

ИЗРАДА АУТОМАТИЗОВАНЕ МАШИНЕ ЗА ИСХРАНУ КУЋНИХ ЉУБИМАЦА DEVELOPMENT OF AUTOMATED MACHINE FOR HOUSE PET FEEDING

Урош Васовић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Oblast – ИНДУСТРИЈСКО ИНЖЕЊЕРСТВО

Кратак садржај – Предмет мастер рада је израда аутоматизованог система за исхрану кућних љубимаца коришћењем IoT и технологије 3D штампе. Коришћена су практична знања из електронике, развоја софтвера и компјутерски подржаног пројектовања механичких делова.

Кључне речи: Неиндустијска аутоматизација, MQTT, Контрола, 3D штампа

Abstract – The subject of this master thesis is development of automated system for house pet feeding using IoT and 3D printing technologies. Practical knowledge in fields of electronics, software development and mechanical CAD model making is used.

Keywords: Non-Industrial automation, MQTT, Control, 3D-printing

1. УВОД

Неиндустијска аутоматизација игра значајну улогу у глобалној економији и свакодневном животу људи, она има за циљ да олакша свакодневне послове у домаћинству, обављајући умне и физичке послове уместо човека. IoT технологија је као концепт настала крајем осамдесетих година прошлог века, до њене реалне имплементације долази раних година 21. века. Тек са наглим развојем информационих технологија, увођењем нових видова безичне комуникације и развојем микроконтролера и микропроцесора, IoT постаје компетентно тржиште. Коришћењем IoT технологије у кућном окружењу могућ је лак увид у рад свих кућних апарата па чак и њихова међусобна комуникација, на овај начин може доћи до следећих бенефита: уштеда енергије, олакшано извршавање кућних послова коришћењем аутоматизације, увид у рад сваког уређаја у кући, могућност софтверске надоградње нових функција аутоматизоване куће итд. IoT захтева брз и ефикасан транспорт информација, ове информације се транспортују у виду порука преко интернет протокола који је посебно прилагођен за вид комуникације машина према машини. Најраспрострањенији протокол који се користи је MQTT [1]. У оквиру овог мастер рада постављен је задатак за израду аутоматизоване машине за исхрану кућних љубимаца, софтверски и хардверски подржану MQTT мрежним протоколом.

НАПОМЕНА:

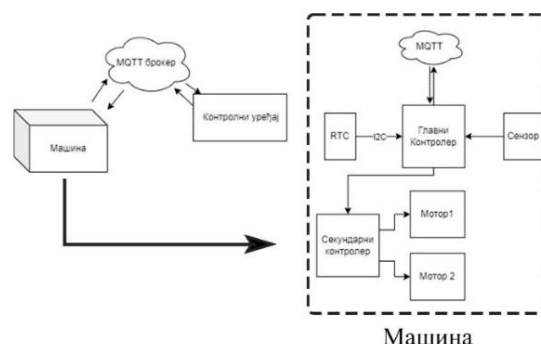
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била ред. проф. др Гордана Остојић.

У раду је приказана и практична реализација која подразумева: компјутерски подржано пројектовање механичких делова перисталтичке пумпе, пужног дозатора и целокупног

рама машине, израду контролне плоче од изабраних хардверских компоненти и израду софтвера за изабране микроконтролере. Велики низ делова у овом раду је израђен коришћењем технологије 3D штампе [2], где су прво компјутерски пројектовани механички делови израђени на 3D штампачу.

2. РАЗВОЈ УРЕЂАЈА ЗА АУТОМАТИЗОВАНУ ИСХРАНУ КУЋНИХ ЉУБИМАЦА

Предмет овог мастер рада је израда аутоматизованог система за исхрану кућних љубимаца. Финални производ је машина која је у могућности да аутоматизовано испоручи воду и храну у одређене посуде из којих ће кућни љубимци бити у могућности да их конзумирају. Систем треба да се састоји од микроконтролера који је у могућности да успостави безичну TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) конекцију са модемом и да користи MQTT протокол као вид комуникације са контролним уређајем. Контролни уређај треба да буде паметан мобилни телефон. У слици број 1 ће бити приказан блок дијаграм система.



Слика 1. Блок дијаграм система

Реализован је уређај који пружа све горе наведене функционалности. Уређај се састоји од низа хардверских компоненти који чине контролну плочу, пројектованих и израђених механичких делова као и наменски написаног софтвера за микроконтролере.

На слици 2. ће бити приказана слика израђене машине за исхрану кућних љубимаца на којој се јасно види рам машине, спој пумпе и дозатора, контролна плоча, импровизирана рампа и посуда за воду са сензором нивоа воде.



Слика 2. Слика израђене машине

Хардверске компоненте који чине контролну плочу јесу:

- ESP32 – Главни микроконтролер
- Arduino Nano – Секундарни микроконтролер
- RTC DS1307 – Сатни модул (RTC)
- A4988 – Дупли Н мост за контролу корачних мотора (У наставку текста Драјвер.)
- Сензор висине нивоа воде
- Напонски део – LM7805 Напонски регулатор
- Оптикаплер 4N35
- Кондензатори

Главни управљачки део јесте микроконтролер ESP32 [3] који врши комуникацију са брокер сервером, пореди задата времена аларма са реалним временом које задаје RTC модул преко I2C (Inter-Integrated Circuit) [4] серијске комуникације и у случају активирања аларма врши допуну хране и воде уколико је то потребно.

Секундарни контролер активира неопходан управљачки сигнал за два контролера корачних мотора A4988. Неопходан је мост између примарног и секундарног контролера и у овом случају је то оптокаплер 4N35. Разлог за његово коришћење су различити логички нивои два микроконтролера (ESP32 је 3,3 V док је Arduino 5V и некад не препозна сигнал који је нижег напона од 3,3 V) и постојање шума који омета директну прекидачку комуникацију између ова два микроконтролера (веома је битно да управљачки сигнал буде конзистентан). Допуна воде се врши искључиво уколико сензор нивоа воде детектује да је ниво воде у посуди веома низак.

Како је напон потребан за покретање мотора 12 V, а максималан напон који контролери толеришу једнак 5 V, у систем је додат LDO (Low-dropout regulator) напонски регулатор који врши функцију спуштања напона. Битне механичке компоненте система су пужни дозатор, перисталтичка пумпа и рам машине који је структурно дефинише. Сви делови су израђени у CAD (Computer aided design) софтверу и иштампани су на 3D штампачу.

3. ХАРВЕРСКЕ КОМПОНЕНТЕ ЗА АУТОМАТИЗОВАНУ ИСХРАНУ КУЊНИХ ЉУБИМАЦА

3.1 ESP32 И ARDUINO

Као главни микроконтролер за овај рад је изабран ESP32-D0WDQ6 кинеског произвођача Espressif који се налази на развојној плочици WROOM32. ESP32 [3] је тридесетдвобитни (32 bit) микроконтролер са интегрисаним бежичним примопредајницима за Bluetooth и WiFi комуникационе стандарде. Садржи два Xtensa LX6 језгра са унутрашњим тактом од 240 MHz брзином извршавања инструкција од 600 MIPS. За овај рад је издвојена могућност овог микропроцесора да врши бежичну комуникацију стандарда 802.11 (WiFi), могућност серијске комуникације I2C са RTC модулом, универзалне улазно/излазне портове са одличним ADC и DAC претварачима као и довољну рачунарску снагу да понесе комплексан програмски код са више задатака. Arduino Nano [5] је веома популарна развојна плочица у чијем језгру се налази осмобитни (8bit) микроконтролер ATmega328P која спада у фамилију AVR микроконтролера Америчког произвођача Microchip. Ардуино плочице се испоручују са већ програмираним боотлоадером који значајно поједностављује пребацивање преведеног кода у флеш меморију на самом чипу док други контролери обично захтевају одвојен програматор. Arduino Nano се у овом раду користи као секундарни микроконтролер, његов задатак је да прима сигнале укључења од примарног микроконтролера и да у зависности од сигнала управља са два одвојена драјвера за корачне моторе A4988 путем импулсних сигнала одређене учесталости. Мост између два микроконтролера је у овом случају оптокаплер 4N35 који пребацује контролни сигнал од 3,3V са ESP32 на Arduino Nano дигитални порт који јасно препознаје сигнал од 5V на дигиталној PULLUP конфигурацији препознавања улазног сигнала.

3.2 A4988 – Контрола Корачних Мотора

A4988 [6] је биполарни драјвер за корачне моторе са уграђеним подесивим струјним ограничењем, заштитом од пренапона и високе температуре, има и могућност микро корака (микростеповања) са 5 различитих резолуција: 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 (цео корак, пола корака, четвртина корака итд.). Интерни преводилац сигнала дигитални сигнал претвара у редослед укључења гејтова на MOSFET транзисторима N и P врсте који сачињавају мостове. Контролна логика садржи и додавање мртвих времена (Deadtime) која спречавају стварање кратког споја на мостовима. Максималан улазни напон је 35V док је максимална улазна струја +2A (-2A када је мотор у генераторском режиму рада). Максималан улазни напон за логички ниво је 5,5V.

3.3 RTC DS1307 – Сатни Модул

RTC (Real-time clock) или Сат реалног времена је електронски уређај најчешће у виду интегрисаног кола који прецизно мери време независно од хардверских тајмера који некад знају да буду неадекватни за мерење времена на дугачке радне периоде. Интегрисано коло које се користи у овом раду је DS1307 [7], то је RTC модул ниске потрошње, потпуно децималног излаза са

додатом NVSRAM меморијом од 56 бајта која се користи за складиштење реалног времена. У интегралном колу је садржан и генератор функције дигиталног сигнала који може да се користи као дигитални осцилатор у неким апликацијама.

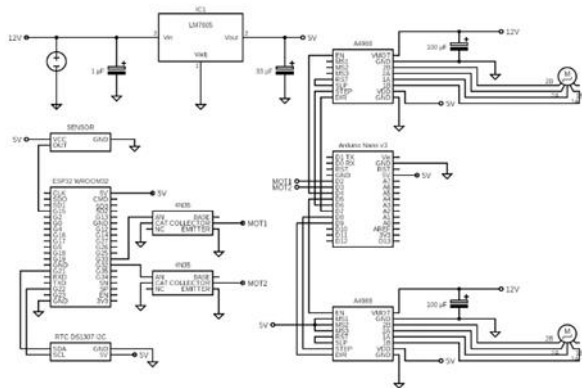
3.4. Напонски део

Главни извор напајања који је задовољио потребе рада је прекидачки претварач снаге 24 W, излазни напон му је 12 V са максималном излазном струјом од 2 A. Максимална потрошња струје за цео систем је 21,6 W (у случају када јачи корачни мотор ради под оптерећењем).

Потребан логички ниво напона је у овом случају 5 V и добијен је коришћењем линеарног напонског регулатора (LDO Low-dropout regulator) LM7805 у стандардном кућишту TO-220. У колу су додати одговарајући кондензатори који служе за пеглање напона и осигуравају стабилан рад линеарног напонског регулатора. То су електролитички кондензатори од 1 μ F и 33 μ F.

3.5. Контролна плоча и шема електричног кола

За потребе рада је израђена одговарајућа контролна плочица која задовољава захтеве рада. Плочица је израђена на прототипној пертинакс штампаној плочи, а као проводнички водови су коришћене лицнасте жице малог промера. Шема електричног кола је приказана на слици број 3.



Слика 3. Електрична шема машине

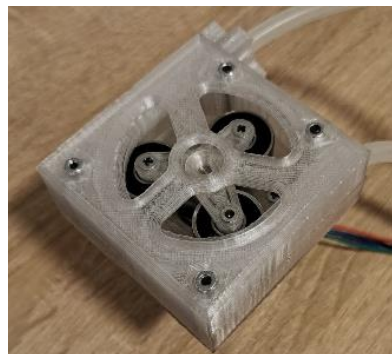
4. ИЗРАДА МЕХАНИЧКИХ ДЕЛОВА ПРИМЕНОМ 3D ШТАМПЕ

3D штампа [2] је модерна технологија производње тродимензионалних објеката на уређају који се назива 3D штампач. Објекат који се израђује се креира sukcesивним nanoшењем слојева материјала, најчешће термопластике погодних карактеристика.

Ова технологија омогућава израду макета, делова и склопова различитих механичких и физичких својстава у јединственом процесу. Штампач који је коришћен приликом израде овог рада је FDM штампач Prusa MK3S+ компаније Prusa research. Материјал који је коришћен је прозирни PETG (Полиетилен Терефталат Гликол).

4.1 ПЕРИСТАЛТИЧКА ПУМПА

Перисталтичка (цревна или ролер) пумпа [8], спада у ред запреминских и самоусисних пумпи које функционишу без осовинске заптивке и без додатних вентила на усису и потису. Ово их чини погодним за безбедан рад на суво. Принцип рада им је заснован на наизменичном потискивању еластичног црева и његовом опоравку у првобитни облик. Пумпа израђена за потребе рада приказана је на слици број 4.



Слика 4. Перисталтичка пумпа

Ову пумпу покреће корачни мотор NEMA 17 димензија 42mm x 60mm док је силиконско црево које се користи 8mm. Проток пумпе је 720ml.

4.2 Пужни Дозатор

Пужни дозатори су чест тип дозатора на индустријским машинама за паковање. Они су погодни за системе паковања прашкастих производа, гранула, брикета понекад и течних материја уколико су толеранције налегања пужа у кућиште веома мале. Дозатор који је коришћен у овом раду је пројектован компјутерски у CAD софтверу SolidWorks и израђен је на 3D штампачу. На слици број 5 је приказана слика CAD модела пумпе.

4.3 Израда Рама

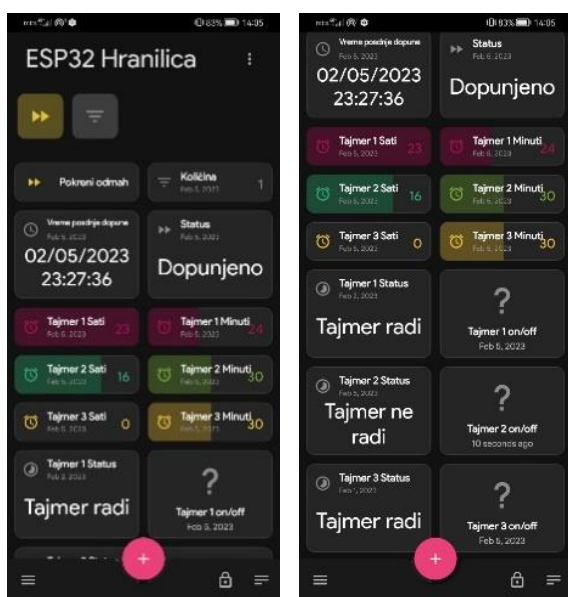
Комбинацијом PVC (поливинил-хлорид) цеви пречника 1 cm, спојница и ногара израђених у 3D штампи, направљен је одговарајући рам који структурно дефинише машину. Овај рам је у могућности да издржи терет и динамичка оптерећења која могу настати током свакодневног коришћења машине. Димензије рама са ногарима су: 275 mm x 295 mm x 355 mm. Поред тога је направљен и посебан држач за перисталтичку пумпу који се лако качи на шину пужног дозатора.

5. СОФТВЕР И ПРОГРАМСКИ КОД

5.1 MQTT Протокол

Протокол MQTT [1] је клијент-сервер протокол за размену порука чији се рад заснива на примени модела објава-претплата. Код модела објава-претплата (publish-subscribe) постоје 2 врсте клијената: објављивач (publisher) који је снабдевач информација на одређену тему, и претплатник (subscriber) који добија информације на тему на коју се претплатио. До размене информација долази преко треће компоненте - брокера или сервера посредника. Систем ради на следећи начин, објављивач шаље поруку брокеру са

идентификатором који означава њену тему или област. Брокер затим прослеђује добијену поруку свим претплатницима на дату тему (Topic). На тај начин клијенти не морају да знају једни за друге и не морају бити активни у исто време. Клијент не мора да захтева одређене информације, него их брокер сервер прослеђује ка клијенту у време када поседује информације које су доступне за клијента. MQTT протокол је дизајниран да буде што лакши за имплементацију. Ове карактеристике га чине идеалним за употребу у ограниченим окружењима попут M2M (Machine to machine) комуникације и IoT моделима где је велика мрежна пропусност веома битна карактеристика. Брокер сервер који је коришћен приликом израде овог рада је HiveMQ Community Edition који је подигнут на лаптоп рачунару на порту 1883. Контролни уређај је Андроид телефон са инсталираном апликацијом MQTT Dashboard која омогућава брзу и једноставну поставку контролног прозора за MQTT системе.



Слика 5. Прозор апликације

5.2 ESP32 и Arduino – код и објашњење

Задачи које главни микроконтролер обавља су следећи:

- Одржавање бежичне конекције са локалном мрежом
- Успостављање конекције са брокер сервером
- Вођење циклуса допуне воде и хране
- Читање реалног времена са RTC модула и поређење времена са задатим тајмерима
- Читање примљених порука са MQTT сервера и предузимање одговарајућих акција
- Слање порука на MQTT сервер (увиду времена и повратних информација)

За потребе кода коришћене су следеће библиотеке:

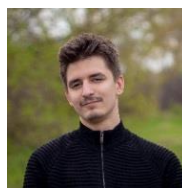
- За успостављање бежичне мреже <WiFi.h>
- Одржавање MQTT комуникације са брокер сервером <PubSubClient.h>
- Комуникација са I2C уређајима <Wire.h>
- Читање података са RTC модула <RtcDS1307.h>

Секундарни микроконтролер обавља функцију генерисања контролног пулса за два драјвера корачних мотора. Главна библиотека која се користи је <AccelStepper.h>. Битно је напоменути да мотори постепено убрзавају до циљаних броја обртаја.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/MQTT-MQ-Telemetry-Transport>
- [2] <https://www.hubs.com/guides/3D-printing/>
- [3] <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
- [4] <https://learn.sparkfun.com/tutorials/i2c/all>
- [5] <https://docs.arduino.cc/hardware/nano>
- [6] <https://www.allegromicro.com/en/products/motor-drivers/brush-dc-motor-drivers/a4988>
- [7] <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/DS1307.pdf>
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Peristaltic_pump

Кратка биографија:



Урош Васовић Рођен у Бачкој Тополи 1998. године. Студент Мастер студија Индустијског инжењерства на Факултету техничких наука у Новом саду.
Контакт: uros.vasovic98@gmail.com