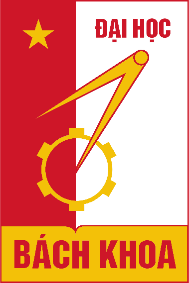
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
**TRƯỜNG ĐIỆN- ĐIỆN TỬ**



**BÁO CÁO MÔN HỌC**

**NHẬP MÔN ĐIỆN TỬ VIỄN THÔNG**

**ĐỀ TÀI : THIẾT BỊ THEO DÕI CHẤT LƯỢNG NƯỚC**

**Giáo viên hướng dẫn:** **PGS.TS Nguyễn Đức Minh**

**Họ và tên sinh viên thực hiện:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| STT | Họ và tên | MSSV |
| 1 | Đinh Quốc An | 20210003 |
| 2 | Hoàng Nguyễn Huy Tùng | 20210910 |
| 3 | Bùi Đức Công Vinh | 20210969 |
| 4 | Đỗ Trang Đức Duy | 20213692 |
| 5 | Nguyễn Công Vinh | 20213738 |

Hà Nội, 08 - 2022

**MỤC LỤC**

[1. Giới thiệu 5](#_Toc112412528)

[1.1. Tổng quan 5](#_Toc112412529)

[1.2. Mục tiêu & phạm vi 5](#_Toc112412530)

[1.3. Nghiên cứu các phương pháp đã có 6](#_Toc112412531)

[2. Tiêu chí thiết kế 7](#_Toc112412532)

[2.1. Chỉ tiêu chức năng 7](#_Toc112412533)

[2.2. Chỉ tiêu phi chức năng 7](#_Toc112412534)

[3. Cấu trúc 8](#_Toc112412535)

[3.1 Cấu trúc thiết bị 8](#_Toc112412536)

[Cảm biến: 8](#_Toc112412537)

[MCU 9](#_Toc112412538)

[Thingspeak 10](#_Toc112412539)

[3.2 Sơ đồ khối tổng thể 12](#_Toc112412540)

[Sơ đồ khối của thiết bị 12](#_Toc112412541)

[Sơ đồ thuật toán 12](#_Toc112412542)

[4. Triển khai thực hiện 14](#_Toc112412543)

[4.1. Cấu trúc phần cứng 14](#_Toc112412544)

[Tổng quan phần cứng 14](#_Toc112412545)

[Cảm biến 14](#_Toc112412546)

[MCU 16](#_Toc112412547)

[4.2. Cấu trúc dữ liệu & chương trinh 16](#_Toc112412548)

[Cấu trúc dữ liệu 16](#_Toc112412549)

[Chương trình 16](#_Toc112412550)

[Code 17](#_Toc112412551)

[5. Kiểm tra/ Thử nghiệm 19](#_Toc112412552)

[5.1. Cả hai cảm biến để ngoài không khí 19](#_Toc112412553)

[5.2. Cảm biến trong dung dịch nước muối sinh lý 0.9% 20](#_Toc112412554)

[5.3. Dung dịch vệ sinh tay GP-Handrub 21](#_Toc112412555)

[5.4. Nước máy lấy từ vòi ở nhà 22](#_Toc112412556)

[5.5. Thử nghiệm hệ thống gửi mail cảnh báo 23](#_Toc112412557)

[6. Kết luận 24](#_Toc112412558)

[7. Tài liệu tham khảo và trích dẫn 25](#_Toc112412559)

# Giới thiệu

## Tổng quan

Hiện nay, tình trạng ô nhiễm nguồn nước đã gây ảnh hưởng xấu đến sức khỏe, đời sống và sinh hoạt của người dân. Có rất nhiều nguyên nhân dẫn đến ô nhiễm nguồn nước, có thể do người dân thiếu ý thức, vứt rác bừa bãi ra sông hồ. Hoặc cũng có thể là do các xí nghiệp, nhà máy chưa chú trọng đến việc xử lý chất thải, xả chất thải trực tiếp ra sông ngòi, điển hình là vụ Formosa vào năm 2016.

Shape

Description automatically generatedA picture containing pie chart

Description automatically generatedDiagram

Description automatically generatedText

Description automatically generatedVề mức độ nhận thức của mọi người với các vấn đề về nước, một khảo sát đã cho thấy rằng:

Qua khảo sát có thể thấy rằng, mức độ quan tâm của mọi người với các vấn đề về ô nhiễm và bảo vệ nguồn nước là rất lớn.

Vì vậy, nhóm chúng em đã sáng tạo ra sản phẩm có thể giúp cho người dùng biết được mức độ ô nhiễm của nguồn nước tại một thời điểm nào đó như thế nào.

## Mục tiêu & phạm vi

**What:** Người dân không biết mức độ ô nhiễm của nguồn nước như thế nào, có an toàn để sử dụng không.

**Why:** Ta có thể thấy rằng việc theo dõi và quản lý chất lượng nguồn nước là cấp thiết để có thể đưa ra giải pháp kịp thời, tránh để tình trạng này diễn biến lâu dài.

**Who:** Những người sẽ trực tiếp vận hành và sử dụng thiết bị này sẽ là những đơn vị cung cấp nước sạch, những đơn vị quản lý môi trường và những đơn vị quản lý những công trình liên quan đến nước như thủy điện, nghỉ dưỡng, du lịch,…

**When:** Có rất nhiều yếu tố gây ô nhiễm nguồn nước và chúng có thể xảy ra bất cứ lúc nào, vì vậy thiết bị sẽ cần hoạt động 24/7 để có thể nhanh chóng tìm ra nguồn gốc ô nhiễm.

**Where:** Như đã nêu ở trên, thiết bị sẽ cần được sử dụng ở những điểm cấp nước sinh hoạt, những đơn vị quản lý môi trường và những công trình sử dụng nước.

**How:** Thiết bị sẽ sử dụng những cảm biến để đo các thông số lí – hóa nhiệt của nước theo thời gian thực, sau đó số liệu sẽ được hiển thị cho người dùng.

## Nghiên cứu các phương pháp đã có

WaterBot: Sử dụng Wifi kết nối đám mây để triển khai đo khối lượng chất tan trong nguồn nước theo thời gian thực. Tuy gần gũi với người dùng, dự án không có quá nhiều thông tin về sản phẩm của họ và có vẻ đã ngừng cập nhật từ năm 2019.  
 https://waterbot.com/home.

WQMS DP0000K: Một thiết bị chất lượng cao với khả năng đo được rất nhiều chỉ số của nước như nhiệt độ, pH, oxy hòa tan, độ đục, độ dẫn điện. Tuy nhiên, giá thành của thiết bị khá cao ở mức $4422,08 (103.543.003đ). https://www.ysi.com/wqms.

# Tiêu chí thiết kế

## Chỉ tiêu chức năng

Xác định được các thông số của nguồn nước thông qua các phép đo thực hiển bới máy theo dõi chất lượng nước, rồi sử dụng dữ liệu đó đưa ra các cảnh báo về chất lượng nước lên server.

***Input***

Nhiệt độ: 0 ~55°C, sai số ±0.5°C.

Chất rắn bão hoà : 0 ~ 50000ppm, sai số ± 10% FullScale. (25 ℃).

***Output***

Chỉ số hiển thị cho người đọc qua biểu đồ & cảnh báo về chất lượng nước.

***Mối quan hệ giữa Input & Output***

Khi giá trị chất rắn bão hòa > 500ppm, hoặc nhiệt độ trên 40oC thì gửi cảnh báo cho người dùng.

## Chỉ tiêu phi chức năng

|  |  |
| --- | --- |
| **Kích thước** | Hình hộp chữ nhật 150 x 90 x 60 (mm) |
| **Khối lượng khô** | <= 2 kg |
| **Vật liệu** | Vỏ bằng nhựa, mica, hoặc các vật liệu chống gỉ, chống nước |
| **Màu sắc** | Màu sáng, dễ nhìn thấy, nổi bật với môi trường xung quanh |
| **Năng lượng tiêu thụ** | <= 5W |
| **Môi trường hoạt động** | Nơi có nhiều nước, độ ẩm cao, áp suất cao |
| **Hiệu năng** | Gửi thông tin sau mỗi 500 ms, thực hiện đo liên tục và đưa ra cảnh báo ngay lập tức cho người dùng |

**Bảng 2**

# Cấu trúc

## 3.1 Cấu trúc thiết bị

A picture containing text, device, gauge

Description automatically generatedDưới đây là sơ đồ khối tổng quát cơ bản

### Cảm biến:

#### Cảm biến nhiệt độ DS18B20

Input: nhiệt độ của nước trong khoảng 0C - 55C.

Output: giá trị nhiệt độ mã hõa dưới dạng tín hiệu điện, tương ứng với giá trị logic 0 hoặc 1.

A picture containing text, wall

Description automatically generatedỞ chế độ mặc định, output trả về sẽ có độ lớn là 12 bit, chia vào 2 ô nhớ byte có tên gọi là LSB và MSB. Ô LSB chứa 8 bit cuối cùng của giá trị nhiệt độ và được truyền trước, ô MSB chứa 3 bit còn lại của giá trị và 1 bit dấu (4 bit thừa ra của ô cũng được để theo bit dấu):

Table

Description automatically generatedDưới đây là một số giá trị ví dụ:

#### Cảm biến DFRobot Gravity TDS

Input: giá trị TDS trong khoảng 0 - 50000ppm.

Diagram, schematic

Description automatically generatedOutput: tín hiệu analog trong khoảng từ 0 - 2.3V.

Khác với cảm biến nhiệt độ, cảm biến TDS có output thuần là tín hiệu analog, được xử lý bởi bộ mạch đi kèm sau khi đo từ cực dò.

**Các bước xử lý tín hiệu analog để ra được giá trị TDS:**

- Đo nhiều lần giá trị điện thế của tín hiệu analog và đưa chúng vào một mảng đệm (khoảng 20 - 30 giá trị).

- Thực hiện thuật toán tìm số trung vị để chọn ra phần tử trung vị nằm giữa của mảng (avgV).

- Do giá trị TDS thay đổi theo nhiệt độ, ta cần phải tính giá trị điện thế phụ thuộc vào nhiệt độ (compV) qua công thức:

*compCoefficient = 1.0 + 0.02 \* (temperature - 25.0)*

*compV = avgVoltage / compCoefficient*

- Sau khi đã tính được compV, ta tính giá trị TDS theo công thức:

*tdsValue = (133.42 \* (compV)3 - 255.86 \* (compV)2 \*+ 857.39 \* compV) \* 0.5*

### MCU

*Input:* output từ các cảm biến.

*Output:* sóng điện từ ( WiFi theo chuẩn 802.11n ) tần số 2.4GHz.

Giao thức với Server: giao thức HTTP qua phương thức POST.

Khi đã tính toán xong các giá trị, MCU sẽ sử dụng module WiFi sẵn có của nó để gửi dữ liệu lên server qua phương thức POST của http.

Dữ liệu sẽ được gửi dưới dạng siêu văn bản như sau:

POST /echo/post/json HTTP/1.1

Authorization: Bearer mt0dgHmLJMVQhvjpNXDyA83vA\_Pxh33Y

Accept: application/json

Content-Type: application/json

Content-Length: 123

Host: thingspeak.com

{

"Id": 12345,

"temperature": "30.08",

"tdsValue": 0.24,

"ecValuee": 111

}

Khi nhận dữ liệu thành công, server sẽ phản hồi với mã 200 OK:

HTTP/1.1 200 OK

Content-Length: 19

Content-Type: application/json

{"success":"true"}

### Thingspeak

Thingspeak là một hệ thống phân tích IoT được phát triển bởi MathWorks (cũng là nhà phát triển của MATLAB), hỗ trợ việc thu nhận và phân tích dữ liệu IoT được gửi qua internet.

Server của Thingspeak giao tiếp với các thiết bị IoT qua REST API và giao thức HTTP. Ở phía thiết bị, người dùng chỉ cần thực hiện một yêu cầu POST là đã có thể gửi dữ liệu.

**Text

Description automatically generated with medium confidenceVí dụ về việc gửi yêu cầu POST***.*

Đoạn code trên có rất nhiều điểm tương đồng với đoạn code gửi yêu cầu POST thông thường của mảng lập trình web.

Graphical user interface, application, website

Description automatically generatedSau khi dữ liệu đã được gửi lên server, người dùng có thể lên client của Thingspeak và yêu cầu hiển thị dữ liệu dưới dạng biểu đồ.

**Giao diện người dùng của Thingspea**k

## 3.2 Sơ đồ khối tổng thể

### Diagram Description automatically generatedSơ đồ khối của thiết bị

### Sơ đồ thuật toán

Diagram

Description automatically generated*ESP32*

***Diagram

Description automatically generated****Thingspeak*

# Triển khai thực hiện

## Cấu trúc phần cứng

### Không có mô tả.Tổng quan phần cứng

**Hình 4.1. Sơ đồ liên kết**

### Cảm biến

*Cảm biến Nhiệt độ:*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Global Water WE700/WQ101 | DS18B20 |
| Hình ảnh | Global Water WE700/WQ101 Temperature Sensor | Đầu đo nhiệt độ DS18B20 |
| Giá thành | $300 ̴ $800 | $2 ̴ $5 |
| DC in | 10 ̴ 36V | 3 ̴ 5V |
| Độ lớn | -50oC 50oC | -55oC 125oC |
| Output | 4 20mA | 1.5 mA |
| Warm-up time | 5s | N/A |
| Nhiệt độ  môi trường | -50oC 100oC | N/A |

**Bảng 4.1**

Lựa chọn cảm biến DS18B20 vì có giá thành rẻ hơn, kích thước nhỏ gọn và tiết kiệm năng lượng.

*Cảm biến độ đục*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | SKU : SEN0189 | SKU : SEN0244 |
| Hình ảnh | Arduino Uno - SMD Botland - Robotic Shop | Analog TDS Sensor - Micro Robotics |
| Giá thành | $10 ̴ $20 | $5 ̴ $15 |
| DC in | 5V | 3,3 ̴ 5,5V |
| A max | 40mA | 6mA |
| Output | 0 ̴ 4.5V (analog) | 0 ̴ 2,3V (analog) |
| Thời gian phản hồi | <500ms | <500ms |
| Nhiệt độ  môi trường | 5oC 90oC | <55oC |

**Bảng 4.2**

Theo bảng số liệu 4.2 có thể thấy SKU:SEN0189 có dải nhiệt độ lớn hơn. Tuy nhiên SKU:SEN0244 lại có giá thành rẻ hơn đồng thời tiết kiệm năng lượng hơn. Vì vậy, SKU:SEN0244 được lựa chọn.

### MCU

|  |  |
| --- | --- |
|  | ESP32-WROOM-32 |
| Hình ảnh | Bảng Mạch Phát Triển Esp32 Wifi+Bluetooth Esp-32 Esp-32S Esp 32 | Shopee  Việt Nam |
| Kích thước | 48,3mm x 25,4mm |
| Nguồn điện | 2,2 ̴ 3,6V |
| Chuẩn Wifi | 802.11 b/g/n/e/i |
| Chuẩn Bluetooth | BR / EDR + BLE |
| Bộ nhớ flash | 16 MB |
| Giá thành | $5 $10 |

**Bảng 4.3**

## Cấu trúc dữ liệu & chương trinh

### Cấu trúc dữ liệu

|  |  |
| --- | --- |
| Biến | Nội dung lưu trữ |
| temperature | Nhiệt độ |
| ecValue | Độ dẫn điện (EC) |
| tdsValue | Giá trị TDS |

**Bảng 4.4**

### Chương trình

*Các thư viện và chức năng*

|  |  |
| --- | --- |
| Tên | Chức năng |
| Arduino.h | Thư viện chức năng chung của Arduino (ESP32) |
| EEProm.h | Thư viện hỗ trợ giao tiếp với bộ nhớ EEPROM trên MCU |
| Wifi.h | Thư viện hỗ trợ kết nối và giao tiếp bằng WiFi cho MCU |
| DallasTemperature.h | Thư viện hỗ trợ để sử dụng các thiết bị của Dallas Temperature (DS18B20) |
| OneWire.h | Thư viện hỗ trợ để sử dụng tính năng OneWire của DS18B20 |
| DFRobot\_ESP\_EC.h | Thư viện hỗ trợ để giao tiếp và sử dụng cảm biến TDS |
| ESP\_Mail\_Client.h | Thư viện phục vụ chức năng gửi mail cảnh báo |

**Bảng 4.5**

### Code

Do phần code khá dài nên nhóm em xin phép được tóm tắt lại ở đây. Chi tiết xin thầy vui lòng đọc trong file code đã đính kèm.

**Code sẽ chia ra 4 phần chính:**

* Trước setup()
* setup()
* loop()
* Hàm khai báo thêm

1. **Trước setup()**

* Khai báo các thư viện
* Khai báo các hằng số (chân input/output, điện áp, giới hạn đo, số lần gộp data)
* Khai báo các biến global (mảng buffer, điện áp trung bình, các giá trị đo được từ cảm biến)
* Khởi tạo instance oneWire để bắt đầu sử dụng cảm biến DS18B20 một cách hiệu quả
* Cài đặt các thông tin về WiFi, Thingspeak, và Mail

1. **setup()**

* Khởi chạy các cảm biến và màn hình serial
* Kết nối WiFi

1. **loop()**

* Yêu cầu cảm biến trả về nhiệt độ và lưu nó vào biến temperature
* Đo giá trị TDS:

+ Mỗi 40ms trả về một giá trị điện thế từ cảm biến và lưu nó vào mảng buffer đã tạo từ đầu

+ Sau khi 800ms đã trôi qua, đưa mảng buffer đó vào hàm tìm số trung vị để chọn ra kết quả trung vị (kết quả đáng tin cậy nhất)

+ Lấy kết quả trung vị đó tính toán bù trừ cho nhiệt độ thì ta được giá trị TDS đã được bù trừ qua nhiệt độ.

* Tính giá trị EC: lấy TDS chia 500.
* In các giá trị nhiệt độ, TDS, và EC ra màn hình Serial
* Tiến hành gửi các giá trị đó về server Thingspeak để hiển thị trên Thingspeak Client
* Nếu các giá trị vượt ngưỡng cho phép, tiến hành gửi mail về cho người dùng

*Các hàm bổ sung:*

* int getMedianNum (int bArray [], int iFilterLen): hàm có vai trò nhận vào mảng buffer các giá trị TDS với độ dài của mảng, và trả về là số trung vị trong mảng
* void smtpCallback (SMTP\_Status status): hàm void này có tác dụng để debug là chính, cho nhà phát triển biết trạng thái gửi mail qua màn hình serial.

# Kiểm tra/ Thử nghiệm

*Do thời gian có hạn, nhóm chỉ có thể thực hiện đo đạc trong các trường hợp đơn giản.*

*Các trường hợp đo đạc dưới đây đều được thực hiện liên tục trong 15 phút*

*Môi trường: Phòng ngủ diện tích 12m2, dung dịch được đựng trong cốc sữa chua nhựa*

## Graphical user interface, application Description automatically generatedCả hai cảm biến để ngoài không khí

Cảm biến TDS đo được giá trị là 0 do không khí cách điện. Cảm biến nhiệt độ đo nhiệt độ không khí trong phòng bình thường.

## Graphical user interface, application Description automatically generatedCảm biến trong dung dịch nước muối sinh lý 0.9%

Nhiệt độ giảm nhẹ do nước muối mát hơn không khí một chút. Giá trị TDS tăng gần đến 35000 ppm (giá trị lý tưởng cho nước muối sinh lý) và giá trị EC cũng tăng theo do công thức đã định sẵn.

Ở baud rate 115200, sai số tương đối khi đo đạc sẽ là 0.18%. Thực nghiệm cho thấy các chỉ số dao động quanh giá trị trung bình cũng trong khoảng 0.18%

## Graphical user interface, application Description automatically generatedDung dịch vệ sinh tay GP-Handrub

Trong 100ml có:

* Chlorhexidine Gluconat (0.5% kl/tt)
* Ethanol (70%)
* Glycerin, Acid Acetic, nước tinh khiết cho tá dược vừa đủ

Ethanol, Glycerin và nước tinh khiết không dẫn điện. Chlorhexidine Gluconat và Acid Acetic có dẫn điện nhưng yếu hơn nhiều so với NaCl. Cộng với việc hàm lượng nhỏ hơn rất nhiều so với dung dịch NaCl 0.9% ở mục trước, chúng ta mong đợi độ dẫn điện và TDS thấp hơn rất nhiều.

Nhiệt độ cũng có xu hướng giảm nhẹ là do Ethanol bay hơi.

## Graphical user interface, application Description automatically generated Nước máy lấy từ vòi ở nhà

Thời điểm đo là vào cuối buổi chiều nên nhiệt độ có xu hướng giảm nhẹ, kéo theo TDS và EC giảm dần theo thời gian.

Giá trị TDS rơi vào khoảng 267 - 305ppm, phù hợp với mức an toàn cho nước sinh hoạt (< 500ppm)

## Thử nghiệm hệ thống gửi mail cảnh báo

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generatedMail kiểm tra ban đầu (không có trong code chính thức, được thử riêng):

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generatedMail nhận được khi nhiệt độ của nước vượt ngưỡng đã định trước (40C) khi làm nóng nước máy bằng đầu hàn:

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generatedMail nhận được khi giá trị TDS của nước vượt ngưỡng đã định trước (500ppm) khi cho nửa thìa cà phê muối, không khuấy đều, vào cốc nước máy:

Nhìn chung hệ thống mail làm việc hiệu quả, thời gian từ lúc đo được số vượt ngưỡng đến lúc nhận được mail đều trong khoảng 15 giây.

# Kết luận

Qua việc phối hợp và sử dụng thành công các linh kiện và công nghệ phần mềm phổ biến trong lĩnh vực nhúng và IoT (như Arduino, ESP32, các cảm biến, breadboard, …), thiết bị này đã đáp ứng được việc đo đạc các chỉ số cơ bản nhất của nước là nhiệt độ và giá trị TDS (tổng chất rắn hòa tan).

Thiết bị có giá thành rẻ (~ 1 triệu), cộng với việc lắp và cài đặt chỉ cần một người giúp nó trở thành một thiết bị kinh tế về chi phí, thời gian, và dễ dàng có thể thay đổi các mạch và code thành phần để đáp ứng các điều kiện đo đạc khác nhau.

Tuy nhiên, thiết bị này cũng có những nhược điểm của nó. Trong quá trình phát triển, nhóm đã ghi chép lại các nhược điểm và biến chúng thành các mục tiêu trong tương lai:

* Lắp đặt thêm sensor cho thiết bị (pH, oxy hòa tan, …) để có thể đáp ứng được thêm các nhu cầu đo đạc.
* Có được vỏ hộp đúng như chỉ tiêu chức năng đã đề ra.
* In được bảng mạch PCB cho thiết bị, tránh được việc quá nhiều dây loằng ngoằng khi lắp trên breadboard.
* Phát triển API và giao diện người dùng riêng, để có thêm sự linh hoạt và điều khiển đối với các tác vụ
* Cải thiện hệ thống cảnh báo: trước mắt là ngăn việc bị gửi nhiều mail 1 lúc, sau này khi phát triển giao diện riêng thì có thể phát triển song song hệ thống cảnh báo đi kèm.

# Tài liệu tham khảo và trích dẫn

Chan, HJ 2017, ‘Water Quality Monitoring System’, *create.arduino.cc*, truy cập 26/8/2022, < <https://create.arduino.cc/projecthub/chanhj/water-quality-monitoring-system-ddcb43>>

Ẩn danh, 2022, ‘IoT Based Drinking Water Quality Monitoring with ESP32’, *how2electronics.com*, truy cập 24/8/2022, < <https://how2electronics.com/iot-based-drinking-water-quality-monitoring-with-esp32/>>

Ẩn danh, 2022, ‘Aquarium Water Quality Monitor with TDS Sensor & ESP32’, *how2electronics.com*, truy cập 24/8/2022, < <https://how2electronics.com/aquarium-water-quality-monitor-with-tds-sensor-esp32/>>

Ẩn danh, 2020, ‘ESP32 Send Emails using an SMTP Server: HTML, Text, and Attachments (Arduino IDE)’, *randomnerdtutorials.com*, truy cập 24/8/2022, < <https://randomnerdtutorials.com/esp32-send-email-smtp-server-arduino-ide/>>

Ẩn danh, không rõ thời gian, ‘EC/TDS chart for Sodium Chloride solution’, [*www.growerssupply.com*](http://www.growerssupply.com), truy cập 24/8/2022, <<https://www.growerssupply.com/wcsstore/EngineeringServices/allbizunits/techdocs/ec_tds_chart.pdf>>

Lân, CN 2021, ‘Khảo sát về vấn đề ô nhiễm môi trường nước’, *Brands Vietnam,* truy cập ngày 26/8/2022, <https://www.brandsvietnam.com/congdong/topic/30888-Khao-sat-ve-van-de-o-nhiem-moi-truong-nuoc>

Long, L.S.T., Hiếu, L.T., Linh, N.B. và Lộc, L.T. (2021). ‘Thiết bị cảnh báo ô nhiễm không khí’, Báo cáo nhập môn ET2000, Đại học Bách khoa Hà Nội