Pametni sustav za zalijevanje cvijeća – *eKantica*

Projektna dokumentacija

Verzija <1.0>

Sadržaj

[1. Puni naziv projekta 4](#_Toc501066267)

[2. Skraćeni naziv projekta 4](#_Toc501066268)

[3. Opis problema/teme projekta 4](#_Toc501066269)

[4. Cilj projekta 4](#_Toc501066270)

[5. Voditelj studentskog tima 4](#_Toc501066271)

[6. Rezultat(i) 4](#_Toc501066272)

[7. Slični projekti 4](#_Toc501066273)

[8. Resursi 4](#_Toc501066274)

[9. Glavni rizici 5](#_Toc501066275)

[10. Smanjivanje rizika 5](#_Toc501066276)

[11. Glavne faze projekta 5](#_Toc501066277)

[12. Opis pojedinih zadataka projekta 6](#_Toc501066278)

Prijedlog i plan projekta

Korištenjem **STM32F429 Discovery** razvojnog sustava (pločice), **ESP8266 WiFi** modula, senzora **BME280** za mjerenje temperature i vlage zraka, senzora **YL-69** za mjerenje vlage tla, ultrazvučnog senzora **HC-SR04** za mjerenje razine vode u spremniku, pumpe za vodu, releja za paljenje i gašenje pumpe te web aplikacije razviti i implementirati sustav za automatsko zalijevanje cvijeća. Sustav funkcionira tako da se, ovisno o unesenom parametru u web aplikaciji o potrebnoj vlazi zemlje, biljka automatski zalije uz pomoć pumpe i releja koji kontrolira pumpu. Web aplikacija povezana je sa sustavom ESP8266 WiFi modulom.

# Puni naziv projekta

Razvoj i implementacija pametnog sustava za zalijevanje cvijeća korištenjem STM32F429 Discovery razvojnog sustava uz pomoćne sklopove

# Skraćeni naziv projekta

eKantica

# Opis problema/teme projekta

Tema je implementacija sustava za zalijevanje cvijeća na spomenutom razvojnom sustavu korištenjem periferija i pomoćnog sklopovlja, te razvijene web aplikacije. Problem je uspješno povezivanje svog sklopovlja razvojnog sustava u funkcionalnu cjelinu kao i razvoj same logike samostalnog zalijevanja cvijeća.

# Cilj projekta

Naučiti se radu s mikrokontrolerom te uspješno povezati periferije STM324F29 Discovery razvojnog sustava sa serijskim sučeljem te ostale pomoćne sklopove. Predviđeni kraj projekta je 1.2.2022.

# Voditelj studentskog tima

Hrvoje Elez

# Rezultat(i)

Po završetku projekta rezultat će biti vidljiv i uporabljiv na razvojnom sustavu. U našem slučaju, to će biti fizički sustav koji će uz pomoć web aplikacije moći uspješno samostalno zalijevati cvijeće. Uz sustav će biti priložene korisničke upute i tehnička dokumentacija.

# Slični projekti

/

# Resursi

Ljudski resursi: 6 članova tima i mentori

Ostali resursi: STM32F429 razvojni sustav, USB to TTL UART modul, ESP8266 WiFi modul, konektori, senzor BME280 za mjerenje temperature i vlage zraka, senzor YL-69 za mjerenje vlage tla, ultrazvučni senzor HC-SR04 za mjerenje razine vode u spremniku, pumpa, relej za pumpu

**Tablica ljudskih resursa**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ime i prezime** | **E-mail adresa** | **GSM broj** | **Napomene** |
| Hrvoje Elez | [hrvoje.elez@fer.hr](mailto:hrvoje.elez@fer.hr) |  |  |
| Jelena Gavran | [jelena.gavran@fer.hr](mailto:jelena.gavran@fer.hr) |  |  |
| Nikola Gudan | [nikola.gudan@fer.hr](mailto:nikola.gudan@fer.hr) |  |  |
| Luka Jengić | [luka.jengic@fer.hr](mailto:luka.jengic@fer.hr) |  |  |
| Hana Novak | [hana.novak@fer.hr](mailto:hana.novak@fer.hr) |  |  |
| Petar Sušac | [petar.susac@fer.hr](mailto:petar.susac@fer.hr) |  |  |

# 

# Glavni rizici

Glavna zapreka mogu jedino biti sami članovi tima te njihovo neznanje i neiskustvo. Posljedica neuspjelog projekta jest lošija ocjena ili sam pad kolegija Projekt, ovisno o fazi do koje je projekt dospio prije kraja roka.

# Smanjivanje rizika

Svaki član tima je dužan uložiti najviše truda i vremena u projekt koliko može kako bi što više naučio, ali i kako bi se projekt uspješno dovršio.

# Glavne faze projekta

Podjela faza projekta po načelu vremenske organizacije:

1. Faza: Definiranje teme projekta i načina izvedbe
2. Faza: Podjela zadataka prema dogovorenom načinu izvedbe
3. Faza: Točno i detaljno definiranje svake faze projekta i detaljni opis i raspon svakog od zadataka te traženje potvrde od mentora projekta
4. Faza: Rad timova/pojedinih članova na zadacima koji su im pridijeljeni uz konstantnu komunikaciju sa ostalim kolegama i mentorima
5. Faza: Povezivanje svih podijeljenih i obavljenih zadataka u funkcionalnu cjelinu
6. Faza: Testiranje projekta
7. Faza: Prezentacija projekta

# -Opis pojedinih zadataka projekta

**Zadatak 1:** Omogućiti spajanje mikrokontrolera STM32 na lokalnu WiFi mrežu i slanje očitanja senzora na server koristeći ESP8266.

**Članovi podtima:** Petar Sušac

**Potrebna oprema:**

* STM32F429 Discovery
* ESP8266 WiFi modul
* USB to TTL UART modul
* Konektori

**Ideja realizacije:** Ideja je povezati ESP8266 s STM32 korištenjem UART sučelja, i isprogramirati ga za rad u klijentskom načinu. Očitanja senzora šalju se u predodređenim intervalima, npr. svakih 30 ili 60 minuta. Potrebno je odrediti koji protokol više razine će se koristiti – HTTP ili MQTT. Također, potrebno je osmisliti način za testiranje funkcionalnosti dok server ne bude izrađen.

**Podzadaci:**

* Proučiti *datasheet* i tehnički priručnik od ESP-a te ostale korisne sadržaje, upute itd.
* Usporediti različite protokole za prijenos podataka i donijeti odluku koji protokol će se koristiti
* U dogovoru s timom koji izrađuje server odrediti način i format komunikacije
* Preuzeti opremu od Zavoda
* Pronaći i isprobati jednostavne primjere za korištenje ESP-a
* Istražiti postojeće biblioteke za spajanje na STM
* Ostvariti serijski spoj STM - ESP koristeći UART (voditi brigu oko potrebnog napajanja od 3.3V za ESP)
* Rad na implementaciji

**Zadatak 2**: Odabrati i kontrolirati pumpu kojom će se zalijevati biljka

**Članovi podtima:** Luka Jengić

**Potrebna oprema:**

* STM32F429 Discovery
* Jednokanalni relej
* Pumpa

**Ideja realizacije:**

## Pumpa

Prvo treba primijetiti kako nam pri zalijevanju biljke vrijeme nije kritičan faktor te je protok kroz pumpu u jedinici vremena praktički nebitna veličina – svejedno je koliko će jedno zalijevanje trajati.

Pri izboru pumpe dalje je razmatrano mogu li se male pumpe koje rade na 5V napajati direktno sa razvojne pločice kako ne bi bilo potrebe za dodatnim napajanjem. Iz *datasheeta* razvojne pločice vidljivo je kako maksimalna struja koju pin koji je na 5V može dati mora biti manja od 100 mA što nije dovoljno za pogon pumpe. Zaključak je da moramo postojati vanjsko napajanje za pumpu.

Budući da mora postojati vanjsko napajanje pumpe, treba uzeti napajanje od 12V. Razlog je što na 12V rade brojne pumpe, a i pretvarač na DC napon od 12V je lako naći.

[Primjer pumpe](https://e-radionica.com/hr/pumpa-tiha-5v-200-400l-m.html) koja bi odgovarala potrebama sustava ima protok 240L/h te će za zaliti jednu biljku morati biti vrlo kratko uključena. Po specifikacijama pumpa troši 300 mA te će za napajanje stoga biti potreban DC pretvarač od nominalno 500 mA kao dodatno osiguranje. Također je potrebno nabaviti tanka fleksibilna crijeva za povezivanje pumpe sa posudom u kojoj se nalazi voda.

## Napajanje pumpe

Za napajanje pumpe može se koristiti bilo koji izvor DC napona 12V koji može dati više od 300 mA struje.

## Upravljanje pumpom

Pumpom će se upravljati jednokanalnim relejem.

Pozitivan pol napajanja pumpe (12V) treba dovesti na relej te pomoću njega paliti i gasiti pumpu. Negativni pol tog napajanja direktno će se povezati na pumpu. Ovim se pristupom može iz programskog koda vrlo lako upaliti pumpa samo postavljanjem jednog GPIO pina.

## Odabir i povezivanje releja na mikrokontroler

Potreban je modul jednokanalnog releja kojim će se upravljati pomoću izlaznog GPIO pina. Modul se može napajati sa mikrokontrolera jer se radi samo o jednom modulu i potrebna struja (oko 70 mA kada je relej aktivan) je manja od ograničenja za output 5V sa razvojne pločice (100 mA, podatak uzet iz *datasheeta*).

Ulazni signali releja

Promatrani relej ima 3 ulaza, napajanje (GND, VCC) te ulazni upravljački signal IN na koji se dovodi nulu ili jedinicu generiranu na izlaznom GPIO pinu mikrokontrolera ovisno odluči li glavni program pokrenuti zalijevanje biljke ili ne.

**Lista spajanja:**

GND releja 🡪 GND razvojne pločice

VCC releja 🡪 5V na razvojnoj pločici

IN releja 🡪 bilo koji slobodan GPIO pin na razvojnoj pločici

### Izlazni signali releja

Relej ima 3 izlazna signala. Signali su COM (*Common*), NO (*Normally Open*) i NC (*Normally Closed*). Na COM se dovodi signal koji se želi prekidati. U ovom slučaju to je pozitivni pol napona napajanja pumpe. Treba još jedan signal, NO i NC ovisno radi li se u pozitivnoj ili negativnoj logici. Budući da će pumpa većinu vremena biti isključena, tada i zavojnica u releju treba biti isključena kako bi se smanjila ukupna potrošnja struje našeg sustava. Zbog toga je bolji odabir pozitivna logika i NO povezivanje na pozitivnu stezaljku pumpe.

**Lista spajanja:**

COM releja 🡪 napon napajanja od 12V

NO 🡪 pozitivna stezaljka pumpe

## Kontrola GPIO pina

Potrebno je provesti inicijalizaciju jednog GPIO pina i postaviti ga kao izlazni. Glavni program na STM32F4 DISCOVERY pločici odlučivat će na temelju ulaznih podataka sa ostalih senzora sustava kada paliti pumpu te će to učiniti postavljanjem GPIO pina u jedinicu na određeno vrijeme.

Vrijeme koje pumpa treba biti upaljena ovisi o veličini posude i ciljanoj vlažnosti tla koje korisnik unese te o protoku pumpe u jedinici vremena.

**Podzadaci**:

* Nabaviti potrebne komponente (pumpu i relej)
* Upogoniti GPIO port, spojiti ga na relej i testirati funkcionalnost
* Nabaviti crijeva za pumpu, spojiti pumpu u neki probni spremnik vode, povezati pumpu na relej i napajanje i testirati rad pumpe

**Zadatak 3:** Ostvariti mjerenje temperature i vlage zraka uz pomoć senzora BME280, ostvariti mjerenje vlage u tlu uz pomoć YL-69 sonde

**Članovi podtima:** Nikola Gudan

**Potrebna oprema:** STM32F429 Discovery, senzor BME280, senzor za mjerenje vlage u tlu

**Ideja** **realizacije:**

Sažetak mogućnosti BME280 senzora i realizacija

Senzor BME280 može istovremeno mjeriti temperaturu, vlagu i tlak zraka, a moguće je i pojedina mjerenja preskočiti. Senzor nudi 3 različita načina rada:

* + *Sleep mode* – senzor miruje
  + *Forced mode* – senzor obavi mjerenje jednom i potom se vrati u *Sleep mode*
  + *Normal mode* – senzor redovito obavlja mjerenja

Kod *Normal mode* interval mjerenja ovisi o vremenu potrebnom za samo mjerenje, koje ovisi o tome koja se mjerenja rade, i vremenu pripravnosti kojega je moguće podesiti između 0.5 i 1000 ms. Kroz vrijeme pripravnosti senzor ne radi nikakva mjerenja i moguće je očitati vrijednosti sa senzora. Senzor nudi mogućnost korištenja IIR filtra za temperaturu i tlak. IIR filtar služi za otklanjanje smetnji sa mjerenja (npr. lupanje vratima uzrokuje naglu promjenu tlaka). S obzirom na to da se vlaga sporo mijenja, IIR filtar se ne koristi kod mjerenja vlage. IIR filtar se koristi u slučaju kad se mjerenja trebaju obavljati u gustim intervalima. Vrijeme pripravnosti i podešavanje IIR filtra se obavljaju preko *config* registra na adresi senzora 0xF5. Bitovima 7, 6 i 5 se podešava vrijeme pripravnosti, bitovima 4, 3 i 2 se podešava IIR filtar, a bitom 0 se podešava SPI komunikacija dok se bit 1 ne koristi i uvijek iznosi 0. Za dodatna otklanjanja smetnji sa mjerenja senzor također nudi prekomjerno uzorkovanje, koje je moguće posebno podesiti za svako mjerenje. Prekomjerno uzorkovanje moguće je podesiti na x1, x2, x4, x8 i x16. Prekomjerna uzorkovanja tlaka i temperature, kao i način rada senzora se podešavaju registrom *ctrl\_meas* na adresi uređaja 0xF4.Bitovima 7, 6 i 5 se podešava mjerenje temperature, bitovima 4, 3 i 2 se podešava mjerenje tlaka, dok se bitovima 1 i 0 podešava način rada senzora. Mjerenje vlage se podešava zasebnim registrom *ctrl\_hum* na adresi senzora 0xF2 uz pomoć 3 najmanje značajna bita.Podatci dobiveni sa senzora su vrijednosti njegova ADC pretvornika, pa se prema tome oni trebaju izračunati uz pomoć kompenzacijskih formula kako bismo dobili stvarne podatke koji se mogu dalje iskoristiti. Kompenzacijske formule nudi proizvođač u dokumentaciji senzora. Senzor podržava I2C i SPI komunikaciju. Proizvođač nudi svoj razvijeni API za senzor. Očitanja senzora se dobivaju iz registara 0xF7 do 0xFE. Kompletan izgled memorije i opisa registra se nalaze u poglavlju 5 dokumentacije senzora.

Mjerenja će se odvijati u relativno velikim vremenskim razmacima, pa je potrebno koristiti kombinaciju *Sleep* i *Forced* načina rada. Proizvođač u dokumentaciji navodi preporučenu konfiguraciju za takav slučaj koju naziva “*Weather monitoring*”. U tom režimu rada senzor mjeri temperaturu, tlak i vlagu zraka uz prekomjerno uzorkovanje x1 i onemogućen IIR filtar. Prema tome, vrijednosti konfiguracijskih registara senzora su sljedeće:

* *config* (0xF5) = 0x00
* *ctrl\_meas* (0xF4) = 0x26
* *ctrl\_hum* (0xF2) = 0x01

S obzirom na to da je proizvođačev API preopširan za projekt, potrebno je razviti vlastiti API. Senzor će također koristiti I2C komunikaciju, pa je način spajanja senzora sljedeći:

* SCL senzora -> PA8
* SDA senzora -> PC9
* CSB senzora -> prazan
* SDO senzora -> GND

Navedene stezaljke pločice odgovaraju I2C3 periferiji mikrokontrolera. Prije samog mjerenja potrebno je iz senzora učitati kalibracijske parametre koji će se koristiti kod kalibracijskih funkcija. Kalibracijski parametri su konstantne vrijednosti i potrebno ih je učitati samo jednom kod početka rada uređaja. S obzirom na to da se koristi kombinacija *Sleep* i *Forced* načina rada, prije svakog novog dohvaćanja vrijednosti sa senzora potrebno je prvo prebaciti senzor u Forced način rada kako bi se napravilo novo mjerenje. Trajanje mjerenja iznosi 8 ms pa je potrebno pričekati neko vrijeme nakon postavljanja senzora u *Forced* način rada. Trajanje vremena mjerenja opisano je [u dodatku B dokumentacije senzora](https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme280-ds002.pdf).

Senzor vlažnosti tla

YL-69 je sonda koja se sastoji od dvije elektrode. Sama po sebi sonda ne može dati nikakav izlazni signal, te ju je stoga potrebno spojiti na pločicu sa LM393 komparatorom. Pločica, osim stezaljka za napajanje, ima još dvije dodatne stezaljke: D0 i A0. Stezaljka D0 može dati logičku nulu ili logičku jedinicu, ovisno o izlazu iz komparatora. Okidni prag komparatora se podešava potenciometrom na pločici. Sonda je spojena na komparator te, ovisno o vlažnosti tla, na izlazu će dati nulu ili jedinicu. Stezaljka A0 nam daje analognu vrijednost otpora između dviju elektroda na sondi. Pomoću otpora se može izmjeriti vlaga u tlu. Radi jednostavnosti podešavanja koristit će se stezaljka A0, jer korisnik mora softverski unijeti željenu vrijednost vlage. S obzirom da na stezaljci A0 dobivamo napon, potrebno je spomenutu stezaljku spojiti na ADC. STM32F429ZITx mikrokontroler nudi 3 ADC pretvornika, svaki sa 16 kanala. Koristit će se četvrti kanal trećeg ADC pretvornika, tj. periferija ADC3 na mikrokontroleru, što odgovara stezaljci PF6 na mikrokontroleru. Prema tome, potrebno je inicijalizirati ADC3 periferiju i napisati driver za senzor. Treba napomenuti da je potrebno kalibrirati senzor. To se može napraviti tako da se senzor prvo stavi u suho tlo, zabilježi vrijednost ADC-a i toj vrijednosti pribilježi 0% (nema vlage), te se potom senzor stavi u mokro tlo, zabilježi vrijednost ADC-a i toj vrijednosti pribilježi 100% (veoma vlažno tlo). Ako se pretpostavi da se vlaga mijenja linearno s otporom, može se dobiti vrijednost vlage u tlu korištenjem jednadžbe pravca.

**Podzadatci:**

* Implementirati BME280 u projekt
  + Proučiti dokumentaciju za senzor
  + Razviti driver za senzor
  + Ostvariti komunikaciju senzora i mikrokontrolera
  + Podesiti registre senzora ovisno o odabranom načinu rada
  + Implementirati kompenzacijsku funkciju
  + Ostvariti mjerenje temperature, vlage i tlaka zraka
* Implementirati senzor za mjerenje vlage u tlu
  + Proučiti funkcije za ADC pretvorbu
  + Inicijalizirati ADC3 periferiju
  + Razviti driver za senzor korištenjem HAL funkcija za ADC
  + Kalibrirati senzor
  + Ostvariti mjerenje vlage u tlu

**Zadatak 4:** Uloga glavnog programa koji će se izvršavati na STM32F4 Discovery razvojnom okruženju je preuzimanje podataka pristiglih od web aplikacije preko WiFi bežične komunikacije s ESP8266 modula, obrada tih podataka izvršavanjem temeljne logike sustava, kao i slanje tih podataka WiFi komunikacijom web aplikaciji.

**Članovi podtima:** Hrvoje Elez, Jelena Gavran

**Potrebna oprema:**

* STM32F429 Discovery

**Ideja realizacije:**

1. Komunikacija s ESP8266 modulom:

Mikrokontroler će s ESP8266 modulom biti spojen UART-om preko kojeg će primati podatke s web aplikacije. Također, mikrokontroler će određenom frekvencijom preko WiFi modula slati podatke web aplikaciji.

1. Povezanost sa senzorima:   
   Svaki senzor povezan je na mikrokontroler pomoću *jumpera*. Senzori se spajaju na napajanje te pinove mikrokontrolera. Svaki senzor će imati jedinstvene pinove.

**Podzadaci:**

1. Određivanje frekvencije rada (u suradnji s ostalim kolegama)
2. Detaljna definicija funkcionalnosti sustava (pokušati pokriti sve situacije)
3. Određivanje sadržaja informacijskog paketa koji će se svaki ciklus primati i slati na i sa ESP modula
4. Određivanje sadržaja logike koja će se izvršavati u slučaju potrebe zalijevanja biljke
5. Razvoj struktura podataka koji bi odgovarali određenim informacijskim paketima
6. Implementacija svih funkcija za komunikaciju s ESP8266 modulom
7. Povezivanje svih navedenih cjelina i implementacija logike koja će realizirati dogovoreni sustav

**Zadatak 5:** Izrada web aplikacije koja će obrađivati i prikazivati informacije dobivene od mikrokontrolera preko ESP8266 WiFi modula, te koja će modulu slati informacije o potrebi zalijevanja biljke.

**Članovi podtima:** Hrvoje Elez, Jelena Gavran

**Potrebna oprema:**

/

**Ideja realizacije:**

Za realizaciju ovog zadatka odabran je Django radni okvir za izradu web aplikacije koji koristi programski jezik Python za formiranje web servera. Budući da za potrebe ovog projekta nije potrebna velika količina podataka, nije uspostavljana baza podataka jer se sve informacije potrebne mikrokontroleru šalju u obliku HTTP odgovora čim se server obradi primljeni HTTP zahtjev. Django radnim okvirom napravi se kostur aplikacije, koja se zaokruži atraktivno uređenom web stranicom uz pomoć HTML-a i CSS-a.

Isto tako, dovoljne su samo 3 web stranice u okviru aplikacije - početna stranica, stranica s informacijama o projektu i projektnom timu, te stranica na kojoj će biti prikazane informacije o trenutnom stanju zraka i tla, te temperature kojoj je izložena biljka. Isto tako, korisniku treba biti omogućena izmjena minimalnih uvjeta – minimalna temperatura kojoj biljka smije biti izložena, minimalna potrebna vlažnost tla i vlažnost zraka, te koja je razina vode u spremniku. Ako je bilo koji od parametara ispod dozvoljene razine, aplikacija upozorava korisnika na nedozvoljenu vrijednost.

Server kada primi HTTP zahtjev GET metodom od WiFi modula, obradi primljene informacije te ih sprema u globalne varijable koje se prikazuju na web stranici. Isto tako, provjerava je li podatak o trenutnoj vlažnosti tla, te vraća *True* ili *False* kao HTTP odgovor WiFi modulu, ovisno o tome je li potrebno zaliti biljku ili ne.

[Web aplikacija nalazi se na ovom linku.](https://ekantica.herokuapp.com/)

**Podzadaci:**

1. Napraviti web server i stranicu koristeći Python Django i HTML
2. Ostvariti komunikaciju između web servera i ESP8266 WiFi modula obradom HTTP zahtjeva koju ESP modul šalje na adresu web stranice, te HTTP odgovorom omogućiti dvostranu komunikaciju
3. Pustiti aplikaciju u pogon (*deployment*)

**Zadatak 6:** Odabrati pogodan senzor koji će mjeriti razinu vode te napisati pripadajući algoritam

**Članovi podtima:** Hana Novak

**Potrebna oprema:**

* STM32F429 Discovery
* Ultrazvučni senzor koji mjeri udaljenost **HC-SR04**
* Konektori

**Ideja realizacije:**

Ideja je povezati ultrazvučni senzor HC-SR04 s mikrokontrolerom STM32F429 te napisati algoritam koji će omogućiti senzoru da mjeri udaljenost. Senzor će biti pričvršćen na “strop” spremnika te mjeriti udaljenost vode od vrha spremnika. Korisniku će slati upozorenje kada razina vode padne prenisko kako bi korisnik znao kada treba nadopuniti spremnik te će korisnik u svakom trenutku znati koji je postotak popunjenosti spremnika.

Specifikacije senzora

Senzor radi na naponu od 5V, struji od 15 mA, frekvenciji 40kHz. Udaljenosti koje uspješno detektira su u rasponu od 2 cm do 4 m s točnošću od 3 mm. Mjeri pod kutom od 15 stupnjeva. Dimenzije senzora su 45 x 20 x 15 mm. Ima 4 pina: **VCC** je pin za *power supply* koji se spaja na mikrokontroler (5 V na pločici), **Trig** je pin za okidanje ultrazvučnih valova (PE8(GPIO\_Output) na pločici), **Echo** je pin koji proizvodi signal kada je reflektirani signal primljen (duljina signala proporcionalna je vremenu koje je bilo potrebno da se poslani signal detektira, PE9(TIM1\_CH1) na pločici), **GND** pin je uzemljenje (GND na pločici). Moguće i druge kombinacije pinova za spajanje senzora na pločicu.

Princip rada senzora

Puls od minimalno 10 us mora bit poslan na *Trigger* pin. Tada senzor emitira ultrazvučni signal koji se sastoji od osam pulseva od 40 kHz. Osam ultrazvučnih pulseva putuje kroz zrak, a paralelno s tim, *Echo* pin se aktivira te čeka povratak ultrazvučnog signala. Ukoliko se zvučni signal ne vrati na *Echo* u roku od 38 ms, *Echo* pin se gasi jer to indicira da nema zapreke pred senzorom. *Echo* mjeri koliko je vremena prošlo te se jednostavnim računom dobije udaljenost zapreke od senzora.

**Podzadaci:**

* Proučiti dokumentaciju HC-SR04 ultrazvučnog senzora te mikrokontrolera
* Nabaviti potrebne komponente
* Napisati algoritam kojim će se mjeriti razina vode u spremniku te upozoravati korisnika kada razina vode bude preniska
* Spojiti i testirati funkcionalnost
* Kalibrirati senzor
* Probno ga pustiti u rad, vidjeti koji su nedostaci te iterativno poboljšavati algoritam dok rezultati ne budu zadovoljavajući