of Informatics Education)*, vol. 4, no. 1, p. 17. <https://doi.org/10.20961/ijie.v4i1.44580>
- [8] Gómez, D. L. J., Maestre, A. J. Á., Trujillo, A. E. P., Fuentes, C. A. P., Ortiz, D. H. B., and Alarcón, R. K. S. (2025). Determining factors for the development of critical thinking in higher education. *Journal of Intelligence*, vol. 13, no. 6, p. 59. <https://doi.org/10.3390/jintelligence13060059>
- [9] Lionenko, M. and Huzar, O. (2023). Development of critical thinking in the context of digital learning. *Economics & Education*, vol. 8, no. 2, pp. 29–35. <https://doi.org/10.30525/2500-946x/2023-2-5>
- [10] Shkvyr, O., Haidamashko, I., and Tafintseva, S. (2020). Developing critical thinking in younger pupils using ICT. *Brain broad research in artificial intelligence and neuroscience*, vol. 11, no. 2, pp. 230–242. <https://doi.org/10.18662/brain/11.2/85>
- [11] Chashechnikova, O., Odintsova, O., Hordienko, I., Danylchuk, O., and Popova, L. (2024). Innovative technologies for the development of critical thinking in students. *Revista Amazonia Investiga*, vol. 13, no. 81, pp. 197–213. <https://doi.org/10.34069/ai/2024.81.09.16>
- [12] Yakymenko, Y., Poplavko, Y., and Lavrysh, Y. (2020). Steam as a factor of individual systems thinking development for students of electronics speciality. *Advanced Education*, vol. 7, no. 15, pp. 4–11. <https://doi.org/10.20535/2410-8286.208315>
- [13] Prastyaningrum, I., Imansari, N., and Kholifah, U. (2023). Analysis of critical thinking skills and collaboration of electronic engineering education students in electrical machinery course. *IJIET (International Journal of Indonesian Education and Teaching)*, vol. 7, no. 1, pp. 114–120. <https://doi.org/10.24071/ijiet.v7i1.5091>
- [14] Потапова, О. (2014). До проблеми формування критичного мислення у студентів технічних ВНЗ під час вивчення математичних дисциплін. *Educational Dimension*, vol. 40, pp. 318–326. <https://doi.org/10.31812/educdim.v40i0.3011>
- [15] Гульчук, Б. Л., Лісова, Ю. О., Папіжук, В. О. (2025). Інтеграція цифрових інструментів у розвиток критичного мислення під час навчання іноземних мов. *Педагогічна Академія: наукові записки*. № 14. С. 1–19. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14756230>
- [16] Дацюк, А. (2024). Вплив цифрових технологій на розвиток критичного мислення здобувачів вищої освіти. *Grundlagen der modernen wissenschaftlichen forschung*. <https://doi.org/10.36074/logos-13.12.2024.068>
- [17] Аніщенко, В. М., Артюшина, М. В., Герлянд, Т. М., Кулалаєва, Н. В., Романова, Г. М., Шимановський, М. М. (2019). *Теорія і практика проектного навчання у професійно-технічних навчальних закладах: монографія*. Житомир. Полісся. <https://doi.org/10.32835/978-966-655-908-4/2019>
- [18] Nanit (2025). Nanit Robot company blog. URL: <https://nanitrobot.com/blog>
- [19] DOU.UA (2024). Українські стартапи у військовій сфері за DOU.UA. URL: <https://dou.ua/lenta/projects/ukrainian-miltech-guide>
- [20] Letseka, M. and Zireva, D. (2013). Thinking: Lessons from John Dewey's How We Think. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*. <https://doi.org/10.5901/ajis.2013.v2n2p51>
- [21] Nadurak, V. (2023). Critical thinking: Concept and practice. *Filosofiya Osvity. Philosophy Educ.* T. 28. № 2. С. 129–147. <https://doi.org/10.31874/2309-1606-2022-28-2-7>
- [22] Butler, H. A. (2012). Halpern Critical Thinking Assessment predicts Real-World outcomes of critical thinking. *Applied Cognitive Psychology*. Vol. 26, no. 5, pp. 721–729. <https://doi.org/10.1002/acp.2851>
- [23] Терн, С. О. (2009). *Критичне мислення – сучасний вимір суспільнознавчої освіти*. Запоріжжя : Просвіта.
- [24] Конверський, А. Є. (2024). *Критичне мислення*. Київ : Центр навч. літ.
- [25] Пометун, О. І. (2018). Критичне мислення як педагогічний феномен. *Укр. пед. журн.* № 2. С. 89–98.
- [26] Tsyulnyk, S. (2021). Software and hardware system “arduino learner kit”. *Open Educational E-Environ. Modern Univ.* № 10, С. 231–240. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2021.1019>

© Цирульник С. М., Марцева Л. А., Марцев О. М.
 Дата надходження статті до редакції: 09.11.2025
 Дата затвердження статті до друку: 27.11.2025
 Опубліковано: 30.12.2025

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0