

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ТА ПРОГРАМ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН З УРАХУВАННЯМ СУЧАСНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Д. т. н. А. П. Бондарев, к. т. н. А. Я. Бенч, к. т. н. А. В. Мащак

Національний університет «Львівська політехніка»

Україна, м. Львів

bondar@ukr.net, andrii.y.bench@lpnu.ua, himakus@gmail.com

Зроблено огляд етапів розвитку технології Інтернету речей та сучасних технічних тенденцій у цій сфері. Також представлено розроблену методiku підготовки адаптивних до технологічних змін фахівців та результати застосування цієї методики, описано навчальні предмети, які мають на меті ознайомити студентів з сучасними програмованими системами на кристалі та іншими засобами технології Інтернету речей. Наведено результати застосування цієї методики.

Ключові слова: Інтернет речей, програмно-апаратні засоби, програмовані системи на кристалі.

Інтернет речей (Internet of Things, IoT) — це новітня технологія, що виникла на перетині схемотехніки, телекомунікацій та інформатики та успадкувала і примножила досягнення і недоліки цих технічних галузей. Згідно із прогнозом надочікувань Gartner [1] технологія IoT після “піку очікувань” зараз знаходиться на етапі “позбавлення від ілюзій”, що проявляється у зменшенні кількості публікацій у цій галузі, хибній впевненості, що основні досягнення вже позаду, та зниженні привабливості цього напрямку підготовки майбутніх фахівців. Проте потужності мікроелектронної елементної бази та пропускні здатності мереж зв’язку невпинно зростають. У галузі стандартизації засобів IoT зараз спостерігається етап формування та наявність різноманітних часткових стандартів, а на момент появи узгодженого стандарту (2022—2025 рр.) на ринку не буде потрібних фахівців. Окремі особливості притаманні методам підготовки фахівців з мікропроцесорної техніки та інформатики. Традиційно студенти вивчають один тип процесора або контролера (i80x, i51) із їхнім Асемблером та програмування мовою високого рівня (як правило C) для універсального комп’ютера, не приділяючи уваги алгоритмам реального часу та функціональному програмному забезпеченню.

Такі особливості сучасного та перспективного етапів розвитку IoT породжують протиріччя між величезним різноманіттям номенклатури контролерів і периферійних пристроїв, підвищеною складністю і гнучкістю їхньої внутрішньої структури, надзвичайною обчислювальною потужністю контролерів та пропускною здатністю мереж зв’язку з одного боку та здатністю проєктанта або колективу проєктантів застосувати ці можливості у предметній області за умов обмеженого часу розробки. Також наявне протиріччя між швидкістю технологічних змін платформ IoT та тривалістю підготовки або перепідготовки фахівців. Ці протиріччя переводять проблему підготовки фахівців із методичної площини у суттєво технічну, від якої залежить сенс існування таких технологій, як IoT.

Метою цієї роботи є демонстрація методики підготовки швидко адаптивних до технологічних змін фахівців з проєктування засобів і систем IoT та результатів застосування цієї методики.

Технологія IoT, як і будь-яка інша, проходить кілька стадій розвитку відповідно до досліджень Gartner [1] (рис. 1) — технологічний тригер (technology trigger), пік надмірних очікувань (peak of inflated expectations), позбавлення від ілюзій (trough of disillusionment), подолання недоліків (slope of enlightenment), плато продуктивності (plateau of productivity). Інтернет речей знаходився на етапі технологічного тригера (старту) у 2012 році, на піку надмірних очікувань — у 2013-му, а плато продуктивності досягне близько 2022 року. У той же час, платформи для побудови IoT знаходились на етапі технологічного тригера в 2015 році, пересунулись в область піку надмірних очікувань в 2017-му та досягнуть області плато продуктивності близько 2025 року. Одночасно з цим, згідно зі схемою розвитку IoT пристроїв [2] у 2015 році почався етап мініатюризації, створення енергоефективних пристроїв та розвитку комбінованих алгоритмів обробки даних (sensor fusion).

Отже, орієнтовно після 2022—2025 років спостерігатиметься різкий ріст потреби в IoT-фахівцях. Щоби бути готовими до цього, ми почали підготовку таких спеціалістів із 2015 року.

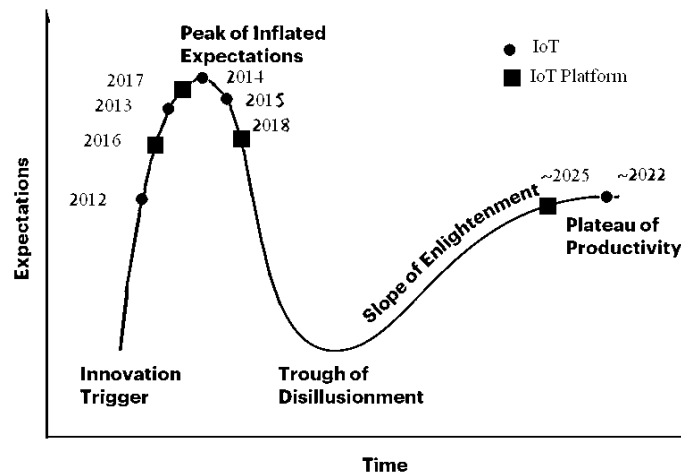


Рис. 1. Стадії розвитку IoT та платформ IoT на кривій надочікувань Gartner [1]

Складнощі були зумовлені тим, що традиційно схемотехніку і телекомунікації, з одного боку, та інформатику і методи накопичення та обробки великих обсягів даних, з іншого, викладали викладачі з різних інститутів Університету. Крім того, вже наявна широка номенклатура процесорів та однокристальних контролерів (Intel i80, Atmel, Atmega, AVR, ATM, i8051, RISK, PIC, Arduino) розпошувала зусилля з вивчення як апаратної частини, так і програмування та відповідних оболонок.

Для якісної підготовки спеціалістів, здатних проектувати «Речі» для Інтернету речей та використовувати готові рішення, була розроблена відповідна методика. У основу методики покладено три аспекти. По-перше, неперервне (з 2 по 5 курс) вивчення і застосування програмування для IoT. По-друге, одночасне вивчення макро- і мікросхемотехніки та особливостей програмування. По-третє, пріоритет предметної області (зовнішньої технічної задачі) над конкретними варіантами апаратної та програмної реалізації. За базову платформу була прийнята плата PSoC 4 Pioneer Kit з ядром Cortex M0 розробки фірми Cypress.

Для втілення цієї методики до навчальних планів додано дві навчальні дисципліни — програмування апаратних засобів та проектування програмно-апаратних систем.

Курс програмування програмно-апаратних засобів [3, 4] орієнтований на вивчення мови C для вбудованих систем, методів отримання та обробки даних. Основну увагу присвячено особливостям програмування контролерів, на які не зважають у традиційних курсах інформатики, а саме на використання внутрішнього представлення даних, застосування переривань та табличного керування, вивчення методів програмування для реального часу (затримки, синхронізація) та урахування обмежених ресурсів пам'яті і часу для виконання програм. Окремий розділ курсу присвячено взаємодії програми із різноманітними периферійними аналоговими та цифровими пристроями, вбудованими у кристал PSoC 4. Це порти вводу/виведення, лічильники, таймери із широтноімпульсною модуляцією, пристрої керування індикаторами, операційні підсилювачі, цифро-аналогові та аналого-цифрові перетворювачі. Практична складова курсу передбачає розробку закінченого проекту, складовими якого є апаратна конфігурація та повний цикл розробки програмного забезпечення.

Курс проектування програмно-апаратних систем розділений на три блоки: сенсори та актуатори, архітектура Інтернету речей, протоколи обміну даними [5]. Під час вивчення цього курсу студенти забезпечують взаємодію плат PSoC із різноманітними сенсорами, актуаторами та організують обмін даними між пристроями та персональними комп'ютерами/смартфонами/хмарою. Особлива увага приділена зв'язку між пристроями через радіоканал та використанню ними стандартних технологій телекомунікації (Bluetooth, WiFi, Internet).

Експериментальна апробація, проведена із контрольними групами студентів 3 та 4 курсів навчання, показала їхню достатню адаптивність. Самостійне освоєння нової (невідомої раніше студентам) платформи займало менше тижня, а фактично — до п'яти занять по 90 хвилин. У ході апробації були розроблені закінчені IoT-проекти, представлені на рис. 2.

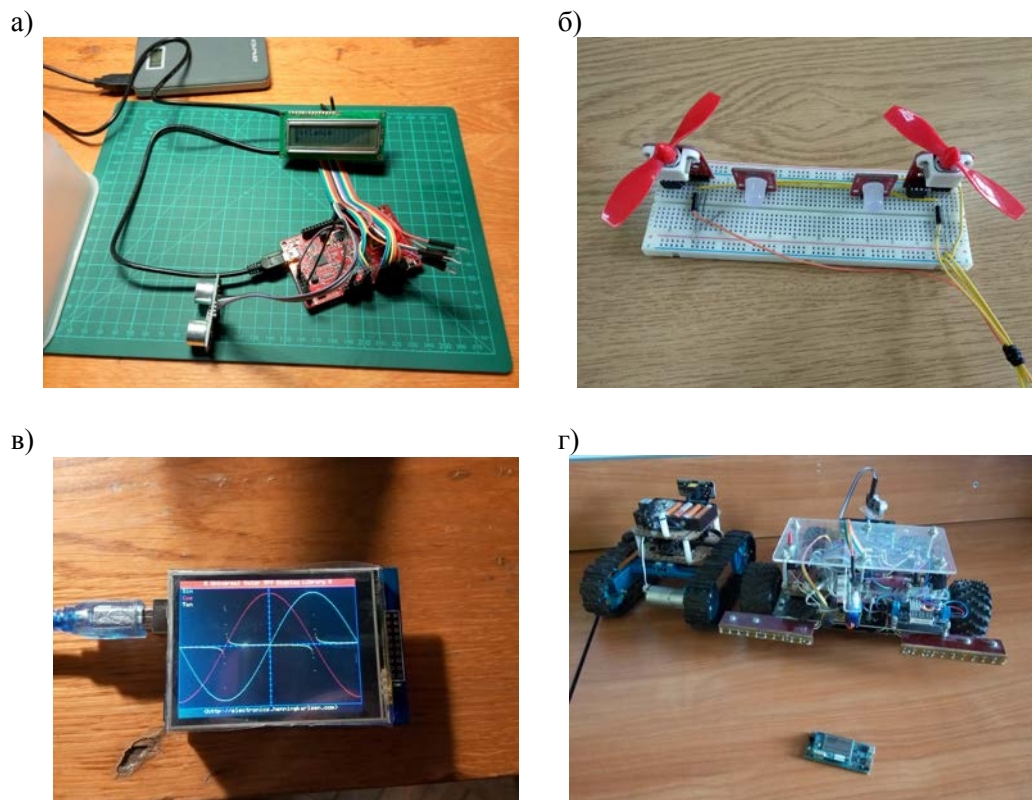


Рис. 2. Проекти студентів: сонар (а), радіокерований вентилятор (б), інтелектуальний осцилограф (в), автономні радіокеровані роботи (г).

Таким чином, розроблені на підставі аналізу кривих надочікувань Gartner навчальні курси та їхня апробація дозволяють готувати спеціалістів, здатних своєчасно реагувати на перспективні технологічні виклики ринку IoT. Отримані результати щодо підготованих за цими курсами спеціалістів показали їхню працездатність та відповідність сучасним вимогам незалежно від динаміки можливих технологічних змін платформ IoT.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Цикл надочікувань : [Електронний ресурс] // Вікіпедія : вільна енциклопедія. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D0%BA%D0%BB_%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D1%87%D1%96%D0%BA%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%8C
2. Technology roadmap: Internet of things: [Електронний ресурс] // Wikipedia : The free encyclopedia. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things#/media/File:Internet_of_Things.svg
3. Бондарев А.П., Кулик І.В., Мащак А.В. Програмування апаратних засобів: конспект лекцій для студентів спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка». — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017.
4. PSoC 4200 Family Datasheet (38 pages) - www.cypress.com/file/138656
5. Бенч А.Я., Бондарев А.П., Маньковський С.В., Проектування програмно-апаратних систем: конспект лекцій для студентів спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка». – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017.

A. P. Bondariev, A. Ya. Bench, A. V. Mashchak

Development of teaching methods and programs of educational disciplines in view of modern development of Internet of Things technology

The paper presents an overview of the stages of Internet of Things technology development and modern technical trends in this area. The developed methodology of training of specialists, adaptive to technological changes, educational subjects, which are aimed at acquainting students with modern means and systems of Internet of things technology, and the results of the application of this technique are presented.

Keywords: IoT, embedded systems, embedded programming, SoC, PSoC.