

**МИКРОПРОЦЕСОРНА РЕАЛИЗАЦИЯ НА МЕТЕОРОЛОГИЧНА
СТАНЦИЯ В РАЗВОЙНА СРЕДА АРДУИНО****MICROPROCESSOR REALIZATION OF THE METEOROLOGICAL
STATION IN ARDUINO DEVELOPMENT ENVIRONMENT****Velislava Raydovska**UNIVERSITY OF PLOVDIV PAISII HILENDARSKI
FACULTY OF PHYSICS AND TECHNOLOGY**Slavi Lubomirov**UNIVERSITY OF PLOVDIV PAISII HILENDARSKI
FACULTY OF PHYSICS AND TECHNOLOGY**Daniela Shehova**UNIVERSITY OF PLOVDIV PAISII HILENDARSKI
FACULTY OF PHYSICS AND TECHNOLOGY**Angel Chekichev**UNIVERSITY OF PLOVDIV PAISII HILENDARSKI
FACULTY OF PHYSICS AND TECHNOLOGY**Abstract**

The meteorological station has been designed and realized based on Arduino Mega microprocessor development board and sensors which is used for learning goal. The development includes selection of the necessary hardware components (input/output board, display, sensors) for realization of the meteorological station, assembling of the used hardware, software implementation for the functioning of the meteorological station.

Keywords: Arduino; microprocessor; sensors.**ВЪВЕДЕНИЕ**

Инженерното образование е насочено към формиране на комплексна подготовка на специалистите в областта на техниката и технологиите чрез използването на иновативни методи и средства на обучение. За тази цел е необходимо изграждането на мултифункционални лаборатории, в които студентите на практика да се обучат да решават адекватно инженерни проблеми, да използват модерни програмни среди и да имат достъп до съвременните технологии.

Сензорите са първичното звено при възприемането на информация за изследвания обект и позволяват взаимодействието на съвременната електронна техника с околната среда. Следователно сензорите придобиват все по-голямо значение като конструктивни елементи. Бързото развитие на микропроцесорите и компютърните технологии и свързаният с това прогрес в техниката на обработка на информацията определят и интензивността в развитието на сензорите.

Изграждането на микропроцесорна метеорологична станция е част от идеята за

мултифункционално обучение на студентите от инженерните специалности. Известно е, че метеорологичните станции са съоръжения, снабдени с инструменти за извършване на наблюдения и измервания на атмосферните условия с цел изготвянето на прогнози за времето и изследване на закономерностите в климата.

Наблюденията, които се извършват в метеорологичните станции, са както следва: посоката и силата на вятъра; облачността – обща и ниска; видът на облаците; видимостта; температурата на въздуха – срочни и екстремни; влажността на въздуха; атмосферното налягане; количество и вид на валежите; снежната покривка; общото състояние и температурата на почвата; времетраене и интензивност на слънчевото греене и др.

Един от методите за автоматични и дистанционни наблюдения е сензорите на уредите да се монтират на мястото на наблюдение, а отчитането им да става дистанционно - по условни сигнали, пулт, скала, регистратор, записващ механизъм и др.

Друг метод е измерването и отчитането да става на различно разстояние от наблюдавания обект.

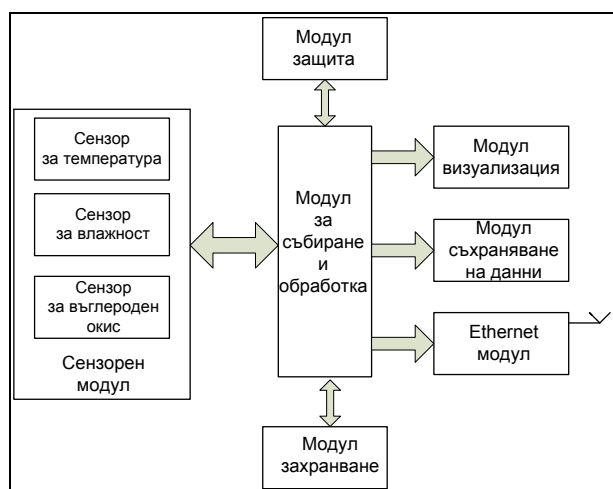
Изграждането на метеорологична станция и внедряването ѝ в процеса на инженерното образование ще позволи на студентите да работят в програмни развойни среди, да разработят конкретно приложение със сензори, както и да натрупат опит да проектират и да реализират електронни устройства.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Блокова схема на проектираната метеорологична станция

Проектираната метеорологична станция е предназначена да измерва температура, влажност и концентрация на въглероден окис във въздуха. Данните от измерванията трябва да се събират, обработват и да се визуализират. Станцията трябва да има възможност да съхранява тези данни в памет и/или да ги предава в Интернет пространството в реално време. На фиг. 1 е показана блоковата схема на проектираната метеорологична станция.

Сензорният модул е изграден от сензори, които да индицират необходимите величини. Първичните данни се подават на **модула за събиране и обработка**. Резултатите се визуализират в реално време чрез **модула за визуализация** или се предават в Интернет пространството чрез **Ethernet модул**.



Фиг. 1. Блокова схема на проектираната метеорологична станция

Избор на апаратна част за модул за събиране и обработка на информацията

За практическото изпълнение на метеорологичната станция е необходимо да се направи правилен избор на софтуерната част, която да е съобразена с апаратната, с цел тяхната съвместимост и синхронизация на работата. Избрани са микроконтролни развойни платки на Ардуино. Ардуино е проект с отворен код и е основан на семейство платки с микроконтролери, произведени главно от SmartProjects, и други доставчици, които използват различни 8-битови (AVR) микроконтролери или 32-битови (ARM) процесори Atmel. Осигурени са групи от цифрови и аналогови щифтове за вход-изход (I/O), които позволяват свързване с други платки и вериги. Платките включват сериен комуникационен интерфейс, а при някои модели и USB за зареждане на програми.

По същество Arduino са микро-контролни развойни платки. Arduino се състои от 8-битов Atmel AVR микроконтролер с допълващи се компоненти, които улесняват програмирането и включването в други вериги. Важен аспект на Arduino платформата, е наличието на стандартни конектори, които позволяват на потребителите да свързват CPU платката към голям набор от различни, взаимнозаменяеми модули, наречени шилдове (shields). Благодарение на I²C шината, няколко разширения могат да бъдат прикачени и използвани паралелно.

Развойните платки Arduino имат собствен език за програмиране – Arduino.

Arduino платките са като мини-компютри, които може да се програмират, да правят различни неща и да взаимодействат със света посредством електронни сензори, светодиоди, дисплеи и „електромоторчета“. Arduino микроконтролерите са подходящи да се създават интерактивни обекти, способни да взаимодействат с околната среда чрез сензори и изпълнителни устройства [1].

Повечето Arduino платформи функционират с 5V работно напрежение и разполагат с 14 цифрови входно-изходни порта, 6 аналогови входа, 16 MHz кварцов резонатор (въпреки че някои проекти работят с 8 MHz), четири светодиода, USB конектор,

захранващ куплунг, бутон за рестартиране и ICSP конектор. Свързването с компютър става посредством USB кабел USB-A/USB-B. Микроконтролерът на Arduino е снабден с буутлоудър, който опростява качването на програми във флаш паметта на устройството. Това прави използването на Arduino значително по-просто, като позволява програмиране с помощта на обикновен компютър.

Избор на интегрирана среда

Интегрираната среда за разработка на „Ардуино“ е мултиплатформено приложение, написано на програмния език Java. Конструирана е така, че да улесни програмирането от хора, които не са запознати с писането на софтуер.

Ардуино е платформа с отворен код за разработване на приложения в различни области, базирана на входно-изходна платка и среда за програмиране, близка до езика Processing/Wiring. Arduino може да се използва за създаване на самостоятелни интерактивни устройства или да си взаимодейства с външни софтуерни програми, като Flash, Processing, MaxMSP, PureData [2], [3].

Средата за програмиране, която е с отворен код, може да бъде свалена безплатно за Windows, Mac OS X и Linux.

Ардуино се различава от останалите подобни платформи по това, че:

- платформата е разработена в образователна среда, което я прави подходяща за бързо навлизане в материята от обучаемите;
- работи под различни операционни системи – Windows, Mac, и Linux;
- средата за програмиране е базирана на езика Processing;
- програмира се през USB кабел, а не през сериен порт - това е особено полезно, тъй като повечето съвременни компютри нямат сериен порт;
- програмната и апаратната част са с отворен код – и може да се свали схемата от сайта на Ардуино.

Основните му предимства са:

- средата за разработка на Ардуино прави лесно писането на кода и качването му на съответния хардуер;

- написана е на JAVA, което предоставя възможност тя да бъде стартирана на различни операционни системи;
- интегриран тестов редактор с оцветяване на изходния код;
- интегриран компилатор, преобразуващ изходния код в машинен;
- интегриран дебъгер за отстраняване на грешки в кода;
- отлична съвместимост с хардуера на Arduino.

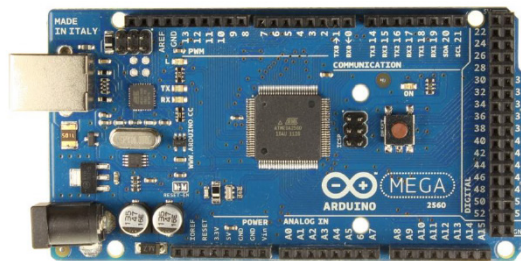
Микроконтролерните развойни платки Ардуино са подходящи за изграждането на метеорологични станции. С тяхна помощ, събирането на информация за атмосферата на Земята би се реализирала по-лесно и по-компактно в сравнение със стандартните измервателни уреди и средства.

Избор на развойна платка

Ардуино Мега (фиг. 2) е една от най-разпространените входно-изходни платки на Ардуино. Тя е разширена версия на Ардуино Уно. Платформата е реализирана на базата на микроконтролер ATмега 2560 и има по-голям брой изводи и апаратни серийни портове за взаимодействие с компютъра и други устройства.

Поради разширените си възможности спрямо останалите входно-изходни платки на Ардуино, при реализацията на метрологичната станция се използва Ардуино Мега.

Ардуино Мега може да бъде захранен чрез USB порта или от външно захранване.



Фиг. 2. Arduino Mega

Изборът на тип захранване се установява автоматично. Характерно за изводите на платката на Ардуино Мега е, че всеки от 50-те цифрови извода може да бъде използван като вход или изход чрез функциите

pinMode(), *digitalWrite()* и *digitalRead()*.

Всеки извод може да отдава или консумира ток до 40 mA и има вътрешен pull-up resistor (по подразбиране е изключен) от 20-50 kΩ. Някои от цифровите изводи имат и допълнителни функции: серийна комуникация, външни прекъсвания и др.

На платката Ардуино Мега има вграден светодиода на цифров извод 13 (LED:13). Когато на този извод има високо ниво (HIGH value) – светодиода свети, когато има ниско ниво – светодиода е изгаснал.

Ардуино поддържа двупроводен интерфейс (TWI) за комуникация с други устройства чрез TWI библиотека. Ардуино Мега има 16 аналогови входа, всеки от които осигурява 10-битова разрешаваща способност (1024 различни стойности). По подразбиране входният обхват на измерване е от 0-5V, но това може да се промени, ако се използва входът AREF за подаване на външно опорно напрежение и функцията *analogReference()*.

Избор на Модул за визуализация

При проектираната станция се използват три начина за визуализация на данни – Serial Monitor, предаване на данни в реално време с помощта на Ethernet модул и LCD дисплей. Използвания LCD дисплей е 7 инча LCD - MD070SD, със следната спецификация: 16-бита паралелен интерфейс за комуникация; Разделителна способност 800x480 пиксела; 16 000 000 цвята; Контролер за управление на дисплея SSD1693; 8 MB SDRAM; Време на опресняване на картината 200 ns; Слот за SDCARD; 7 инча тъч скрийн.

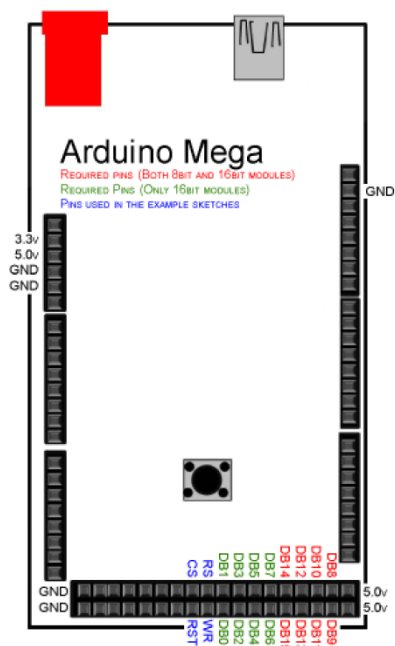
Интерфейсът между входно-изходната платка Ардуино Мега и MD070SD дисплей е показан на фиг.3, където от DB0 до DB15 е паралелният интерфейс за комуникация между микроконтролера на Ардуино – Atmega 2560 и микроконтролера на дисплея SSD1693. Съответно сигналите RS – reset, CS – chip select, WR – write/read, GND – маса и захранващите 3,3 V и 5 V.

Сензорен модул

Задължително условие е всеки един избран сензор, от който е необходимо да се четат данни, да бъде софтуерно инициализиран и правилно конфигуриран в основната софтуерна програма (скеча).

Примерен код за част от използваните сензори в разработената метеорологична станция е:

```
//Pin za temperaturniq sensor Keyes KY-013
int sensorPin = A5; // select the input pin
for the sensor
//Flame sensor*****
int Buzzer = 6; // Use buzzer for alert
int Relay = 7; // Use for relay
int FlamePin = 8; // This is for input pin
int Flame = HIGH; // HIGH when FLAME
Exposed
```



Valid for Arduino Mega/Due¹

Фиг. 3. Интерфейс за комуникация на Ардуино Мега с LCD

Сензор за температура и влажност

Използваният сензор за измерване на температура и влажност в разработката е DHT11. Спецификацията на сензора е показана в таблица 1 [4]. DHT11 е 4 пинов сензор. Има еднопроводен цифров интерфейс за предаване на информация. За използването му в средата на Ардуино е необходимо включването на библиотеката DHT11.

Вторият пин на сензора DHT11 е за предаване на данни. За осъществяването на еднопроводна комуникация е необходима синхронизация между микроконтролера на Ардуино и DHT11. В случая един комуникационен цикъл е с продължителност от 4ms.

Таблица 1. Спецификация на сензора DHT11

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Humidity				
Resolution		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
Repeatability			±1%RH	
Accuracy	25°C		±4%RH	
	0-50°C			±5%RH
Interchangeability	Fully Interchangeable			
Measurement Range	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		80%RH
Response Time (Seconds)	1/e(63%)25°C, 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
Hysteresis			±1%RH	
Long-Term Stability	Typical		±1%RH/year	
Temperature				
Resolution		1°C	1°C	1°C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
Repeatability			±1°C	
Accuracy		±1°C		±2°C
Measurement Range		0°C		50°C
Response Time (Seconds)	1/e(63%)	6 S		30 S

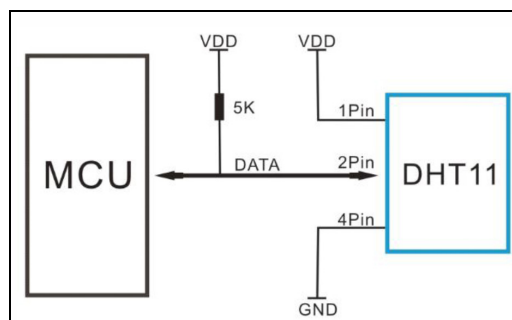
Начинът на свързване на сензора DHT11 е показан на фиг. 4. Необходимо е захранване на първи извод със стойност на напрежение от 3V до 5.5V. В зависимост от стойността на VDD е различна големината на консумирания ток от сензора. Третият извод на сензора е свободен – неизползваем, а четвъртият извод е необходим да се свърже към общата маса (GND). Фрагмент от сорс кода за работа със сензора е:

```
#include <dht11.h>
/*Декларират се обекти-----*/
dht11 DHT11;
dht11 DHT;
#define DHT11PIN 2
#define DHT11_PIN 2
```

Изисква се резултатите да се представят в различни мерни единици – градус по Келвин, градус по Целзий и по Фаренхайт.

Част от кода на функцията за четене и преобразиване на данните от сензора в различни температурни единици е:

```
double Thermistor(int RawADC)
{
double Temp;
Temp = log(10000.0*((1024.0/RawADC)-1));
Temp = 1 / (0.001129148 + (0.000234125 + (0.0000000876741 * Temp * Temp)) * Temp);
Temp = Temp - 273.15; // Convert Kelvin to Celcius
//Temp = (Temp * 9.0) / 5.0 + 32.0; // Convert Celcius to Fahrenheit
return Temp;
}
```



Фиг. 4. Схема на свързване на DHT11

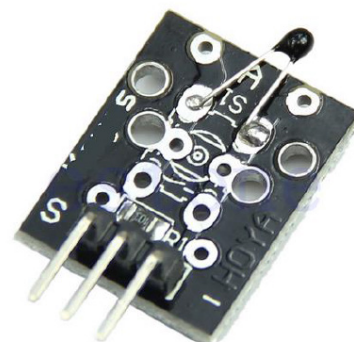
Защитен модул

Като всяко едно електронно устройство метеорологичната станция има необходимост от защита. Предвижда се да се следи температурата на устройството и да се защити от пожар.

Сензор за следене на температура на устройството

Температурният сензор за следене на температурата в устройство е аналогов Keyes KY-013, показан е на фиг. 5.

Модулът е базиран на NTC термистор, който предава информация в реално време, в аналогов вид. Работният му температурен диапазон е от -55°C до +125°C. Точността на показанията на KY-013 са с толеранс от 0.5 до 5°C което напълно удовлетворява изискванията към проектираната метеорологична станция.

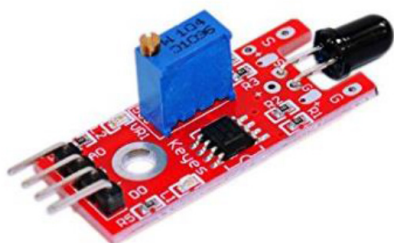


Фиг. 5. Аналогов температурен сензор Keyes KY-013

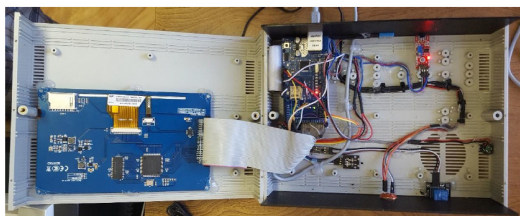
Начинът на комуникация с Ардуино е следния: масата (GND) се включва към маса (GND) на Arduino Mega. Захранването се взема от пин обозначен с 5V (съответно захранващо напрежение с амплитуда 5V), а за сигналния извод се избира аналогов вход на Ардуино.

Сензор за наличие на пожар

Модулът за наличие на пожар е Keyes KY-026 (фиг. 6). В основата му е инфрачервен сензор, детектиращ наличието на светлина с дължина на вълната от 760nm до 1100nm. Начинът на свързване е посредством четири пина. Има възможност за комуникация с аналогов (извод 1) и цифров извод (номер 4). С помощта на потенциометър има възможност за коригиране на точната дължина, на която трябва да реагира с високо ниво (съответстващ на наличие) на светлина с определена дължина на цифровия извод. В проектираната метеорологична станция това е реализирано с помощта на цифровия извод. Необходимо е свързването на модула на извод 2 към 5V на входно-изходната платка Ардуино Мега и извод 3 към общата маса [6].

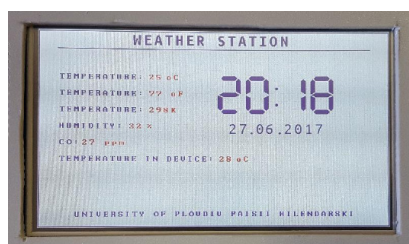


Фиг. 6. Модул за наличие на пожар Keyes KY-026 – изглед отпред



Фиг. 7. Вътрешен изглед на метеорологичната станция

На фиг. 7 е представен вътрешният изглед на реализираната метеорологична станция. На фиг. 8 е показано извеждането на данни в реално време на LCD дисплей при работата ѝ.



Фиг. 8. Извеждане на данните на LCD дисплей

В проектираната метеорологична станция е предвиден и модул за измерване на въглеродния оксид във въздуха. С цел визуализация на измерваните величини в Интернет пространството се използва Ethernet модул. Описанието на тези модули и функционалното им тестване е предмет на допълнителна разработка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработването на метеорологична станция в програмната среда на Ардуино е продиктувана от навлизането на микро-процесорната техника в контрола, управлението и измерването на физични величини.

Сензорите са широко разпространени и са доказали своите качества в измервателните апаратури и механизми. Изработването на стратегия за създаване на метеорологичната станция за снемане на данни и тяхното изпращане в онлайн пространството, изисква принципното познаване на микроконтролерите и език за програмиране, което я прави подходяща за включване в процеса на инженерното образование.

Необходимо е да се отбележи, че използваните в разработката сензори са от нисък клас и не е направен сравнителен анализ с аналогични такива от висок клас, поради икономически съображения.

Acknowledgement

The authors would like to acknowledge the support of the "Research & Development" division of UNIVERSITY OF PLOVDIV PAISII HILENDARSKI in the project: ФП17-ТК-006/25.04.2017.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://softuni.bg/blog/what-is-arduino-and-what-can-you-do-with-it#>
- [2] <http://www.rinkydinkelectronics.com/library.php?id=51>.
- [3] http://imall.iteadstudio.com/TFT%20LCM/IM-130820001/DS_IM130820001.pdf.
- [4] <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>
- [5] <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>
- [6] https://tkrlab.nl/wiki/Arduino_KY-026_Flame_sensor_module