



Технологично училище “Електронни  
системи” към ТУ-София



## **Разработка на автоматизирана ферма за мравки (формикариум)**

**Дисциплина:**

Вградени микропроцесорни системи

**Изготвил:**

Ивайло Георгиев №9 11Б

**Проверил:**

Росен Витанов

2022 г.

гр. София

# Съдържание

<b>1. Описание.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1) Въведение.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2) Първоначално проучване.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Блок схема.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1) Описание на блок схемата.....</b>	<b>11</b>
<b>3. Принципна електрическа схема.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1) Описания на електрическата схема.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2) Списък с елементи.....</b>	<b>15</b>
<b>4. Процес на разработка.....</b>	<b>16</b>
<b>5. Бъдеща реализация.....</b>	<b>18</b>
<b>Източници.....</b>	<b>19</b>

# 1. Описание

## 1.1) Въведение

Мравефермата е една от най-емблематичните образователни играчки на 20-ти век. Още с появата си на пазара през 1950 г., тя става хит сред американските деца. Типът формиариум, който излиза през тази година, е тъй-нареченият “Uncle Milton's Ant Farm” или познат на повечето като “класическата мравеферма”. Той представлява две плексигласови плоскости, които имат 1cm разстояние между тях. Празнината се запълва с кварцов пясък, който се навлажнява, за да задържа структурите и тунелите по-добре. Този тип ферми са предназначени основно за червените мравки жътвари (*Pogonomyrmex* sp.), защото те са едри, идръжливи и се срещат на много от по-южните части на САЩ. Тъй като са произведени с идеята да се отглеждат само ендемични за Северна Америка видове, тези формиариуми са практически неизползваеми (не стават за мноото от чуждестранните видове) за хора в останалите части на света.

Революцията в хобито започва в началото на 21-ви век, когато вече има много форуми, които позволяват на ентусиасти от цял свят да обменят идеи и знания. Това води до появата на много различни типове мравеферми, които са изработени от различни материали и са подходящи за специфични видове. Един от първите “мравкари” в България е радиоелектронният инженер Ясен Добрев.

Целият този обмен на информация води да обогатяването на знанията ни за мравките и разпространението на хобито. В момента има десетки хиляди хора, които се занимават с тези насекоми, и в много държави има специализирани/онлайн магазини, които предлагат мравки и продукти за тяхното отглеждане.

Въпреки наличието на толкова различни формиариуми, все още на пазара няма такива със система за автоматизиране. Самите мравки не изискват много грижи, но ако стопанинът им пътува много или има заето ежедневиe, може да няма достатъчно време за тях, при което такъв продукт би бил много полезен. Затова този проект цели да създаде автоматизирана мравеферма, която ще покрива всички нужди на мравките (като храна, вода,

влажност, светлина и др.) и ще изисква минимална поддръжка от потребителя.

## 1.2) Първоначално проучване

Всяка една мравеферма може да бъде разделена на две “мислени” части – гнездо и арена. Гнездото е мястото, в което мравките прекарват по-голямата част от времето си, почиват и се грижат за ларвите и царицата. Арената е по-откритата част от формикариума, в която работничките излизат да търсят храна, да пият вода и да изхвърлят отпадъците. Най-важните неща за живота на мравките са: вода; влажност в гнездото (без нея ларвите и яйцата умират); топлина (повечето видове се справят отлично на стайна температура, затова проектът няма да резглежда отоплителни системи); храна, която трябва да съдържа захари и източници на протеини, и прясна вода.

Една автоматизирана мравеферма трябва да покрива, ако не всички – поне повечето нужди на колонията. Както вече казахме, на пазара няма налични формикариуми с по-специфични автоматизации. Най-луксозните модели могат да включват термометър/влагомер или някой светодиод с копче, но нищо повече от това.

Имайки предвид изискванията, които изброихме, нашият проект ще включва следните неща: напоителна система; система за хранене с таймер; автоматизирани LED светлини (не са задължителни, но помагат за естетиката); термометър и влагомер, които показват output-a на екран и контролно табло.

Документираните подобни проекти са много малко и повечето не вървят с технически спецификации и подробни описания. Отрихме само три автоматизирани формикариума с достатъчно контекст и ще ги сравним с нашия по функционалност и приложение.

### 1. “Automated Formicarium - Ant Farm” от Robert Sälg

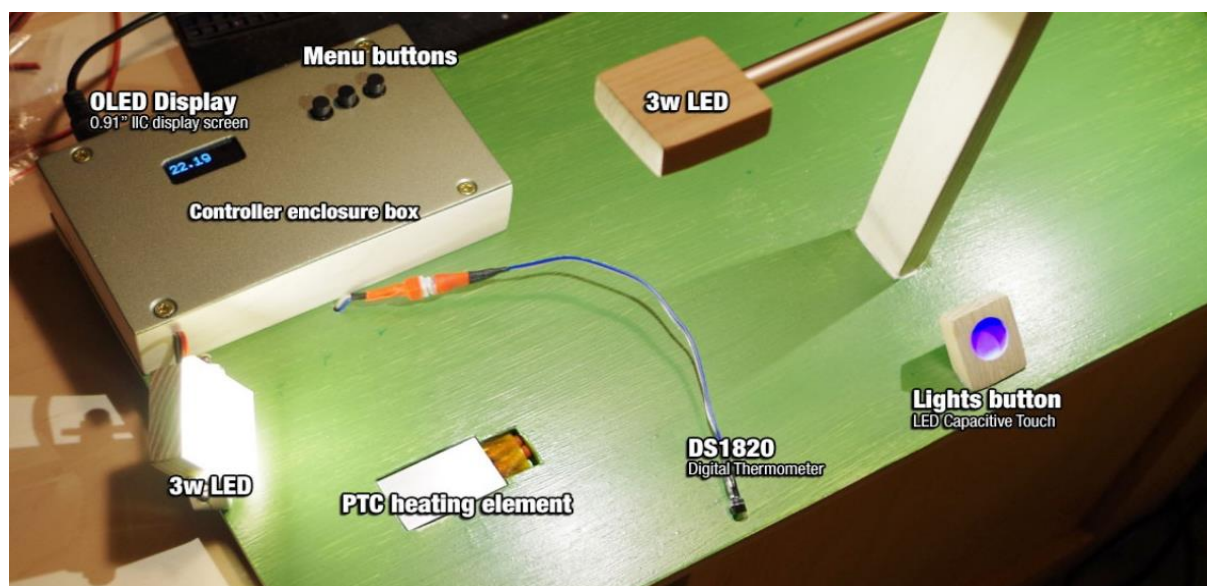
Този проект представлява поставка с капацитет два формикариума (Фиг. 1), която предоставя допълнителното отопление за един от тях (в зависимост от коя страна се сложат) и LED осветление, което се управлява

със сензорен бутон (LED capacitive Touch module). Предназначен е за по-топлолюбиви видове.



Фиг. 1 – Завършен вид на формиариума

Микроконтролерът, който се използва, е Arduino Pro Mini заради малките цена и размер. Контролният панел (Фиг. 2) има три тактилни бутона, които се използват за настройване на температурата, скоростта на нагряване и времето за изключване.



Фиг. 2 – Изглед към електронните елементи

Затоплянето на участъка под гнездото се осъществява чрез РТС елемент. Нагревателят и светодиодите се регулират с помощта на pwm сигнали чрез MOFSET транзистор IRLZ44N. Цифровият термометър, който се използва за регулиране на нагревателя и обратна връзка, е DS1820. Има добавен индикатор за предупреждения под формата на пасивен зумер (PPB). Включването и изключването на LED панелите се управлява със сензорен бутон. Това е плюс, защото мравките са чувствителни към вибрации, а стандартните бутонни превключватели могат да разклатят основата на формикариума при натискане, тъй като цялата конструкция е върху една плоскост. Модулът се захранва от пина на Arduino-то.

Плюсовете на формикариума са:

- Голям плюс е, че всичко е подредено на една платформа. Това улеснява почистването, преместването и съхранението на мравефермата.
- Контролното табло може да регулира всички основни компоненти на системата, което позволява на потребителя по-лесно да задава желаните температури.

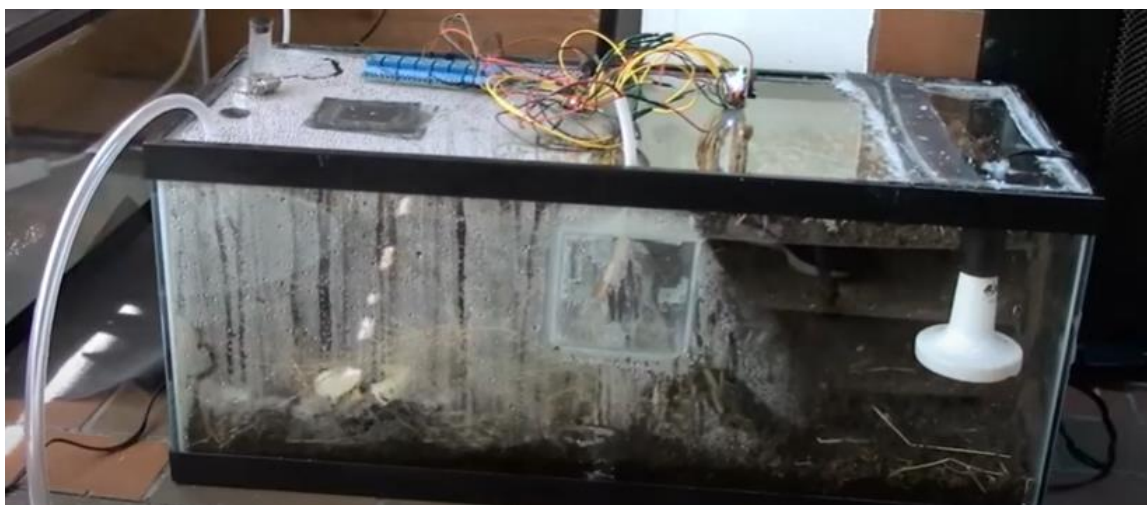
Минуси:

- Светодиодите и нагревателният елемент не могат да функционират едновременно. Когато светлините са включени, отоплението се изключва, тъй като в противен случай консумацията на енергия за захранването е твърде висока.
- Малко автоматизации. Допълнителен нагревател не е нужен за повечето видове мравки, които се отглеждат в домашни условия. Това прави РТС елементът излишен, ако няма да се грижим за топлолюбиви видове. Като универсална функционалност остава само осветлението.

## 2. “Automated Ant Farm” - проект в YouTube от Black Falcon Electronics

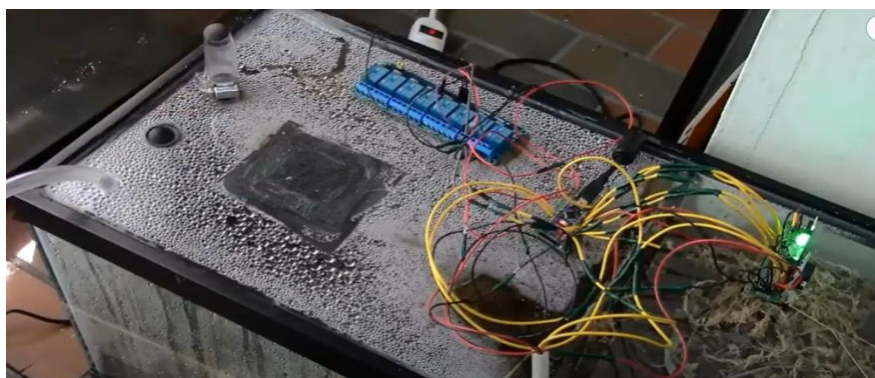
Формикариумът на YouTube каналът Black Falcon Electronics представлява аквариум с вградени нагревателна и напоителна система (Фиг. 3). Няма контролен панел и стойностите за температурите и честотата на напояване са зададени предварително в микроконтролера. Мравефермата е предназначена за по-топлолюбиви видове мравки.

Нагриването се осъществява чрез керамична нагревателна лампа, достигаща до 45 °С, която се регулира с Jbtek 8 Channel DC 5V реле (Фиг. 4). Има модул за измерване на температурата, който е вкаран с PVC шлаух през тесен отвор на горния панел на аквариума. Информацията за температурата стига до микроконтролерната платка, която е ELEGOO Nano Board CH. Тя е свързана с допълнителна платка, която съдържа пасивен зумер (РРВ) и светодиоди, които да сигнализируют, ако температурите са извън норма или ако системата за напояване е активирана.



Фиг. 3 – Изглед към цялата мравефермата

Системата за навлажняване е реализирана с помпа, която пак е свързана към един от каналите на релето. Има RTC (real time clock), който е настроен да пуска помпата през определен интервал от време. Механизмът за изпомпване се намира в резервоар под аквариума и водата минава по PVC шлаух, който влиза във формикариума през отвор на горния панел. Захранването е 12 V и за вход се използва портът на микроконтролерната платка.



Фиг. 4 – По-добър изглед към релето и микроконтролера



Плюсовете на формиариума са:

- Подходящ е за топлолюбиви видове или райони с по-хладен климат заради нагревателната лампа.

Минуси:

- Няма контролен панел, който да позволи за ръчна промяна на параметрите за отоплението и навлажняването.
- Системата за навлажняване не приема данни от сензор за влажност, за да се активира, а използва RTC. Това е голям минус, защото в зависимост от сезонния климат, влажността всеки път може да е различна. Това може да доведе до твърде голяма влажност, което да предизвика образуване на мухъл, гъбички и колонии от бактерии, или до твърде ниска влажност. И в двата случая може да се стигне до фатален край за колонията.
- Самият формиариум има неподходящ дизайн, който може да доведе до проблеми със системата. Има само един отвор за проветряване, което води до засилена кондензация. Това, в комбинация с нагревателната лампа, води до застоял и влажен въздух, който може с времето да увреди сензорите и незащитените кабели, както и да навреди сериозно на мравките.
- Проблеми с обгрижването на мравките. Когато се правят формиариуми с пръст, трябва дълбочината на субстрата да е поне 10 см, за да могат работничките да изградят стабилни структури. В случая на повечето места е около 5 см, което е крайно недостатъчно. Друг огромен недостиг е, че само едната половината от горния панел може да се отваря, а другата е оплътнена със силикон. Върху тази, която може да се маха, са поставени отворите за температурния сензор и шлауха на поливната система, както и всички елементи (реле, микроконтролер и допълнителния модул с RTC, светодиоди и PPV). Това означава, че при отваряне трябва да се размести целия хардуер и после пак да се постави на мястото си. Храната е предвидено да се пуска през малък отвор от същата страна на панела.

### 3. Плексигласова мравеферма с нагревател

Това е често срещан тип мравеферми, които могат да се закупят от повечето големи сайтове за продажба на стоки като Amazon и Aliexpress.



Представяват плексигласов контейнер запълнен с гипс (Фиг. 5), в който с машина са издълбани тунели и камери. Няма комплексни оптимизации, а само прост нагревател и терморегулатор. Може да се включи директно в електроснабдителната мрежа (работи на 110 – 240 V).



Фиг.5 – Преден и заден изглед към мравефермата

Плюсовете на формиариума са:

- Предоставя допълнително отопление за топлолюбивите видове.
- Лесно е за употреба и има добър дизайн

Минуси:

- Рисковано е толкова малък нагревател да се включи директно в ел. мрежата. Той се намира в непосредствена близост до мястото, в което мравките гнездат, и при еветуални проблеми резултатите със сигурност ще са фатални.

#### 4. Заключение от първоначалното проучване

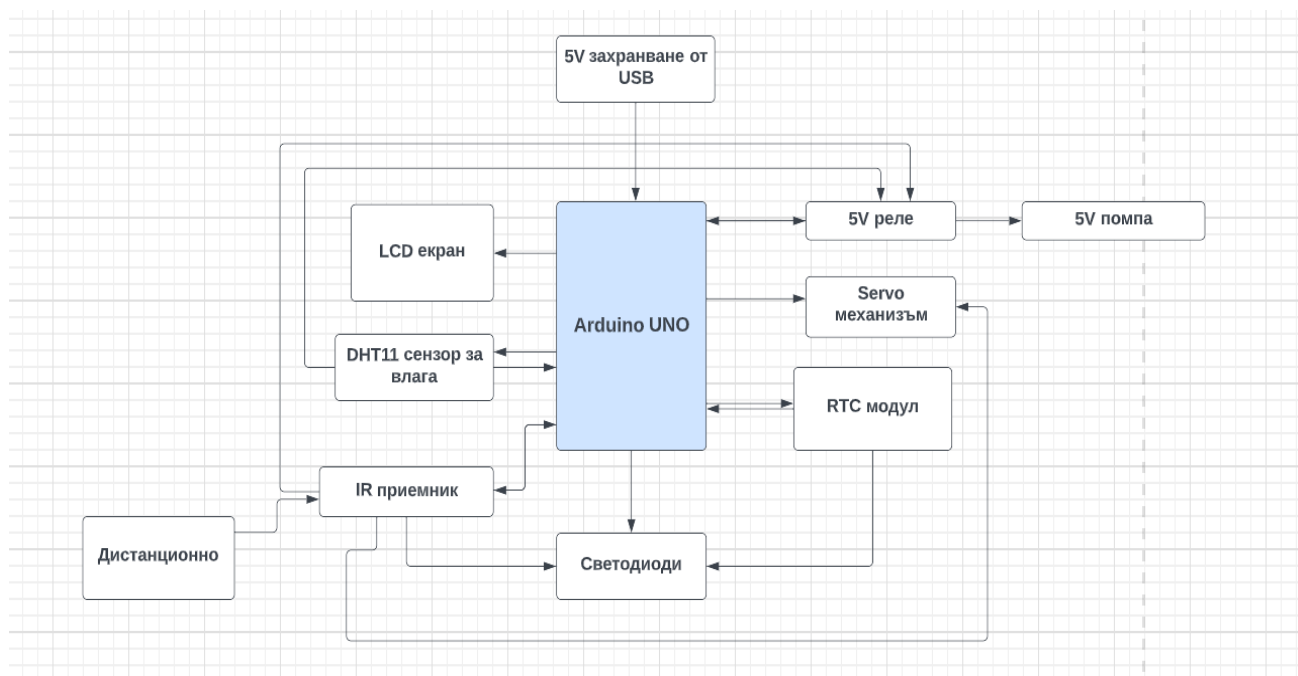
От мравефермите с вградени оптимизации, които разгледахме, може да заключим, че покриват много малко от изискванията на нашия проект. Фокусират се главно върху нагревателните системи, които в повечето случаи са излишни, и някои от тях са недобре разработени, което ги прави опасни както за мравките, така и за домакинствата.

Подробно сравнение между формиариумите може да се види във Фиг. 6

	Robert Sälg	BFElectronics	Плексиглас	Нашият проект
сис. за пускане на храна	×	×	×	✓
сис. за навлажняване	×	✓	×	✓
сис. за напояване	×	✓	×	✓
осветление	✓	×	×	✓
нагревателна сис.	✓	✓	✓	×
контролно табло	✓	×	×	✓

Фиг. 6 – Функционалности на различните формикуариуми

## 2. Блок схема



Фиг. 7 – Блок схема на проекта

## 2.1) Описание на блок схемата

Това е блок схемата (Фиг. 7), която обобщава нужните за проекта части и представя опростената връзка между тях.

Ще използваме Arduino UNO заради достатъчният брой пинове, функционалности и “beginner friendly” характеристики, а захранването ни ще е с 5-волтови батерии или директно с usb порта на платката, който ще бъде свързан с компютър.

Проектът може да бъде разделен на 4 подсистеми – системи за напояване, хранене, осветление и контролен панел, които ще разясним в тази глава.

### 1. Система за напояване (на гнездото и арената) –

Водата е жизненоважна за всички организми, затова тази система е един от главните приоритети на проекта. За реализацията и ще са нужни 5V помпа, резервоар за вода, сензор за влажност и PVC шлаух с два изхода. Сензорът ще е вграден в гнездото, и когато влажността вътре е по-малка от желания процент, който потребителят е въвел, ще се активира помпата. Помпата ще е свързана с резервоара и при включването си ще изпомва вода по тръба с две “изходни” точки – едната е в стените на гнездото (които ще са от материал, който абсорбира водата – газобетон или гипс), а другата е в съд, който е разположен в арената. Целта е да има нужното количество влага в гнездото, което мравките имат в подземните си гнезда в дивото, но и да имат източник на прясна вода, от който могат да пият (визираме шлаухът, който отива в арената).

Допълнителна функционалност, която може да се добави, е някакъв начин за информиране на потребителя, че водата в резервоара е на изчерпване и трябва да го напълни.

### 2. Система за хранене –

Мравките се хранят по 1-2 пъти в седмицата и могат да им се дават гранули, семена, изсушени насекоми и плодове. Всички тези продукти са сухи и могат да се натрошат на ситни парчета, което прави фуния със серво добра опция за разпределяне на храната. Ще използваме RTC (real time clock), а интервалът за храненията ще се задава от потребителя. Когато

дойде време за хранене, сервото ще се завърти на 40° като оставя процеп, през който да паднат хранителните частици. След няколко секунди, сервото ще се върне в оригиналната си позиция и ще започне нова итерация на хранителния цикъл.

Допълнителна функционалност, която може да се добави, е някакъв начин за информиране на потребителя, че храната във фунията е на изчерпване и трябва да се сложи нова.

Пояснение: Отпадъците от неизядената храна могат да предизвикат поява на мухъл и гъбички, но затова в мравефермата ще има “биологична система за почистване” под формата на колемболи и изоподи. Тези безгръбначни се хранят с детрит и бързо и ефикасно се справят с появата на нежелани микроорганизми, без да безпокоят мравките.

### 3. Системата за осветление –

Въпреки че тази система не е жизненоважна, много помага за пресъздаване на естествените условия в дивата природа. Над арената ще има редица бели светодиоди, които също като при системата за хранене ще използват RTC. През определен период от време ще се включват и изключват, за да имитират 24-часовият времеви цикъл.

### 4. Контролен панел –

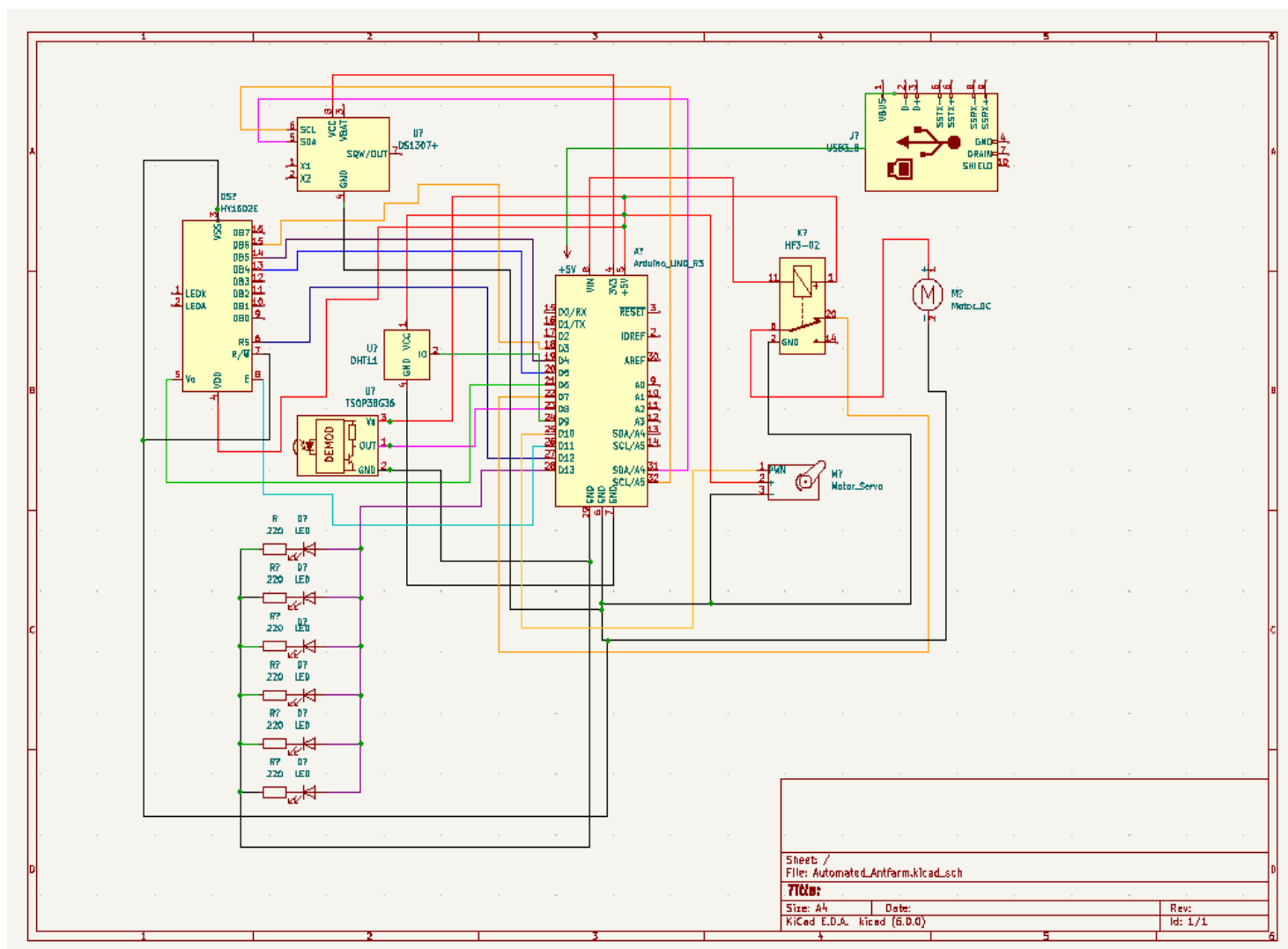
Контролният панел ще е основният начин за управление на всички системи във формиариума. Чрез дистанционно, потребителят ще може да задава какъв е процентът на влажност, който трябва да се поддържа, през какъв интервал от време трябва да се пуска храна и да се включва осветлението. Ще има LCD екран, който да помага при настройките и да показва температурата и влажността в мравефермата.

Може допълнително да се включи модул за инфрачервена светлина, който да позволи да се въвеждат данни чрез дистанционно.

### 5. Дизайн –

Формиариумът е от тип “2 в 1” – арена и гнездо в един контейнер. Системата за хранене и светлините са монтирани върху капака на мравефермата, а изходът за напояване влиза странично. Микроконтролерът и контролният панел няма да са прикрепени, за по-лесно почистване и менижиране на формиариума.

### 3. Принципна електрическа схема

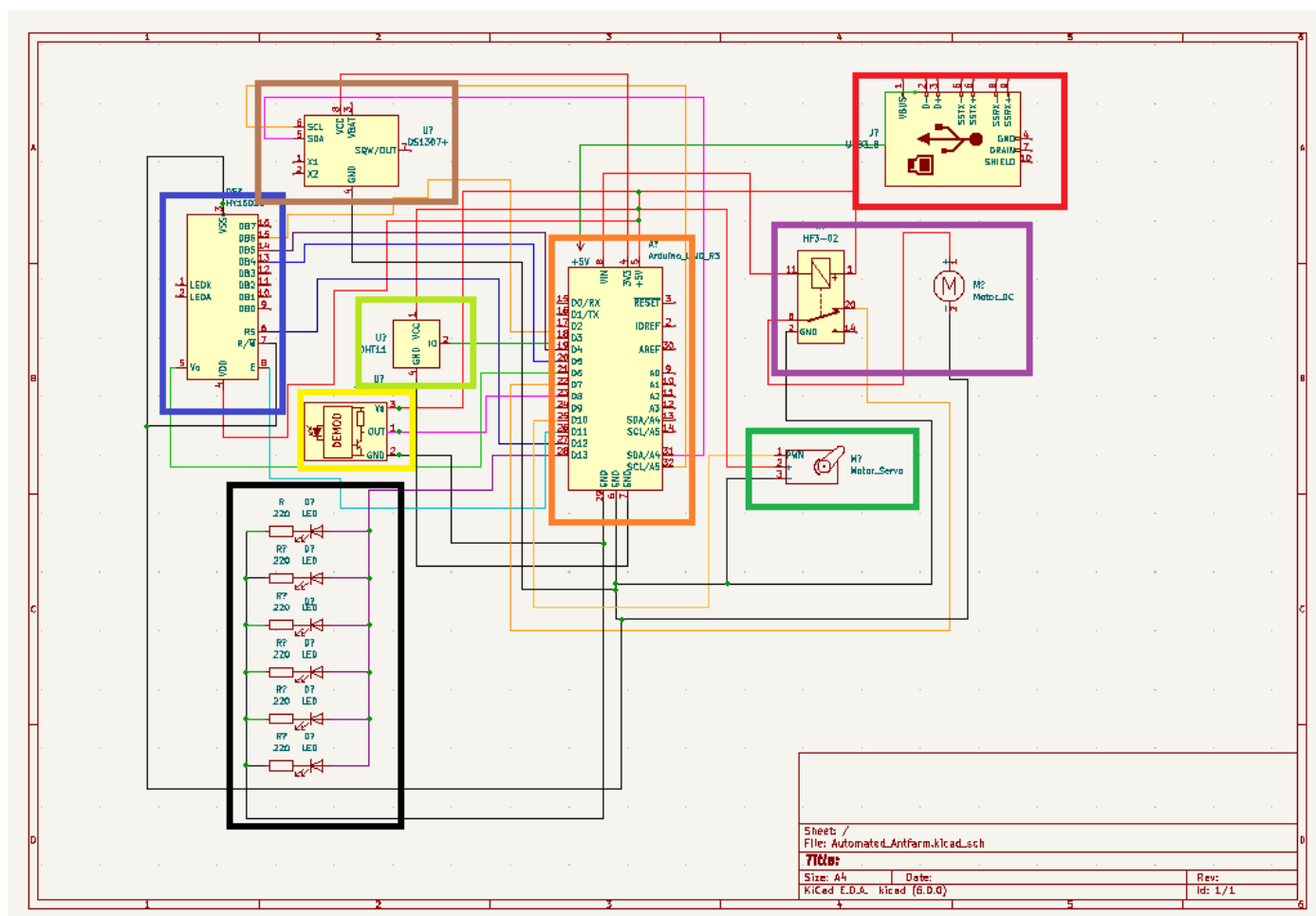


Фиг. 8 – Принципна електрическа схема

### 3.1) Описания на електрическата схема

Принципната електрическа схема (Фиг.8) съдържа най-важните компоненти и начина, по-който се свързват и си взаимодействат. В тази не са включени допълнителните функционалности от 2.1, защото за момента са само предложения за подобряване на основната дейност на системата.

Изобразени са микроконтролерната платка, LCD екранът, RTC модулът, светодиодите, серво моторчето, помпата и нейното рели и IR диодът. За измерване на температурата и влагата се използва “2 в 1” модул. (Фиг. 9)



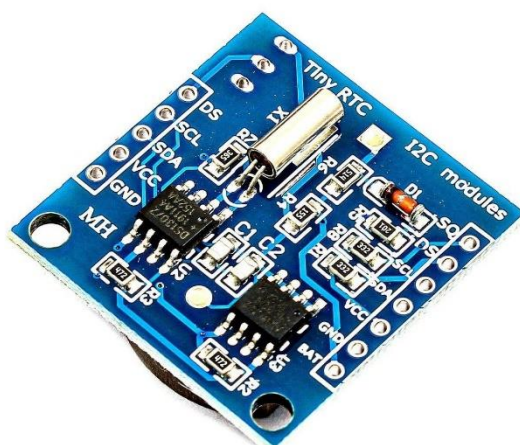
Фиг. 9 - Елементи

Панел със светодиоди, реле и 5V помпа, Servo механизъм, RTC модул, IR диод, LCD 16x2, DHT11 сензор, USB B и Arduino UNO

### 3.2) Списък с елементи

Списък с използваните елементи и кратко обяснение защо са избрани.

- Arduino UNO R3 - лесно за намиране и лесно за употреба
- Сензор за влажност и температура DHT11, модул – лесно може да се вгради в гнездото
- Стандартни бели светодиоди – ще произвеждат достатъчно светлина за арената и са лесни за намиране
- Резистори 220  $\Omega$  – използват се при светодиодите
- Модул с часовник (Фиг.10) DS1307 (RTC) – има добри функционалности и параметри, лесно може да се интегрира в системата
- Помпа 5V (DC мотор) – лесна за намиране и не твърде мощна
- K2013 модул с реле – подходящ за DC мотора на помпата
- Дисплей LCD 16x2 – лесен за намиране и има нужните параметри
- IR VS1838B приемник – лесен за намиране и употреба
- Servo FS90 – лесно за намиране и достатъчно мощно
- RC SAT bulsatcom дистанционно
- макетни платки с 400 гнезда



Фиг. 10 – Модул с часовник DS3231



## 4. Процес на разработка

Процесът на разработка продължи 2 седмици. В този период:

- Се набавиха нужни електрокомпоненти, модули, материали и инструменти за изграждането на формикариума
- Изгради се тялото на формикариума (Фиг. 11) и се разпробиха нужните отвори
- Направи се концепция за свързването на елементите и по-късно беше реализирана
- Написа се кода за управление на системата
- Добавиха се декоративни елементи и в мравефермата се постави колония с царица (*Camponotus herculeanus*)

Разработените функционалности включват:

- Управление на системата за напояване с DHT11 модул – Помпата на системата се включва, когато влажността падне под 65%. Това е стандартен процент за повечето европейски видове и не подлежи на сериозна персонализация. Помпата прави няколко последователни включвания за 2 секунди, докато не се достигне правилната влажност.
- Управление на системата за напояване с дистанционно – Помпата се включва при натискане на бутон №2 от дистанционното за една секунда.
- Управление на осветителната система с RTC модул – Светодиодите са настроени да се включват всеки ден в периода 8:00 – 20:59 (работното време е 12 часа и 59 минути).
- Управление на осветителната система с дистанционно – Светодиодите се включват при натискане на бутон №1. За да се изключат, същият бутон трябва да се натисне още веднъж. Тази функционалност е разработена за вечерните часове, когато потребителят може да поиска да провери набързо своята колония (тъй като осветлението ще е изключено заради RTC-то).
- Управление на системата за хранене с RTC модул – RTC модулът се използва за създаването на т.н. “събития”. За хранене има две събития, в понеделник и четвъртък, които траят от 11:58:00 до 11:58:12 (продължителност 12 секунди). Тогава сервото се активира веднъж и се завърта на 30 градуса, след което се връща в начална позиция.

- Управление на системата за хранене с дистанционно – Сервото се завърта на 30 градуса при натискане на бутон №3, след което се връща в начална позиция
- Екран – Екранът е настроен да връща актуална информация за температурата и влажността в гнездото (измерена с DHT11 сензора) на всеки 8 секунди.
- Сериен монитор – Изписва влажността, времето и текст за системата, която е включена.



Фиг. 11 – Финална визия на проекта

## 5. Бъдеща реализация

За бъдещите версии на проекта ще е добре да се добавят допълнителни функционалности, които да улеснят потребителя. Примери за такива актуализации са:

### 1. Меню за ръчно задаване на стойности

Опция за добавяне на “събития” за хранене, регулиране на времето за включване на осветлението, промяна на влажността за включване на помпата и други.

Това може да се осъществи с наличните приемник, дистанционно и LCD екран.

### 2. Нотификации чрез зумери или светодиоди

Издаване на сигнал, в случай че храната в хранилката свърши, температурата в гнездото е твърде висока или захранващата батерия е на път да спре да функционира.

Количеството на храна в хранилката може да се измерва с ултразвуков сензор (Фиг. 12)

### 3. Плавно включване/изключване на лампите

За пресъздаване на по-естествени условия, светодиодите могат да имитират изгрев и залез и да увеличават своята яркост постепенно.

Това може да се реализира с промени по софтуера.



Фиг. 12 – Ултразвуков сензор за разстояние HC-SR04

## Източници

<https://en.wikipedia.org/wiki/Ant-keeping>

<https://www.nationalgeographic.com/animals/article/unlikely-rise-of-antkeeping>

<https://www.youtube.com/watch?v=0v9D66D3rIU>

<https://hackaday.io/project/169904-automated-formicarium-ant-farm>

<https://www.aliexpress.com/item/4001145835882.html>

<https://erelement.com/breakout-boards/rtc-ds3231>

<https://erelement.com/sensors>

<https://erelement.com/displays/lcd-1602-blue-ws>

<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>

<https://create.arduino.cc/projecthub/H0meMadeGarbage/clock-arm-bd3e44>

<https://forum.arduino.cc/t/how-to-use-buttons-on-16x2-lcd/271876>

<https://www.hackster.io/rudraksh2008/temperature-and-humidity-sensor-with-arduino-31936e>

<https://thecustomizewindows.com/2018/08/how-to-connect-multiple-leds-with-one-arduino-pin-series-connection/>