



Концепция за IoT базирана метрологична станция

Снежинка Захариева¹, Йордан Стоев², Радина Трифонова³

¹Катедра Електроника
Русенски университет „Ангел Кънчев“
ул. "Студентска" 8, Русе, пк. 7017
E-mail: szaharieva@uni-ruse.bg

²Катедра Електроника
Русенски университет „Ангел Кънчев“
ул. "Студентска" 8, Русе, пк. 7017
E-mail: istoiev@uni-ruse.bg

³Катедра Електроника
Русенски университет „Ангел Кънчев“
ул. "Студентска" 8, Русе, пк. 7017
E-mail: radinasvetlinova@abv.bg

*Corresponding author

Резюме: Топлинният стрес при едрия добитък се поражда в резултат от комбинацията на няколко променливи метеорологични фактора, като температура на околната среда, относителна влажност, слънчева радиация и скоростта на вятъра. Тези фактори могат да окажат отрицателно въздействие, както върху благосъстоянието на животните, така и върху производителността им. Известно е, че по-голямата част от местата, на които се отглежда едър добитък се намират в близост или извън населени места. Именно поради тази причина обекта на статията е концепция за реализиране на IoT базирана метрологична станция, посредством, която в реално време да се получава информация за измерените атмосферни параметри, с което да се противовъздейства срещу евентуално възникване на топлинен стрес при животните.

Ключови думи: Топлинен стрес, метрологична станция, интернет на нещата

Concept for IoT - based metrology station

Snezhinka Zaharieva, Iordan Stoev, Radian Trifonova

¹Department of Electronics
University of Ruse "Angel Kanchev"
8 Studentska str., POB 7017, Ruse, Bulgaria
E-mail: szaharieva@uni-ruse.bg

²Department of Electronics
University of Ruse "Angel Kanchev"
8 Studentska str., POB 7017, Ruse, Bulgaria
E-mail: istoiev@uni-ruse.bg

³Department of Electronics
University of Ruse "Angel Kanchev"
8 Studentska str., POB 7017, Ruse, Bulgaria
E-mail: radinasvetlinova@abv.bg

*Corresponding author



Abstract: Heat stress in cattle results from the combination of several weather variables such as ambient temperature, relative humidity, solar radiation and wind speed. These factors can have a negative impact on both animal welfare and performance.

It is known that the majority of cattle farming sites are located near or outside settlements. It is for this reason that the object of this paper is a concept for the implementation of an IoT-based metrology station, through which real time information on measured atmospheric parameters can be obtained, thereby counteracting the possible occurrence of heat stress in animals.

Keywords: Heat stress, metrology station, IoT

Въведение

Топлинният стрес при едрия добитък се поражда в резултат от комбинацията на няколко променливи метеорологични фактора, като температура на околната среда, относителна влажност, слънчева радиация и скоростта на вятъра. Тези фактори могат да окажат отрицателно въздействие, както върху благосъстоянието на животните, така и върху производителността им.

В зависимост от вида и породата, едрия добитък може да изпита топлинен стрес при температури, по-високи от 20°C [1]. В следствие на това животните намаляват приема на фураж с 3-5%, което от своя страна неминуемо може да доведе до намаляване на тяхната продуктивност [2, 3]. Топлинният стрес също така води до увеличено дишане, намаляване на плодовитостта, промяна на поведението на животните и потискане на имунната и ендокринната им системи, като по този начин се увеличава податливостта им към определени заболявания и дори може да се стигне и до смърт [4, 5, 6, 7].

Всичките тези промени като последващ ефект могат да се отразят негативно върху икономическите резултати на млекопроизводителите и говедовъдите, като и върху производството на говеждо месо.

Ескалиращото търсене на животински продукти, съчетано с постоянно повишаващите се температури е неудобна комбинация, тъй като е възможно да възникнат скъпи инфраструктурни инвестиции за адаптиране на животните към новата топлинна среда с цел повишаване на тяхната продуктивност [2]. Според проучване [5, 8] в началото на 2000 г., годишните загуби, дължащи се на топлинен стрес за САЩ възлизат на 1,26 милиарда щатски долара, а при липса на смекчаване на последиците тези загубите в Обединеното кралство до 2080 г. ще достигнат 40 млн. паунда.

Авторите на [9] стигат до извода, че топлинният стрес ще се превърне в сериозно предизвикателство в системите за отглеждане на едър добитък с напредването на настоящия век, което ще доведе до намаляване на производството на мляко и месо. Ефектът от изменението на климата върху здравето и уязвимостта на животните е утежняваща тенденция.

Известно е, че по-голямата част от местата, на които се отглежда едър добитък се намират в близост или извън населени места. Именно поради тази причина обекта на статията е концепция за реализиране на IoT базирана метрологична станция, посредством, която в реално време да се получава информация за измерените атмосферни параметри, с което да се противовъздейства върху евентуално възникване на топлинен стрес при животните.

През последните години се наблюдава бързото развитие и внедряване на приложения за Интернет на нещата (Internet of Things - IoT) в различни отрасли на индустрията, селското стопанство и животновъдството. Интернет на нещата се очертава, като третата вълна в еволюцията на Интернет.

През 90-те години Интернет вълната свърза 1,2 милиарда абонати, докато вълната, предизвикана от мобилните устройства 2000-те свърза още 2,4 милиарда. Всъщност се очаква IoT да се състои от повече от 84 милиарда свързани устройства, генериращи 186 зетабайта данни до 2025 г.. IoT включва основни видове мрежи, които завладяват света на информационните технологии за десетилетие [10].

IoT се разраства бързо в няколко индустриални вертикали, заедно с увеличаване на броя на взаимосвързаните устройства и диверсификация на IoT приложения. Интернет на нещата съчетава реално и виртуално, навсякъде и по всяко време, грабва вниманието както на конструктора, така и на лицето, което обезпечаваша софтуера.

Концепция за IoT базирана метеорологична станция

За да се предотврати появата на топлинен стрес при едрия добитък е необходимо в реално време да се получава информация за атмосферните показатели на околната среда. Поради тази причина метеорологичната станция трябва да измерва различни климатични параметри и да притежава функционалност за предаване на данните по интернет. Интерес представляват следните показатели:

- температура;
- барометрично налягане;
- относителна влажност;
- слънчева радиация;
- скорост на вятър.

При разработването на метеорологичната станция трябва да се има в предвид, че система трябва да изпълнява функции на определени климатични параметри, като за тази цел би било подходящо използването на едночипов микроконтролер или друг тип модул, който да изпълнява предварително зададен алгоритъм, имплементиран в програмен код.

С широкото развитие на електрониката и интернет, много от задачите за предаване на данни се опростяват. Технологичната база се разви достатъчно за да позволи евтино свързване на един микроконтролер с външния свят. До преди известно време, цените на безжичните рутери и устройствата свързани с тях бяха прекалено високи и избора се свеждаше до използването на LAN мрежи за пренос на комуникация и пренос на данни. В наши дни, цените вече са достатъчно ниски и това определя до голяма степен избора на безжичен комуникационен канал. Една безжична мрежа се осъществява чрез един или повече безжични рутери и едно или повече безжични устройства.

Съществуват различни технически решения за измерване на изброените физични величини, като към настоящия момент има разработени сензори, в които са интегрирани модули за измерване на няколко физични величини.

Що се отнася до избора на сензори, основните фактор са миниатюризацията, надеждността и възможността им за интеграция с микроконтролер за отчитане на данните и манипулацията им.

За измерване на слънчева радиация се използва сензор SX2596 със следните параметри:

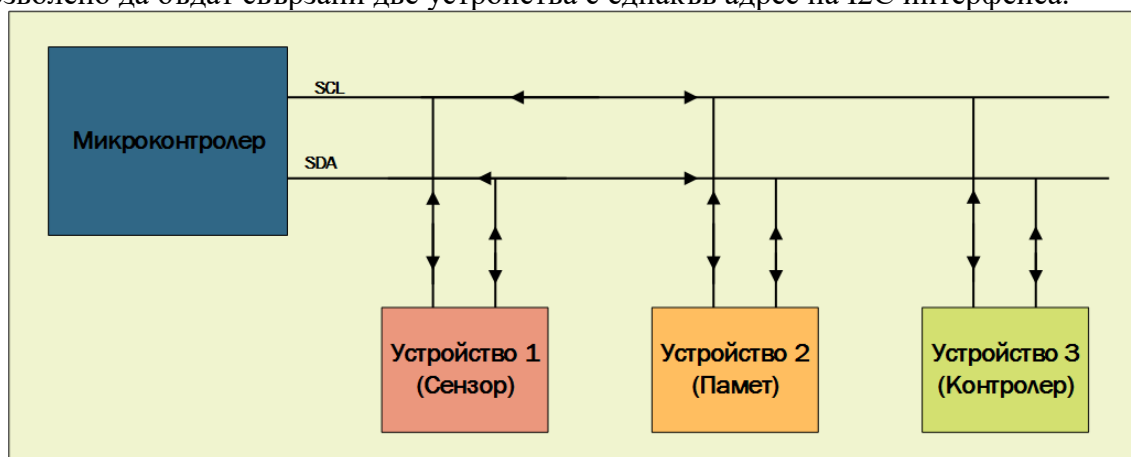
- Спектър на детектираната слънчева радиация: 300 ~ 1100nm;
- Захранване: 5V, 12-24VDC;
- Обхват на слънчевата радиация: 0-1500W/m²;
- Резолюция: 1W/m²;
- Изход: 0-5V, 4-20mA, RS485;
- Работен температурен обхват: -40°C – +80°C.

Сензорът е конфигуриран да предоставя данните си по сериен интерфейс RS485. Метеорологичната станция е снабдена с анемометър A100L2 с максимална измервана скорост на вятъра е 75m/S. Данните за измерената скорост на вятъра се предават във формата на правоъгълен сигнал с честота, зависеща от скоростта на вятъра, като 10Hz съответстват на скорост на вятъра 0.51444 m/S. Максималния честотен обхват е 0 – 1500 Hz, което отговаря на 0 – 77.2 m/S.

BME280 е устройство за измерване на различни физични величини, което интегрира вграден сензор за температура, сензор за влажност и сензор за барометрично налягане. Сензорът е с висока точност, множество функции, малък размер и т.н. Той осигурява интерфейси SPI и I2C, които улесняват бързото създаване на прототипи. Може да се използва широко при измерване на параметрите на околната среда и приложения в Интернет на нещата (IoT).

Сензорът BME280 притежава комуникационни интерфейси I2C и SPI. Тези интерфейси са разработени от Philips и Motorola и служат за свързване на различни сензори, модули LCD дисплеи към микроконтролери. В редица случаи те се използват също за междупроцесорна комуникация. Двата интерфейса са серийни, т.е. използват минимален брой изводи за обмен на данни между две или повече устройства.

I2C или Inter-Integrated Circuit е комуникационен протокол, разпространен в системите изградени на базата на микроконтролери, особено за взаимодействие със сензори, с памет и течнокристални дисплеи. Интерфейсът I2C използва два проводника за комуникация, като и двата са с тип отворен дрейн. Към интерфейса се свързват устройство, което се нарича „Мастер“ и други, които се наричат „Подчинени“. Всяко устройство е свързано паралелно в двупроводния интерфейс – фигура 1. За да се осъществи коректна комуникация, всяко устройство притежава собствен адрес. Главното устройство, в случая микроконтролера изпраща команда, която съдържа адреса на подчиненото устройство. Всички устройства извършват мониторинг за този адрес и при съвпадение, започва комуникация със съответното устройство. Не е позволено да бъдат свързани две устройства с еднакъв адрес на I2C интерфейса.



Фигура 1 Топология на I2C интерфейс

Изборът на микроконтролер за изграждането на метеорологичната станция ще бъде продиктуван от различни фактури. Основни ще бъдат възможността за свързване с интернет, методите на разработка на фърмуера, бързодействие, входно-изходни интерфейси. В таблица 1 са представени основни критерии за избора на микроконтролер за измерване на климатичните параметри в метеорологичната станция. Изхождайки от съпоставката за безплатна програмна среда, компилатор и начин на

свързване към интернет, най-подходящ се оказва микроконтролер ESP32. Тъй като разработваната метеорологична станция ще използва сензор за измерване на параметри с интерфейс I2C, микроконтролера ще трябва да съдържа комуникационен интерфейс I2C.

Една важна особеност на всички устройства, включени към една компютърна мрежа е, че те трябва да съдържат TCP/IP стек. Това е една сложна програма, която осъществява програмната връзка между микроконтролера и мрежата. Под мрежа се разбира мрежата на ниво софтуер, а не на ниво хардуер. Даден TCP/IP стек съдържа множество работни слоеве, които предоставят част от нужната функционалност. Разглеждат се как стоят нещата от гледна точка на микроконтролера.

Таблица 1. Основни характеристики на микроконтролери и модули

Процесор / Модул	Интернет свързаност	Интерфейси	Софтуерна поддръжка
PIC18/24/32	Външен модул	I2C, SPI, UART...	Безплатен компилатор и среда
STM32	Външен модул	I2C, SPI, UART...	Безплатен компилатор и среда и библиотеки
NXP LPC2000, LPC3000	Външен модул	I2C, SPI, UART...	Безплатен компилатор и среда
ESP32	Вграден WiFi	I2C, SPI, UART...	Безплатен компилатор и среда и библиотеки
TI MSP430, MSP432	Външен модул	I2C, SPI, UART...	платена

Приложение (Application) е софтуер, който работи в самия микроконтролер – например програмата за измерване на температурата. За да стигнат данните от измерената температура до мрежата, те трябва да преминат през различни слоеве – TCP(UDP) – транспортен протокол за обмен на данни, IP – това е мрежовия слой и той съдържа самия адрес на съответното устройство. Hardware Interface – това е физическия канал за връзка – LAN или WiFi. IP адрес е цифров етикет, който е зададен на всяко устройство (компютър, принтер, мрежов диск т.н.) което участва в дадена компютърна мрежа, която използва “Интернет протокол” за комуникация. IP адресът извършва две функции: идентификация и адресиране. Дизайнерите на “Интернет протокол” са дефинирали IP адреса като 32 битово число и тази система се нарича “Интернет Протокол Версия 4” – IPv4 и все още се използва. Вече е въведена и IPv6.

За нуждите на разработваната метеорологична станция ще бъдат разработени различни видове програми – часовник за реално време, HTTP сървър, който ще осигури съхраняването на няколко интернет страници, които ще визуализират работата на метеорологичната станция, NTP (Network Time Protocol) – програма, която ще предоставя на самата система UTC (Coordinated Universal Time) точно време от предварително зададен сървър.

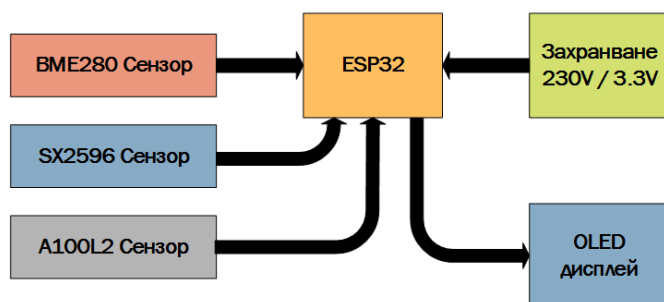
При разработването на едно мрежово устройство, задължително се решава какъв ще бъде начина на свързване към самата мрежа. Съществуват устройства които използват само кабелен комуникационен канал. Други използват кабелен, плюс WiFi. Трети използват само WiFi. Най-евтина и удачна е третата опция, като трябва да се подчертае

липсата на специални и скъпи RJ-45 конектори и интегрални схеми осъществяващи физическия слой между мрежата и микроконтролера.

На фигура 2 е представена блоковата схема на IoT базираната метрологична станция. Тя се състои от модул ESP32, който представлява основната част от нея, BME280 сензор за измерване на барометрично налягане, температура и влажност, SX2596 сензор за измерване на слънчевата радиация и анемометър A100L2 за измерване на скоростта на вятъра. OLED дисплей за визуализация на измерените физични величини и захранващ модул за осигуряване на захранване на станцията.

Модулът е изграден на базата на SoC ESP32, където се изпълнява кода на системата. За визуализация на данните от измерването служи LCD1 – OLED дисплей с резолюция 128x64 пиксела. Програмирането на модула ESP32 се извършва чрез USB към USART конвертер. Интегрален регулатор на напрежение U1 служи за стабилизиране на захранващото напрежение, като е избран регулатор на напрежение LM1085-3.3.

На фигура 3 е представен алгоритъм на работа на разработената метеорологична станция. Изпълнението на програмата започва с инициализация на хардуера и на използваните променливи и свързване към предефинирана WiFi мрежа. Следва безкраен цикъл в който се измерват метеорологичните параметри, получава се интернет времето и цялата информация се визуализира върху дисплея.



Фигура 2 Блокова схема на метеорологичната станция



Фигура 3 Алгоритъм на фирмуера на „Метеорологична станция“

За пресмятането на параметрите характеризиращи надеждността е удобна употребата на софтуерната платформа “Lambda Predict 2021” на фирмата “ReliaSoft”, фигура 4.

Name	Category	Quantity	Failure Rate(t=INF)	MTBF	Contribution
Weather Station	FIDES	1	5310.3640 FITs	1.8831E+05 hrs	1.0000
Weather Station	Block	1	5310.3640	1.8831E+05	1.0000
Resistor	Resistor	8	3.9217	2.5499E+08	0.0007
Aluminum Capacitor	Aluminum Capacitor	1	21.8777	4.5709E+07	0.0041
Ceramic Capacitor	Ceramic Capacitor	4	55.3902	1.8054E+07	0.0104
Tantalum Capacitor	Tantalum Capacitor	1	24.2239	4.1282E+07	0.0046
Diode MR750	Discrete Semiconductor	4	5.8479	1.7100E+08	0.0011
Switch	Switch	2	105.9043	9.4425E+06	0.0199
ESP32 Module	Hybrid/Multi Chip Module(H & M)	1	-	-	0
Piezoelectric Component	Piezoelectric Component	1	128.5400	7.7797E+06	0.0242
Integrated Circuit	Integrated Circuit	3	5.3779	1.8594E+08	0.0010
Connector	Connector	1	1.0178	9.8251E+08	0.0002
LCD Screen	LCD Screen	1	4956.8003	2.0174E+05	0.9334
Transformer	Discrete Semiconductor	1	1.4620	6.8401E+08	0.0003
PCB	PCB	1	0.0004	2.8295E+12	6.6553E-08

Фигура 4 Изходни данни от “Lambda Predict 2021” симулатор

Според спецификацията, тази платформа работи с различни стандарти за надеждност на електронни компоненти и системи, като MIL-HDBK-217-F (MIL-217), Bellcore/Telcordia, FIDES или NSWC Mechanical. Качествената характеристика за определяне на надеждността е средното време за безотказна работа. За да се изчисли MTBF на системата, трябва поотделно да се въведат всички компоненти. След въвеждането им, според симулатора има следното време между отделни повреди (Mean Time Between Failures) MTBF = 188300 h.

Заклучение

Глобалните климатични промени неминуемо ще доведат до понижаване на производителността на едрия добитък, която от своя страна ще се отрази негативно върху икономически резултати на млекопроизводителите и производителите на говеждо месо. Редица учени алармират, че топлинният стрес ще се превърне в сериозно предизвикателство в системите за отглеждане на едър добитък с напредването на настоящия век. Именно поради тази причина от съществено значение е да се замислим с какво можем да подобрим благосъстоянието на животните, така че да ги съхраним и същевременно да увеличим тяхната производителност.

Тъй като по-голямата част от местата, на които се отглежда едър добитък се намират в близост или извън населени места, в тази статия е предложена концепция за реализиране на IoT базирана метрологична станция. Така в реално време може да се получава информация за измерените атмосферни параметри, с което да се противовъздейства върху евентуално възникване на топлинен стрес при животните.

Благодарности

The research leading to these results has received funding from the Ministry of education and science under the National science program INTELLIGENT ANIMAL HUSBANDRY, grant agreement №Д01-62/18.03.2021



Литература

1. Herbut P, Angrecka S, Godyń D, Hoffmann G. The physiological and productivity effects of heat stress in cattle—a review. *Ann Anim Sci* 2019; 19: 579–93.
2. Collier RJ, Gebremedhin KG. Thermal biology of domestic animals. *Annu Rev Anim Biosci* 2015; 3: 513–32.
3. Tedeschi LO, Fox DG. An applied model for predicting nutrient requirement and feed utilization in ruminants, vol 1, 3rd edn. Ann Arbor, USA: XanEdu Publishing, 2020.
4. Vitali A, Segnalini M, Bertocchi L, Bernabucci U, Nardone A, Lacetera N. Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature-humidity index in dairy cows. *J Dairy Sci* 2009; 92: 3781–90.
5. Wall E, Wreford A, Topp K, Moran D. Biological and economic consequences of heat stress due to a changing climate on UK livestock. *Adv Anim Biosci* 2010; 1: 53
6. Das R, Sailo L, Verma N, et al. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: a review. *Vet World* 2016; 9: 260–68
7. Silanikove N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest Prod Sci* 2000; 67: 1–18
8. St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J Dairy Sci* 2003; 86: e52–77
9. Thornton P., Nelson G., Mayberry D., Herrero M. Impacts of heat stress on global cattle production during the 21st century: a modelling study www.thelancet.com/planetary-health Vol 6 March 2022; e192–201
10. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660



Snezhinka Zaharieva

E-mail: szaharieva@uni-ruse.bg



Assistant professor PhD Eng. Snezhinka Zaharieva, is a teacher at the Faculty of Electrical Engineering, Electronics and Automation at Angel Kanchev University of Ruse. His research interests are in the field of specialized electronic systems for industrial process control based on statistical analysis and accuracy assessment. She has over 11 years of teaching experience, over 25 publications in refereed databases and over 35 publications in national conferences with international participation. Research and interests are currently focused on the various aspects of efficient use of energy resources based on Predictable Internet of Things (PIoT).

Iordan Stoev

E-mail: istoev@uni-ruse.bg



PhD Eng. Yordan Ivanov Stoev is a Hydroacoustics Expert at the State Enterprise "Port Infrastructure", Specialized Division, Directorate "Management of Ship Traffic - Danube River" My work is related to hydrographing the bottom of the ports in the Bulgarian section of the Danube River and preparation of hydrographic maps for the subsequent preparation of orders for safe navigation in the ports, issued by the Ruse River Supervision Directorate and the Lom River Supervision Directorate. My scientific interests are related to communication protocols and sensors for measuring different physical quantities. I have extremely good abilities in developing printed circuit boards for various types of electronic devices. My interests are also related to programming for different platforms - Windows and Linux operating systems, as well as microcontrollers in different forms - 8, 16 and 32 bit from different manufacturers.