

РАЗРАБОТВАНЕ НА СУШИЛНЯ ЗА ПРЕРАБОТЕНО МЕСО ЗА ДОМАШНО ПОЛЗВАНЕ БАЗИРАНА НА ARDUINO МИКРОКОНТРОЛЕР

Христо Килифарев¹

¹Технически университет - Габрово

DEVELOPMENT OF A PROCESSED MEAT DRYER FOR HOME USE BASED ON AN ARDUINO MICROCONTROLLER

Hristo Kilifarev¹

¹ Technical University of Gabrovo

Abstract

In the present paper is shown the development process of a dryer unit for processed meat for home purposes. The functional block diagram of the dryer is presented. The choice of the components and units for realization is made. The graphical user interface is realized by Nextion display which have touch functionality. The algorithm of work of the dryer is presented and described. On its base the software for Arduino microcontroller is made. The developed dryer unit gives the opportunity to be adapted for the drying process of other materials without changes in the current hardware configuration.

Keywords: Arduino microcontroller, dryer unit, processed meat.

ВЪВЕДЕНИЕ

При сушенето водното съдържание на месото и месните продукти се намалява с цел да се повиши осмотичното налягане в клетките, към което микроорганизмите са особено чувствителни. Процесът на сушене се прилага обикновено след осоляването на месните продукти с цел консервирането им.

В домакинството това става най-често в открити сушилни, като се използват слънцето и вятърът. При сушенето на открито трябва да се подбере място, което е запазено от прах и пряка слънчева светлина. Сушенето трябва да става постепенно и равномерно. При бързото сушене на повърхността на месото се образува твърда корица, която пречи за изсушаването на вътрешността. При този начин на сушене времетраенето на процеса е различно (може да бъде и повече от 14 дена), а качеството на изсушените продукти не може да се гарантира, че ще бъде еднакво.

Сушилния процес може да се извърши и в промишлени сушилни инсталации, но за сравнително малките количества месни продукти в едно домакинство, това значително оскъпява крайния продукт.

В настоящия доклад се разглежда разработването на една сушилна за домашно ползване, към която са поставени някои от следните изисквания: трябва да е сравнително евтина като компоненти и материали, да има възможност за настройване на параметрите на процеса за сушене на различни видове преработено месо, да бъде лесна за обслужване, да бъде със сравнително компактна конструкция, за да бъде преносима, но в същото време да осигурява достатъчно високо качество на сушене.

ИЗЛОЖЕНИЕ

След проучване за технологиите на сушене и на съществуващите конструктивни решения на сушилни, беше избрано разра-

ботваната сушилна да бъде: от камерен тип; с прекъснато периодично действие; с конвективно подаване на топлина; с понижено атмосферно налягане; с въздушен сушилен агент; с надлъжна циркулация на въздуха.

За спазване на технологията на процеса на сушене е необходимо да се контролират следните основни показатели:

- **Температура** - работната температура на въздуха (сушилния агент) е необходимо да бъде между 10° и 15°С, тъй като при температури над 15°С се създава благоприятна среда за развитие на бактерии, които повреждат преработеното месо, а под 10°С се забавя процесът на отделяне на влага от повърхността му;

- **Влажност** - работната влажност на въздуха трябва да се поддържа в границите между 70 и 75 процента. При влажност на въздуха под 70%, ще се получи изсушаване на външността на месото, което не позволява на влагата във вътрешността му да се изпари, което може да причини разваляне на

месото, а ако влажността е твърде висока (над 75%) се създават условия за размножаване на нежелани типове бактерии и плесени, които също повреждат преработеното месо;

- **Въздушен поток** - ползата от него за процеса на сушене е двойна. Първо, той извлича влагата от повърхността на това, което се суши. Второ, той спомага да се държи под контрол вредната плесен, като намалява количеството влажен въздух около месото;

- **Въздушно налягане** - налягането на въздуха в сушилната камера влияе върху скоростта на извличане на влагата от вътрешността на сушения материал. Колкото е по-ниско налягането, толкова влагата се отделя по-бързо и в по-голяма степен, т.е. съкращава се времетраенето на процеса на сушене.

На фиг. 1 е представена функционалната блокова схема на разработваната сушилна. За контролираните параметри на сушилния



Фиг. 1. Функционална блокова схема на разработваната сушилна

процес в блоковата схема са предвидени сензори за температура, влажност, а също и за въздушното налягане на въздуха в системата.

Сензор за измерване на въздушния поток не е необходим, тъй като той е пропорционална величина на скоростта на въртене на вентилатора за циркулация и може да се пресметне. Тази скорост може да се контролира от микроконтролера чрез силовата част (драйвера) в схемата, чрез широчинно-импулсна модулация на захранването на вентилатора или чрез специализирания контролер, вграден във вентилатора.

За постигане на работните температури (около $10 \div 15$ °C) в сушилнята се използва елемент на Пелтие. Той работи като охлаждащ елемент, като за управление на температурата на студената му страна се включва и изключва захранването му, а горещата му страна се охлажда чрез вентилатор, който също може да се контролира според нейната температура.

Температурите на студената и горещата страна на Пелтие елемента се измерват чрез подходящи температурни сензори. Налага се следенето на температурата на топлата страна, защото е възможно високата температура на радиатора да предизвика повреда в корпуса на сушилнята или пожар. Температурата на студената страна на елемента трябва да се измерва, защото е възможно прекаленото му изстудяване да доведе до залежаване на радиатора и забавяне (спирание) на процеса сушене. За управление на Пелтие елемента и на охлаждащия го вентилатор от микроконтролера е нужна силова част (драйвери).

За да е възможно да се използва сушилнята при околна температура, която е под 10 °C, в системата е предвиден нагревател. При преминаването на влажния въздух през охладения радиатор на Пелтие елемента, който трябва да бъде най-студената точка в системата, влагата кондензира върху него, но също така въздухът се охлажда. Чрез нагревателя въздухът се загрява до желан температурен диапазон, подходящ за сушилният процес, преди постъпването му в сушилната камера. Управлението на температурата на нагревателя се извършва от микроконтролера чрез силовата част (драйвер), която включва и изключва захранването му чрез широчинно-импулсна модулация с ни-

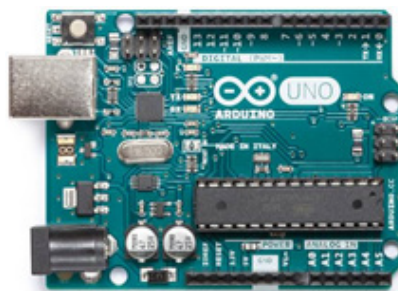
ска честота.

За постигане на понижено въздушно налягане в системата е поставена въздушна помпа със съответната силова част (драйвер), който включва и изключва захранването ѝ при необходимост;

За локално визуализиране на текущото състояние и за настройване на параметрите на сушилният процес, в блоковата схема на системата е предвиден блок за потребителски интерфейс. Този потребителски интерфейс може да се осъществи също и отдалечено чрез компютър, като за това е предвиден блок за комуникация.

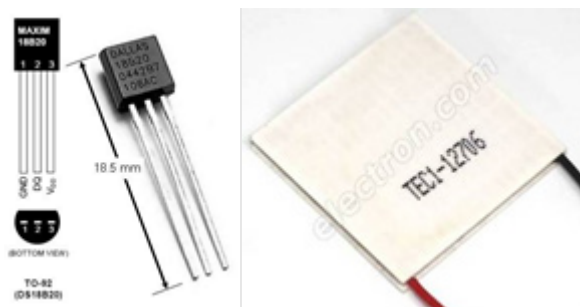
За съхраняване на предварително зададени параметри на процеса на сушене за няколко различни продукти, както и за текущо настройването, в схемата е предвиден блок памет, който трябва да бъде реализиран чрез енергонезависима памет (например EEPROM).

В блоковата схема на проектираното устройство управлението на всички блокове и процесът на сушене се извършва от микроконтролер, който е базиран на Arduino развойна среда. Избран е този подход, за да се осигури възможност за развитие на системата – хардуерно и програмно, а също така, за да се намали цената на компонентите и времето за реализиране, чрез съществуващи разширителни модули и софтуерни библиотеки за тях.



Фиг. 2. Arduino Uno R3 микроконтролер

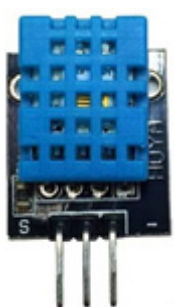
При разработването на сушилнята са избрани следните компоненти: микроконтролер Arduino Uno R3 [1] (фиг. 2); цифров температурен сензор DS18B20 [2] – за измерване на температурите на топлата и на студената страна на Пелтие елемента [3] (фиг. 3); комбиниран цифров сензор DHT11 [4] за измерване на температурата и относителната влажност на въздуха в сушилната камера (фиг. 4);



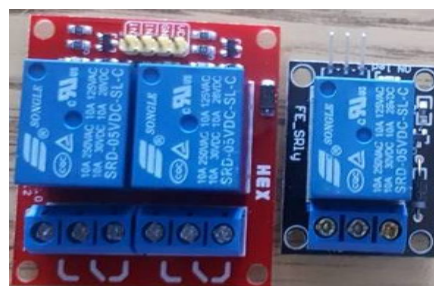
Фиг. 3. DS18B20 и Пелтие елемент



Фиг. 7. Въздушна помпа



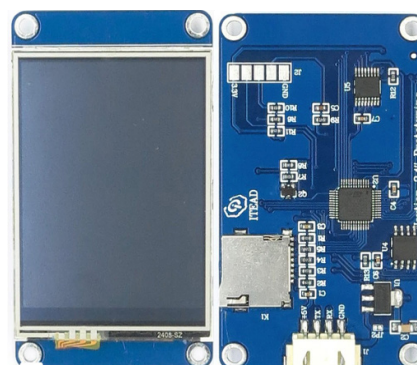
Фиг. 4. DHT11



Фиг. 8. Модули на релета



Фиг. 5. BMP280



Фиг. 9. Nextion 2.4" дисплей



Фиг. 6. Нагревател



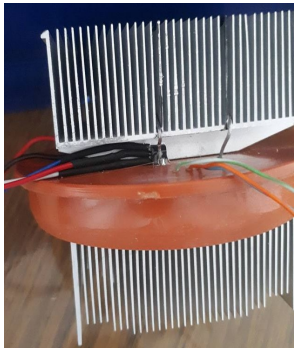
Фиг. 10. Охлаждащ вентилатор

комбиниран цифров сензор BMP280 [5] – за измерване на атмосферното налягане и температурата на въздуха (с висока точност) в сушилната камера (фиг. 5); нагревател за въздуха (фиг. 6); вибрационна въздушна помпа за вакуум (фиг. 7); модули на релета за управление/захранване на мощните компоненти (фиг. 8); Nextion 2.4" HMI (NX3224T024) [6] програмируем TFT дисплей с резистивна тъч-функция (фиг. 9); охлаждащ вентилатор на Пелтие елемента (фиг. 10) и циркулационни вентилатори (фиг. 11).



Фиг. 11. Циркулационни вентилатори

Конструктивното решение включва: възел за охлаждане с Пелтие елемент и температурни сензори (фиг. 12); възел за нагряване на въздуха (фиг. 13); възел за измерване на влажност и температура на въздуха и дезинфекция с ултравиолетов светодиод (фиг. 14).



Фиг. 12. Възел Пелтие

Камерата на сушилнята е реализирана чрез платмасова кутия с херметично уплътнение, а въздуховодът е изграден от стандартни PVC компоненти с гумени уплътнения.

На фиг. 15 е представена разработената сушилня в полусглобен вид.

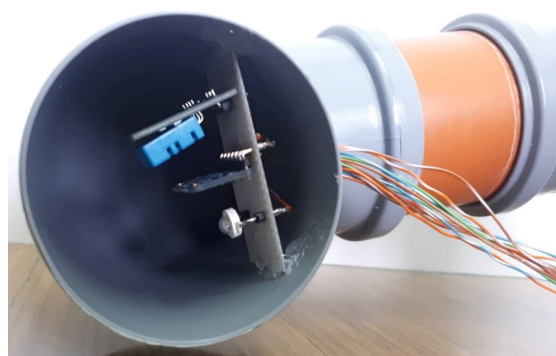
С помощта на Nextion Editor са разработени два графични екрана за визуализиране

на процеса на сушене.

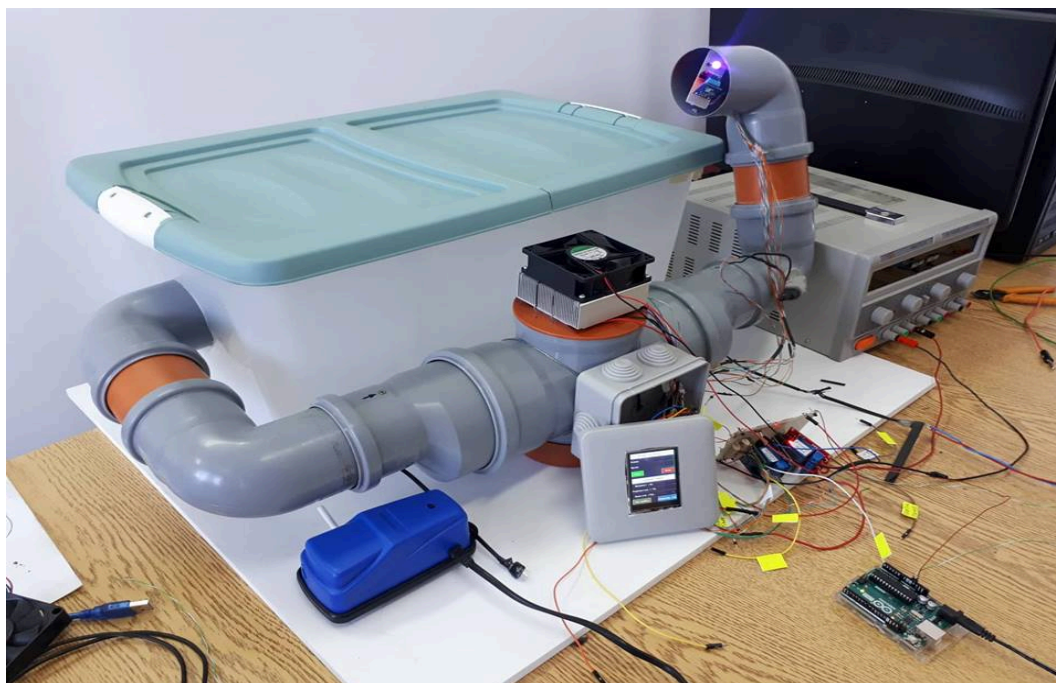
На фиг. 16 е представен обобщения алгоритъм на работа на системата, където след включване на захранването на системата



Фиг. 13. Възел нагряване



Фиг. 14. Възел измервателен

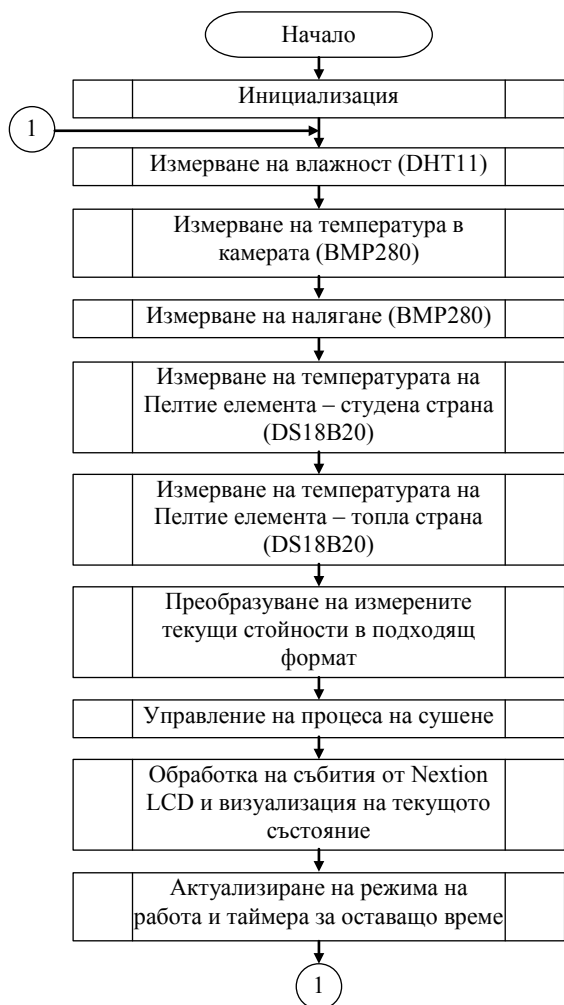


Фиг. 15. Полусглобен вид на сушилнята

на текущото състояние на сушилнята и четири екрана за настройване на параметрите за контрол на температурата, влажността и налягането на въздуха и на времетраенето

се извършва начална инициализация на работни променливи в системата, на комуникационните интерфейси и на хардуерните компоненти.

Следва циклично изпълнение на останалата част от алгоритъма до изключване на захранването.



Фиг. 16. Обобщен алгоритъм на работа

В първата част последователно се прочитат текущите измерени стойности от сензорите в системата – относителна влажност на въздуха, температура на въздуха в камерата, въздушно налягане в системата, температурите на топлата страна и на студена страна на Пелтие елемента, след което величините се преобразуват до подходящ за работа формат.

В частта за управление на процеса се следи за достигането на зададените прагови стойности за всеки от измерваните параметри на процеса, в резултат на което се превключват по релеен закон съответните изпълнителни механизми в системата.

Циклично се проверява за събития от потребителския интерфейс и се актуализира режимът на работа и таймера за оставащо време на сушилния процес.

За реализирането на програмното осигуряване в средата Arduino IDE са използвани готови библиотеки от различните производители на графичния дисплей, на сензорите, както и такива от интернет портала на Arduino за използваните видове комуникационни интерфейси.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработената сушилня за месни продукти може да намери приложение във всяко домакинство. Тя е със сравнително ниска цена, компактна е и осигурява лесно управление на сушилния процес чрез графичния потребителски интерфейс с тъч функция.

В бъдеще сушилнята може да се адаптира за сушене и на други материали без промяна в хардуерната част. Софтуерно могат да се реализират и други закони за управление на процеса на сушене, а също така може да се реализира и профилно управление чрез промяна на заданието на контролираните величини в различни времеви сегменти.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящият документ е изготвен с финансовата помощ на договор № 1907Е за провеждане на научни изследвания по проект на тема: „Внедряване на иновационни ИКТ технологии в обучението“ към Технически университет – Габрово.

REFERENCE

- [1] Arduino, Arduino Uno Rev3, <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>, 2018.
- [2] Maxim Integrated Products, Inc., DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer, <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>, 2015.
- [3] HB Corporation, TEC1-12706 Thermoelectric Cooler, <https://www.electron.com/peltier-module-hebei-tec1-12706-p357>, 2018.
- [4] Aosong(Guangzhou) Electronics Co., Ltd., DHT11 product manual, https://www.waveshare.com/w/upload/c/c7/DHT11_datasheet.pdf, 2018.
- [5] Bosch Sensortec GmbH, BMP280 Digital Pressure Sensor, <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP280-DS001-11.pdf>, 2015.
- [6] ITEAD STUDIO, Nextion HMI display, <https://nextion.itead.cc>, 2018.