

## ПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ЗА МОНИТОРИНГ НА КАЧЕСТВОТО НА ВЪЗДУХА В ЗАКРИТИ ПРОСТРАНСТВА

Ивайло Беловски<sup>1</sup>, Анатолий Александров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Университет „Проф. д-р Асен Златаров“

<sup>2</sup>Технически Университет - Габрово

## INDOOR AIR QUALITY MONITORING PROCESSOR SYSTEM

Ivaylo Belovski<sup>1</sup>, Anatoliy Aleksandrov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prof. Assen Zlatarov University

<sup>2</sup>Technical University of Gabrovo

### Abstract

*To assess air quality, it is necessary to monitor some basic parameters, such as: temperature, relative humidity, atmospheric pressure, concentration of fine dust particles, etc. In this article, a technical solution of a sensor system for reporting these basic parameters is proposed. The main control unit is based on the ARDUINO platform. A combined temperature and humidity sensor, atmospheric pressure sensor and fine dust sensor are used. The measured values from the sensors are visualized on a display and are periodically sent and saved in an internet database. Due to the high sensitivity of the dust sensor and its influence from ambient light, temperature and air speed, the sensor system is designed to be used only indoors.*

**Keywords:** air quality, sensor systems, monitoring.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Метеорологичните станции са съоръженията предназначени за измерване на климатични елементи и извършване на наблюдения върху климата над даден район. Най-често наблюдаваните елементи са: температура на въздуха и почвата, влажност на въздуха, атмосферно налягане, валежи – количество и вид, снежна покривка, посока и скорост на вятъра, облачност - обща и ниска, общо състояние на почвата, слънчево греене – времетраене и интензивност, вид на облаците, видимост, атмосферни явления.

Наблюденията в метеорологичните станции се извършват трикратно в денонощието — в 7:00, 14:00 и 21:00 часа. Базово изискване за системата на Световната метеорологична организация в Женева е всички наблюдения да стават при еднакви положения на слънцето по отношение на всяка станция.

В зависимост от целите на наблюдение и измерванията извършвани в тях, метеорологичните станции биват синоптични, климатични, класически и автономни. Последните са системи за отчитане на климатични елементи, при които няма нужда от редовен персонал за наблюдения. Отчитането става по електронен път, като информацията може да се записва, изпраща и съхранява. Премахнат е субективния фактор, а с това и субективните грешки при отчитане на данните. Недостатък на тези станции е необходимостта от електрическо захранване и риска от дефектиране.

Пряко отношение към човешкото здраве имат някои основни климатични елементи, като: температура, относителна влажност, атмосферно налягане, UV – индекс, концентрация на фини прахови частици и др.

Прахът е основен атмосферен замърсител на въздуха. Вредният му здравен ефект зависи главно от размера и химичния

състав на суспендираните прахови частици, от адсорбираните на повърхността им други химични съединения, в това число мутагени, ДНК - модулатори и др., както и от участъка на респираторната система, в която те се отлагат.

Прахаът постъпва в организма предимно чрез дихателната система, при което по-едриите частици се задържат в горните дихателни пътища, а по-фините частици (под  $10 \mu\text{m}$  - ФПЧ<sub>10</sub>) достигат до по-ниските отдели на дихателната система, като водят до увреждане на тъканите в белия дроб. Наредба №12 от 15 юли 2010 г. (обн. ДВ, бр. 58 от 30 юли 2010 г.) определя норми за пределно допустими концентрации (ПДК) за фини прахови частици. Въведените ПДК целят предпазване от техния вреден ефект върху здравето на хората и околната среда.

Регламентирани са следните норми за фини прахови частици [1]:

- ФПЧ<sub>10</sub> - СГН -  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- ФПЧ<sub>2,5</sub> - СГН -  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Целта на тази статия е да предложи техническо решение на сензорна система за отчитане на основните параметри на въздуха в закрити помещения. Основният блок за управление е базиран на платформата ARDUINO. Използват се комбиниран сензор за температура и влажност, сензор за атмосферно налягане и сензор за фини прахови частици. Измерените стойности от сензорите се визуализират на дисплей и периодично се изпращат и записват в интернет база данни.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

Системата за мониторинг на въздуха е изградена на модулен принцип с удобен интерфейс за конфигурация. Измерените текущи стойности се визуализират на дисплей, а през определен интервал от време същите се изпращат и записват в база данни в интернет.

Системата е реализирана със следните модули:

- Сензор за измерване на влажност и температура - тип DHT22;
- Сензор за измерване на атмосферно налягане - тип BMP180;
- Сензор за измерване на количество прахови частици - тип DSM501A;

- LCD дисплей с 2 реда по 16 символа и клавиатура за въвеждане на входни данни от потребител.

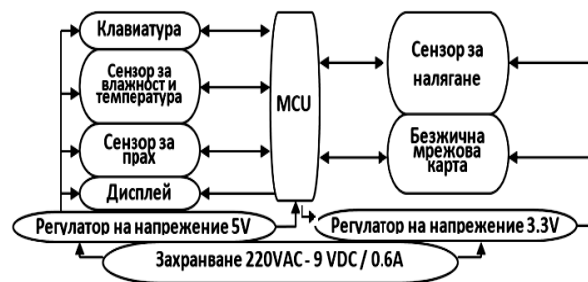
- Безжична мрежова карта - модел ESP8266 за свързване с интернет база данни;

- Платформа ARDUINO UNO с процесор Atmega328P;

- Универсална печатна платка;

- Захранващ блок.

Блоквата схема на устройството е представена на фиг. 1:



Фиг. 1. Блоквата схема на системата за мониторинг

**Блок „Захранване“** - захранващото напрежение на микроконтролера може да варира от 2 до 5,5V, но в повечето случаи се използва напрежение  $U=5V$ . Сравнително голяма част от цифровите интегрални схеми (които принципно се свързват към микроконтролера) използват също захранване от 5V. Поради това в платформата ARDUINO UNO има вградени два регулатора на напрежение - MC33269ST-5.0T3, осигуряващ 5V и регулатор LP2985-33DBVT, осигуряващ 3.3V [2, 3].

За подаване на захранващо напрежение към MC33269ST-5.0T3 може да бъде използван вградения USB интерфейс или вградения 2.1mm порт, на който се подават напрежения от 7V до 12V за осигуряване на по-голяма мощност.

Поради големите предимства на импулсните стабилизатори на напрежение (висок коефициент на полезно действие, широк диапазон на регулиране, малки габаритни размери, ниска себестойност и др.) за преобразуване на мрежовото напрежение от 220V на 9V е избран импулсен преобразувател, модел: T090060-2C1, със следните параметри:

- Захранващо напрежение: 100 VAC / 240 VAC;

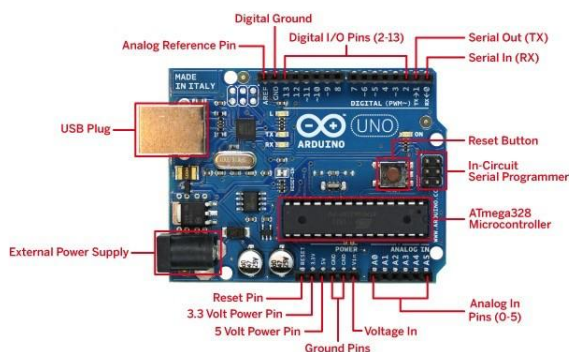
- Изходно напрежение: 9 VDC (+/-1%);
- Изходен ток: 0,6A;
- Изходна мощност: 2,7W;

**Блок MCU** – за обработка на данни и управление е избран микроконтролер ATmega 328P с 10 bit АЦП. Процесорът е с ниска консумация. С изпълнението на сложни инструкции в един тактов цикъл, процесор ATmega328P постига приблизително 1 MIPS на MHz, което позволява оптимизация на консумираната енергия, за сметка на скоростта за обработка на данни [4].

Хардуерната периферия съдържа:

- два 8-битови таймера;
- един 16-битов таймер;
- брояч в реално време с отделен осцилатор;
- шест изходни PWM канала;
- Шест входни 10-битови ADC канала;
- два Master / Slave SPI сериен интерфейс;
- един програмируем сериен USART;
- двубитов сериен интерфейс I2C;
- програмируем таймер за часовник със самостоятелен осцилатор;
- един аналогов сравнителен чип.

Изборът на микроконтролера се основава на това, че чипа може да бъде програмиран с безплатен софтуер (Open Source), като се използват редица готови библиотечни файлове. Използват се „C“ компилатори за тази архитектура, което позволява писането на програми от високо ниво. Микроконтролер Atmega328P е снабден с буутлоадер, което улеснява качването на програми във флаш паметта и позволява програмиране с помощта на компютър, без да се налага да се изважда чипа. За програматор е използвана платформата на Arduino - фиг. 2.



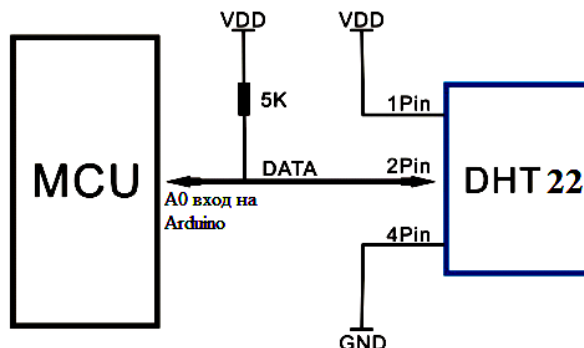
Фиг. 2. Платформата ARDUINO UNO

Микроконтролера следи следните параметри:

- Аналогова стойност за отчитане на натиснат бутон.
- Цифрови стойности от сензора за температура и влажност.
- Цифрова стойност от сензора за налягане.
- Цифрова стойност от сензора за измерване на фини прахови частици.

**Блок “Сензор за влажност и температура”** – използван е преобразувател тип DHT22 [5]. Той разполага със сензори за температура и влажност с калибриран цифров изходен сигнал. С помощта на технологията за подобряване на дискретния сигнал, както и стабилната работа на сензорите се осигурява висока надеждност на прибора. DHT22 измерва влажност по резистивен метод и NTC сензор за измерване на температура, свързва се с 8 битов микроконтролер.

Схемата на свързване на сензора към микроконтролера е показана на фиг. 3.



Фиг. 3. Схема на свързване на DHT22 към микроконтролера

**Блок “Сензор за налягане”** - за измерване на атмосферното налягане е използван сензор BMP180 [6]. Модулът е изграден с цифров барометър BOSH BMP180. Отчитането на данните от сензора се осъществява по цифров I2C интерфейс.

**Блок “Сензор за прах”** – използван е сензор за концентрация на фини прахови частици тип DSM501. Отчита се броя на праховите частици с размер над 1 μm по оптичен метод. Вътрешната архитектура на сензора е показана на фиг. 4.

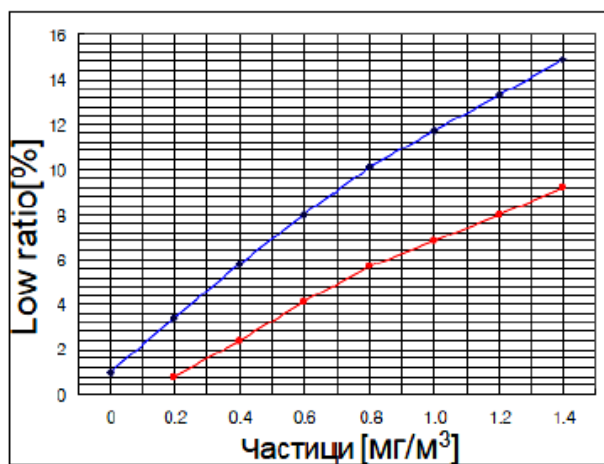


Фиг. 4. Вътрешна архитектура на сензор DSM501

Сензорът съдържа: светодиода, детектор, усилвател, два изхода с ШИМ и нагревател, който осигурява постоянен приток на въздух към оптичната система. Количеството прахови частици  $Z$  за  $m^3$  се определя спрямо характеристиката на сензора по формула (1):

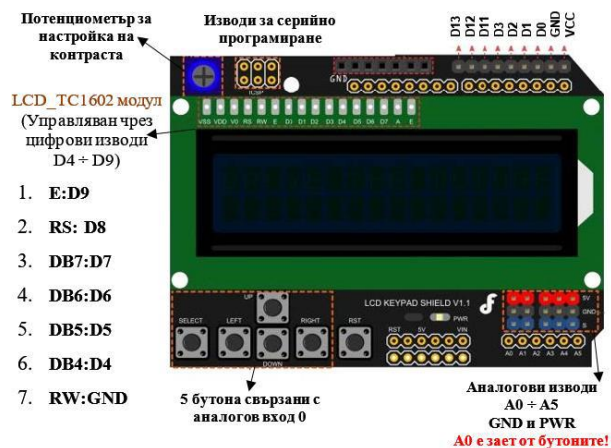
$$Z = 1,1 \cdot ratio^3 - 3,8 \cdot ratio^2 + 520 \cdot ratio + 0,62 \quad (1)$$

Изходната характеристика на сензора е показана на фиг. 5.

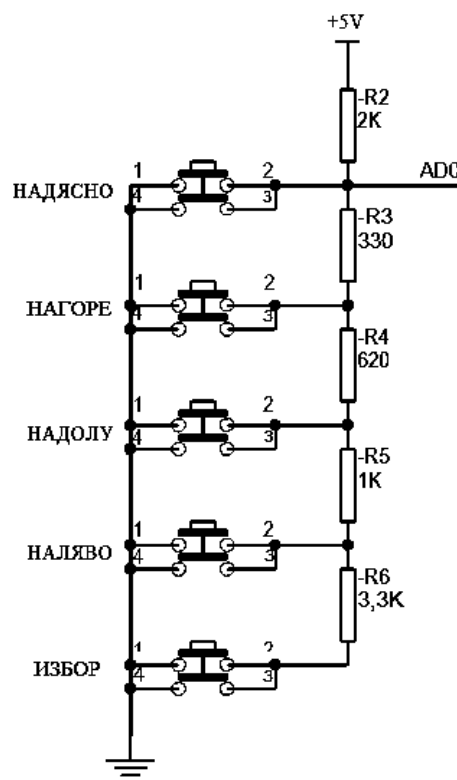


Фиг. 5. Изходна характеристика на DSM501

**Клавиатура и дисплей** - за дисплей е използван LCD с два реда и 16 символа. Той е свързан с Arduino в 4 битов режим, т.е. само четири линии за данни са необходими за взаимодействие, заедно с RS & enable. RW е свързан директно към земя – фиг. 6.



Фиг. 6. Описание на интерфейса на LCD



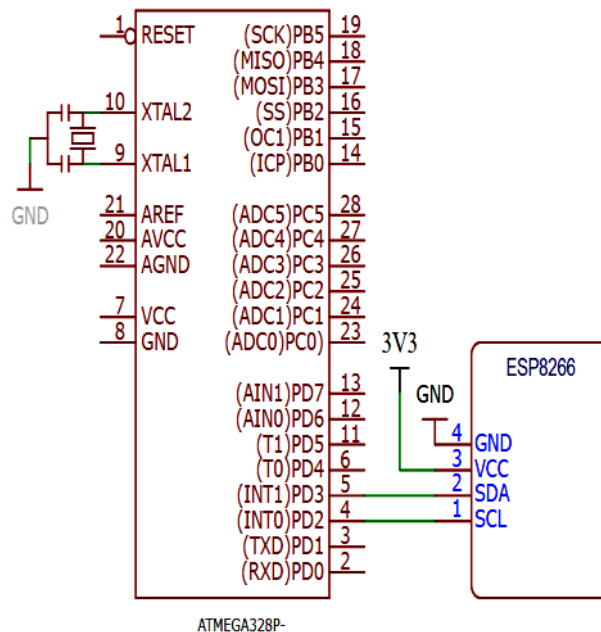
Фиг. 7. Схема делител на напрежение за регистриране на натиснат бутон

За регистрацията на задействан бутон се използва 5 степенния делител на напрежение (фиг. 7), а аналоговите стойности съответстващи на бутоните са както следва:

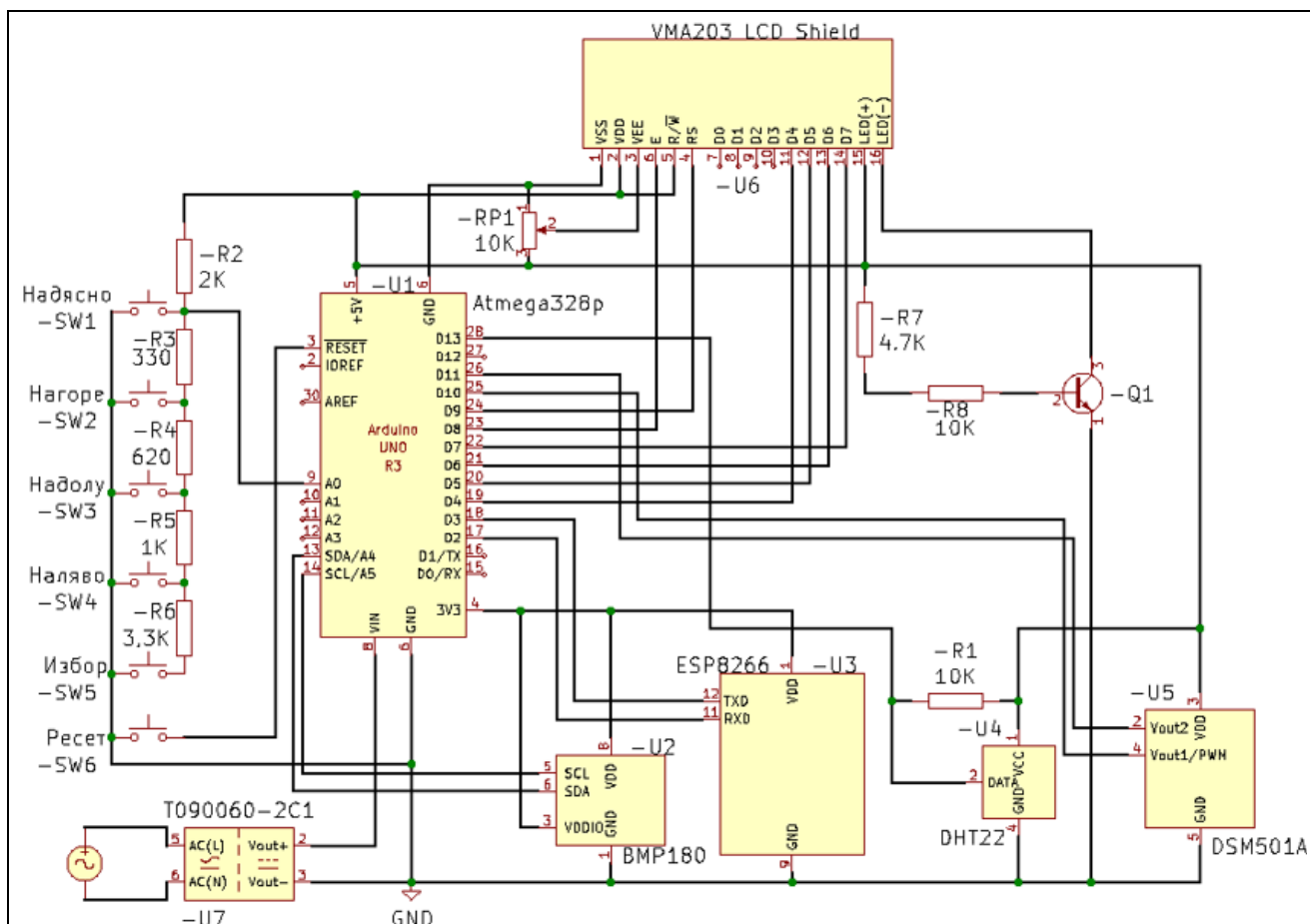
- няма задействан бутон – 5V;
- бутон нагоре – 0,71V;
- бутон надолу – 1,61V;
- бутон наляво – 2,47V;
- бутон избор – 3,62V.

**Безжична мрежова карата** – използван е Wi-Fi модул - модел ESP8266. Поради малката памет на платформата Arduino Uno, а и от гледна точка на сложността по отстраняването на проблеми, свързани с работата на Wi-Fi модула, е избрана схема на свързване осигуряваща вход за данни от Arduino към модула – фиг. 8. Целта е независимо от това дали има връзка с базата данни в интернет или не, станцията да измерва и визуализира на дисплея измерените стойности.

Пълната принципна електрическа схема на системата за мониторинг на качеството на въздуха е показана на фиг. 9.



**Фиг. 8** Схема на свързване на модул ESP8266 към контролера



**Фиг. 9.** Принципна електрическа схема на системата за мониторинг на качеството на въздуха

На фиг. 10 е показана снимка на системата в завършен вид.



*Фиг. 10. Външен вид на системата за мониторинг*

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализираната сензорна система позволява сравнително точно отчитане на основните параметри на въздуха в закрити пространства, а именно – температура, влажност, атмосферно налягане и ниво на фини прахови частици. С помощта на вградения Wi-Fi модул данните се изпращат и запи-

сват в интернет база данни [7] и могат да се достъпват от всяка точка на света. Недостатък на системата е сравнително високата чувствителност на сензора за прахови частици по отношение на условията на работа – трябва да се защити от пряко попадане на слънчева светлина и от излагането му на въздушни течения.

**Изследванията са осъществени със съдействието на Националния център за компетентност  
QUASAR № BG05M2OP001-1.002-0006**

## REFERENCE

- [1] <http://eea.government.bg/bg/output/daily/pollutants/pm.html> - 27.09.2020
- [2] Steven F. Barrett, Arduino Microcontroller Processing for Everyone!, Morgan and Claypool Publishers, ISBN:1608454371 9781608 454372, 2010.
- [3] L. Junior, O. Neto, M. Hernandez, P. Martins, L. Roger, F. Guerra, A Low-Cost and Simple Arduino-Based Educational Robotics Kit, Journal of Selected Areas in Robotics and Control (JSRC), 2013 Volume 3, Issue 12, pp.1-7.
- [4] Michael Margolis, Arduino Cookbook, ORailly Media Inc., 2012.
- [5] <https://www.adafruit.com> – 10.06.2020
- [6] [https://www.bosch-sensortec.com/bst/products/all\\_products/bmp280](https://www.bosch-sensortec.com/bst/products/all_products/bmp280) - 3.08.2020.
- [7] <https://thingspeak.com/channels/608732> - 10.09.2020