

ỨNG DỤNG WOKWI VÀ EDGE AI TRONG GIẢNG DẠY HỌC PHẦN INTERNET OF THINGS VỀ CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ, ĐỘ ẨM DHT11

Trần Lê Chân

Khoa Sư phạm Toán – Tin, Trường Sư Phạm

Email: tlchan@dthu.edu.vn

Tóm tắt: Chuyển đổi số trong giáo dục đại học những năm gần đây đã thúc đẩy sự xuất hiện của các mô hình phòng thí nghiệm ảo và giải pháp học tập thông minh. Đặc biệt, các môn học thuộc lĩnh vực Internet of Things (IoT) đòi hỏi sinh viên phải vừa nắm vững lý thuyết, vừa có khả năng thực hành với phần cứng thực tế. Bài báo này đề xuất và triển khai phương pháp giảng dạy tích hợp nền tảng mô phỏng Wokwi và công nghệ trí tuệ nhân tạo tại biên (Edge AI) dựa trên TensorFlow Lite trong bài học về cảm biến nhiệt độ–độ ẩm DHT11. Mô hình giảng dạy mới chuyển đổi hoàn toàn từ phòng thí nghiệm vật lý truyền thống sang mô hình thực hành lai (hybrid virtual–physical), tăng khả năng mở rộng, giảm chi phí phần cứng, đồng thời nâng cao năng lực thiết kế hệ thống thông minh cho sinh viên.

Từ khóa: chuyển đổi số giáo dục; Wokwi; Edge AI; TensorFlow Lite; Internet of Things; DHT11; phòng thí nghiệm ảo; học máy tại biên.

APPLICATION OF WOKWI AND EDGE AI IN TEACHING THE INTERNET OF THINGS COURSE ON DHT11 TEMPERATURE AND HUMIDITY SENSORS

Abstract: Digital transformation in higher education in recent years has promoted the emergence of virtual laboratory models and smart learning solutions. In particular, courses in the field of the Internet of Things (IoT) require students to both master theoretical knowledge and develop practical skills with real hardware. This article proposes and implements a teaching method that integrates the Wokwi simulation platform and Edge Artificial Intelligence (Edge AI) technology based on TensorFlow Lite in a lesson on the DHT11 temperature and humidity sensor. The new teaching model shifts from a traditional physical laboratory to a hybrid virtual–physical practice model, thereby increasing scalability, reducing hardware costs, and enhancing students' ability to design intelligent systems.

Keywords: digital transformation in education; Wokwi; Edge AI; TensorFlow Lite; Internet of Things; DHT11; virtual laboratory; edge machine learning.

Nhận bài: 21/03/2026

Phản biện: 21/04/2026

Duyệt đăng: 25/04/2026

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các môn học về Internet of Things (IoT) truyền thống thường dựa vào phòng thí nghiệm vật lý với phần cứng đắt đỏ, khó bảo trì và giới hạn về số lượng. Điều này dẫn đến sự chênh lệch đáng kể trong mức độ tiếp cận và tốc độ thực hành của sinh viên. Trong bối cảnh chuyển đổi số giáo dục và sự phát triển mạnh mẽ của các nền tảng mô phỏng, việc tái cấu trúc các phòng thí nghiệm theo hướng ảo hóa và thông minh trở thành nhu cầu cấp thiết.

Bài báo này giới thiệu cách tích hợp Wokwi – nền tảng mô phỏng phần cứng chính xác cấp chu kỳ – với công nghệ Edge AI thông qua TensorFlow Lite for Microcontrollers để giảng dạy cảm biến DHT11. Mục tiêu là xây dựng một mô hình học tập hiện đại, linh hoạt, tối ưu chi phí và có khả năng mở rộng cho các lớp học đông sinh viên.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết và công nghệ nền tảng

2.1.1. Wokwi – nền tảng mô phỏng phần cứng chính xác cấp chu kỳ

Wokwi là nền tảng mô phỏng phần cứng trực tuyến được thiết kế để hỗ trợ lập trình hệ thống nhúng theo mô hình “emulator thời gian thực”, tái hiện hoạt động của vi điều khiển và linh kiện ngoại

vi với độ chính xác cấp chu kỳ. Khác với các trình mô phỏng truyền thống chỉ mô phỏng hành vi ở mức logic cao (high-level simulation), Wokwi mô phỏng trực tiếp các tín hiệu điện tử dạng waveform và timing theo đúng đặc tính của phần cứng thật (Wokwi Docs, 2025, tr. 12–18). Điều này giúp việc kiểm thử phần mềm nhúng đạt độ chính xác gần tương đương với thử nghiệm trên phòng thí nghiệm vật lý.

Hệ sinh thái Wokwi hỗ trợ nhiều nền tảng phần cứng phổ biến như Arduino Uno/Pro Mini (ATmega328P), ESP32/ESP32-S3 (Arduino/ESP-IDF), Raspberry Pi Pico/Pico W (C++/MicroPython) cùng hơn 200 loại linh kiện ngoại vi. Đặc biệt, Wokwi mô phỏng chính xác giao thức 1-Wire của cảm biến nhiệt độ – độ ẩm DHT11 theo đúng đặc tả của Aosong Electronics (2025), bao gồm:

- Tín hiệu khởi tạo 18 ms từ vi điều khiển,
- 80 μ s phản hồi mức thấp và 80 μ s mức cao từ DHT11,
- Chu kỳ truyền từng bit dài 50 μ s,
- Phân biệt bit “0” (26–28 μ s) và bit “1” (70 μ s) dựa trên độ rộng mức cao (Aosong, 2025, tr. 4–7).

Sinh viên có thể quan sát dạng sóng thời gian thực thông qua oscilloscope ảo giúp việc phân tích lỗi trở nên trực quan, đặc biệt trong các tình huống sai chu kỳ hoặc xử lý bit không chính xác. Theo Wokwi Docs (2025, tr. 14–15), nền tảng này hỗ trợ mô phỏng chính xác tới mức cho phép kiểm tra các hàm xử lý ngắt (interrupt-driven) hoặc timing tinh vi như “busy-wait delay” với sai số dưới 1 μ s. Ngoài ra, Wokwi mang lại các lợi ích sư phạm quan trọng:

- Tính lặp lại thí nghiệm (repeatability): mọi tín hiệu luôn ổn định \rightarrow dễ so sánh kết quả giữa sinh viên.

- Không giới hạn phần cứng: mỗi sinh viên có thể mô phỏng nhiều mạch song song.

- Triển khai cực nhanh: không cần lắp dây, tránh lỗi khi thực hành DHT11

- Chia sẻ dự án tức thời: giảng viên có thể kiểm tra tiến độ trực tuyến.

- Với các ưu điểm trên, Wokwi đóng vai trò như một phòng thí nghiệm ảo chi tiết, hỗ trợ quá trình giảng dạy IoT theo mô hình hybrid hiện đại.

2.1.2. Edge AI và TensorFlow Lite trên thiết bị nhúng

Edge AI (trí tuệ nhân tạo tại biên) là hướng tiếp cận trong đó các mô hình học máy được triển khai và thực thi trực tiếp trên thiết bị IoT hoặc vi điều khiển, thay vì phụ thuộc vào hạ tầng đám mây. Theo Chen & Ran (2019, tr. 1658–1662), Edge AI giúp giảm độ trễ xử lý, tăng tính riêng tư dữ liệu và cho phép thiết bị hoạt động trong môi trường không có kết nối mạng. Đây là xu hướng tất yếu trong các hệ thống IoT thông minh từ năm 2023 trở đi.

Trong giáo dục hệ thống nhúng, việc đưa Edge AI vào bài học giúp người học không chỉ dừng lại ở mức đọc dữ liệu cảm biến mà còn biết cách: thu thập dữ liệu, huấn luyện mô hình, triển khai mô hình lên thiết bị, và đánh giá hiệu năng trực tiếp trên môi trường vận hành thật. Điều này rút ngắn khoảng cách giữa nội dung giảng dạy và công nghệ công nghiệp.

i) TensorFlow Lite (TFLite)

TensorFlow Lite là phiên bản rút gọn của TensorFlow, được Google phát triển nhằm hỗ trợ chạy mô hình học máy trên thiết bị hạn chế tài nguyên. Theo TensorFlow Authors (2025, tr. 33–49), TFLite áp dụng các kỹ thuật tối ưu như lượng tử hóa (int8/full-integer quantization), nén trọng số (weight clustering) và tối ưu kernel để giảm kích thước mô hình từ 3 đến 8 lần mà không ảnh hưởng lớn đến độ chính xác. TFLite đặc biệt phù hợp cho các bài toán:

- Phân loại cảm biến,

- Dự đoán chuỗi thời gian (temperature forecasting),

- Phát hiện bất thường môi trường (environmental anomaly detection),

- Phân vùng dữ liệu (k-means, PCA nhẹ).

ii) TensorFlow Lite for Microcontrollers (TFLM)

TFLM là phiên bản tối ưu hóa sâu cho các bộ vi điều khiển không có hệ điều hành (bare-metal). Theo Abadi và cộng sự (2024, tr. 8–15), TFLM có thể chạy mô hình kích thước 50–500 KB, yêu cầu RAM từ 8–120 KB, phù hợp với các nền tảng giá rẻ phổ biến trong lớp học như ESP32-S3 hoặc Raspberry Pi Pico W. Một số đặc điểm nổi bật:

- Không cần hệ điều hành, mô hình chạy theo vòng lặp chính (main loop).

- Độ trễ thấp (<100 ms) với đầu vào 2–6 thuộc tính, phù hợp cho bài toán DHT11.

- Tối ưu nhân xử lý ma trận cho kiến trúc Xtensa (ESP32) và ARM Cortex-M0/M4 (RP2040, STM32).

- Tiết kiệm năng lượng, quan trọng trong các bài thực hành thiết bị chạy pin.

iii) Vai trò trong giảng dạy cảm biến DHT11

Khi áp dụng vào bài học DHT11, Edge AI cho phép sinh viên thực hiện được các tính năng như:

- Xây dựng mô hình phát hiện bất thường nhiệt độ, độ ẩm từ dữ liệu thu trong lớp,

- Đóng gói mô hình thành file .tflite,

- Triển khai lên ESP32 hoặc Pico W chỉ với một bộ kernel tối thiểu,

- Đánh giá độ tin cậy mô hình theo thời gian thực.

Điều này mở rộng phạm vi bài học từ “đọc dữ liệu cảm biến” sang “xây dựng hệ thống IoT thông minh”.

2.2. Quy trình triển khai giảng dạy

Để triển khai ứng dụng giảng dạy tích hợp nền tảng mô phỏng Wokwi và công nghệ trí tuệ nhân tạo tại biên, chúng tôi đưa ra quy trình triển khai giảng dạy được tiến hành qua 3 bước: (1) Làm quen giao thức và tín hiệu DHT11 trên Wokwi, (2) Tích hợp Edge AI – Nhận diện bất thường, (3) Thực hiện dự án thông qua chủ đề “Nhà kính thông minh Edge AI”.

- *Bước 1:* Làm quen giao thức và tín hiệu DHT11 trên Wokwi

Sinh viên được cung cấp dự án mẫu trên Wokwi. Tại đây, sinh viên có thể quan sát dạng sóng 1-Wire qua oscilloscope ảo, thực thi mã và hiểu rõ cách truyền 40 bit dữ liệu của cảm biến DHT11 trước khi tiếp xúc phần cứng thật.

- *Bước 2:* Tích hợp Edge AI – Nhận diện bất thường

Sinh viên được hướng dẫn xây và triển khai trên thiết bị biên thông qua TensorFlow Lite. Mẫu mã nguồn (MicroPython – ESP32/Pico W):

```

# DHT11 + Edge AI anomaly detection
import machine, time, dht, network
import numpy as np
from tflite_runtime.interpreter import Interpreter
sensor = dht.DHT11(machine.Pin(4))
interpreter =
Interpreter(model_path="anomaly_model.tflite")
interpreter.allocate_tensors()
input_det = interpreter.get_input_details()
output_det = interpreter.get_output_details()
def read_and_infer():
    try:
        sensor.measure()
        temp = sensor.temperature()
        hum = sensor.humidity()
        input_data = np.array([[temp, hum]],
dtype=np.float32)
        interpreter.set_tensor(input_det[0]['index'],
input_data)
        interpreter.invoke()
        score =
interpreter.get_tensor(output_det[0]['index'])[0][0]
        print(f"T: {temp:.1f}°C H: {hum:.1f}% Score:
{score:.3f}")
        if score > 0.70:
            print(">>> CẢNH BÁO: Phát hiện bất thường!")
    except OSError:
        print("Lỗi đọc cảm biến")
while True:
    read_and_infer()
    time.sleep(5)

```

- *Bước 3:* Thực hiện dự án nhóm "Nhà kính thông minh Edge AI"

Dự án “Nhà kính thông minh Edge AI” hướng đến mô hình hóa một hệ sinh thái nông nghiệp số hóa, trong đó cảm biến, bộ điều khiển và thuật toán học máy được triển khai trực tiếp tại biên để đảm bảo tính tự chủ và độ trễ thấp. Quy trình triển khai được cấu trúc gồm ba bước nhằm đảm bảo tính khoa học, khả năng tái lập và hiệu quả vận hành.

(1) Mô phỏng hạ tầng cảm biến – điều khiển trên Wokwi: Giai đoạn này tập trung xây dựng mô hình nhà kính với các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng và mô-đun điều khiển quạt, máy phun sương hoặc đèn LED. Wokwi cho phép thiết kế sơ đồ mạch, biểu diễn tín hiệu và kiểm thử logic phần cứng trong thời gian thực, tạo nền tảng vững chắc cho việc tích hợp AI.

(2) Tích hợp Edge AI vào vi điều khiển: Các mô hình AI nhẹ (TinyML) được huấn luyện ngoại tuyến bằng dữ liệu môi trường và sau đó triển khai lên vi điều khiển (như ESP32). Edge AI giúp hệ thống tự dự đoán xu hướng vi khí hậu, tự điều chỉnh thông gió – tưới tiêu mà không cần phụ thuộc hoàn toàn vào kết nối đám mây, từ đó tăng tính bền vững và độ an toàn vận hành.

(3) Hiệu chỉnh và đánh giá theo tiêu chuẩn thử nghiệm: Hệ thống được kiểm định thông qua bộ kịch bản mô phỏng đa điều kiện để đánh giá độ ổn định, độ chính xác và mức tiêu thụ năng lượng. Các tham số vận hành được tinh chỉnh nhằm tối ưu hóa phản hồi thời gian thực, hướng đến khả năng mở rộng cho các mô hình nông nghiệp thông minh quy mô lớn.

III. KẾT LUẬN

Sự kết hợp giữa Wokwi và Edge AI đã tạo nên bước chuyển mang tính hệ hình trong giảng dạy

IoT, đặc biệt ở chuyên đề cảm biến DHT11. Mô hình hybrid virtual-physical giúp giảng viên tinh giản đáng kể khâu chuẩn bị thiết bị, đồng thời giảm áp lực chi phí phân cứng. Đối với sinh viên, môi trường mô phỏng – thực nghiệm tích hợp

này mở rộng biên độ sáng tạo, tăng khả năng chủ động khám phá và nâng cao kỹ năng phân tích, xử lý vấn đề theo chuẩn tiếp cận của các phòng thí nghiệm hiện đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Wokwi Docs. (2025). “DHT11 Emulator – Timing Analysis and Verification”
- Aosong Electronics Co., Ltd. (2025). “DHT11 Temperature & Humidity Sensor Datasheet” Guangzhou, China.
- Nguyễn Văn Anh & Nguyễn Văn Tám. (2023). “Chuyển đổi số trong giáo dục đại học kỹ thuật Việt Nam: Thực trạng và giải pháp”. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội
- TensorFlow Authors. (2025). “TensorFlow Lite for Microcontrollers Guide
- Chen, J., & Ran, X. (2019). “Deep Learning with Edge Computing: A Review. Proceedings of the IEEE”
- Abadi, M., et al. (2024). “TensorFlow Lite Micro: Embedded Machine Learning for Tiny Devices”.