

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Andrej Virant

Krmilnik za morski akvarij

DIPLOMSKO DELO

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Andrej Virant

Krmilnik za morski akvarij

DIPLOMSKO DELO

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: izr. prof. dr. Branko Šter

Ljubljana, 2014

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja. Za objavlanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

Načrtujte krmilni sistem za morski akvarij. Krmilni sistem naj bo zgrajen okrog računalnika Arduino. Sistem naj uporablja senzor temperature, modul za ohranjanje ure in bluetooth modul, ki naj jih uporablja krmilnik glede na čas dneva in temperaturne razmere. Izdelajte tudi Android aplikacijo za nadzor in krmiljenje sistema.

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Andrej Virant, z vpisno številko **63960166**, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Krmilnik za morski akvarij

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom izr. prof. dr. Branka Štera,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela na svetovnem spletu preko univerzitetnega spletnega arhiva.

V Ljubljani, dne 6. decembra 2014

Podpis avtorja:

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Branku Šteru za pomoč in potrpežljivost pri izdelavi diplomskega dela. Posebna zahvala gre tudi moji ženi in sinu ter družinskim prijateljem, ki so mi stali ob strani tekom študija.

Kazalo

Seznam uporabljenih kratic

Povzetek

Abstract

Poglavje 1 – Uvod.....	1
Poglavje 2 – Predstavitev starih rešitev.....	3
Poglavje 3 – Krmilnik Arduino in elektronsko vezje.....	7
3.1 ARDUINO.....	7
3.1.1 Arduino Mega 2560.....	8
3.2 Modul DS1302 z realno uro z baterijo CR2032.....	10
3.3 Bluetooth serijski modul JY-MCU za Arduino.....	11
3.4 8-kanalni rele modul.....	12
3.5 Vodoodporni termometer DS18B20.....	14
3.6 Pomikalni register 74HC595N.....	15
3.7 Ethernet ščit W5100 z Micro SD režo.....	16
Poglavje 4 – Nadzor z Androidom.....	19
4.1 Vmesnik za nadzorno aplikacijo.....	20
4.2 Nastavitev datuma in ure.....	22
4.3 Osvetlitev.....	23
4.4 Temperatura.....	24
4.5 Pregled delovanja za nazaj.....	25
Poglavje 5 – Sklepne ugotovitve.....	27
Poglavje 6 – Literatura.....	29

Seznam uporabljenih kratic

kratica	pomen
PWM	Pulse Width Modulation
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
MHz	MegaHertz
SD	Secure Digital
ICSP	In Circuit Serial Programming
USB	Universal Serial Bus
AC/DC	Alternating Current / Direct Current
I ² C	Inter-Integrated Circuit
SPI	Serial Peripheral Interface
LED	Light-Emitting Diode
UTP	Unshielded Twisted Pair cables
pH	Power of Hydrogen
ORP	Oxidation Reduction Potential
D.O.	Dissolved Oxygen

Povzetek

To diplomsko delo opisuje razvoj krmilnika za morski akvarij. Tukaj so združene tehnologije Arduino, Android in zgrajeno elektronsko vezje.

Jedro tega sistema je mikrokrmilnik Arduino. Nanj je priključeno elektronsko vezje, ki ima zaradi kompleksnosti ekosistema morskega akvarija lahko zelo veliko komponent. Trenutna verzija ima priključen senzor za temperaturo vode, uro, ki se ohrani tudi ob izpadu električne energije, Bluetooth vmesnik za komunikacijo z nadzorno napravo (v našem primeru Android naprava), SD pomnilna kartica za beleženje stanja in dogodkov. Sam program na krmilniku Arduino je napisan v programskem jeziku C/C++. Krmilnik ima na začetku določena neka privzeta pravila po katerih krmilnik nadzoruje in upravlja senzorje in naprave. Te nastavitve je mogoče spreminjati preko Android aplikacije, ki teče na poljubni napravi, ki ima Bluetooth povezavo do krmilnika. Ta aplikacija omogoče tudi pregled delovanja krmilnika za nazaj tako, da se lahko vidi ali je krmilnik pravilno reagiral na določeno stanje senzorjev in ali je vse skupaj dovolj učinkovito.

Ključne besede: Arduino, Android, krmiljenje naprav, senzor, elektronsko vezje, beleženje, nadzor, aplikacija, C/C++, Java, Bluetooth

Abstract

This thesis describes the development of sea aquarium controller. The technologies that are combined here are Arduino, Android and electronic circuit.

In the core of this system lies microcontroller Arduino. It is attached to electronic circuit which can have many components because due to the nature of complexity of sea aquarium ecosystem. This version has attached temperature sensor, clock that runs correctly even after power outage, Bluetooth interface for communication with control station (in our case Android device), SD memory card for logging of current state and events. Program on microcontroller Arduino is written with C/C++ programming language. At first controller has default settings built in so it would know how to control sensors and components. These settings can be altered with Android application that runs on some device that has Bluetooth connection to controller. With this application user can look back into how the controller was performing so it can be determined if controller reacted correctly to all sensors states and if everything is efficient enough.

Keywords: Arduino, Android, device controlling, sensor, electronic circuit, logging, control, application, C/C++, Java, Bluetooth

Poglavje 1 – Uvod

Ko nanese beseda na akvarije, človek običajno najprej pomisli na zlate ribice ali neonke in mogoče tudi na pajčolanke. Vendar je vse to svet sladkovodnih akvarijev. Ti akvariji so dokaj enostavni za vzdrževanje. Voda se lahko naliže iz bližnjega studenca, filter za vodo je potrebno menjavati na vsako polno luno, ribam pa je enkrat na dan potrebno dodati nekaj prehranskih dodatkov. Redki pa so atraktivni za ogled (Slika 1.1).



Slika 1.1: Eden lepših sladkovodnih akvarijev. Takšni so zelo redki.

Z morskim akvarijem je skoraj vedno popolnoma drugače. Že takoj ob prvem pogledu na ta naravni televizor z diagonalo redkokdaj manjšo od enega metra, nihče ne ostane ravnodušen. Prvo, kar se opazi, so ribe vseh barv, ki živahno plavajo med skalovjem in koralami (Slika 1.2) [1, 2]. Tukaj je osvetlitev veliko močnejša kot v sladkovodnem akvariju, saj vsi ti organizmi živijo v bistrskih vodah na koralnih grebenih v plitvinah. Voda pa tukaj ni nikoli umazana. Za to poskrbi celoten ekosistem. V vodi mrgoli življenja. Plankton je hrana za korale in manjše živali kot so ribice, raki, školjke in polži. Tudi v morskem akvariju se lahko zelo približamo takšnemu ekosistemu, vendar pa je za to potrebno veliko potrpežljivosti in znanja.

Vse naštetu je mogoče nadzorovati z najrazličnejšimi krmilniki, ki jih iz komponent akvaristi sestavljajo sami. Velikokrat se morajo znajti sami ali na forumih [3] iskati rešitve za posamezne komponente. Zelo pomaga tudi znanje elektrotehnike, ker je skoraj vedno

potrebno kakšen del narediti malo po svoje. Moja ideja je, da bi tukaj vnesel nekaj reda in akvaristom omogočil, da se ne bi bilo potrebno zakopavati v podrobnosti, ampak bi dele akvarijskega sistema samo priključili na krmilnik in določili delovanje na samem krmilniku z grafičnim vmesnikom na svojem telefonu ali tabličnem računalniku.



Slika 1.2: Morski akvarij v vsej svoji lepoti.

Zato sem se odločil, da poskusim krmilnik narediti s pomočjo mikrokrmilnika Arduino, ki bo preko protokola Bluetooth komuniciral z Android napravo, s katero se bo nadziralo in spreminjalo delovanje. Mikrokrmilnik Arduino je zelo razširjen, je enostaven za uporabo in ima nizko ceno. Android naprave pa se pojavljajo že na vsakem koraku kot mobilni telefoni, tablični računalniki, televizorji, ročne ure, ...

Poglavje 2 – Predstavitev starih rešitev

Morski akvariji potrebujejo veliko nege in potrpežljivosti. Da lahko naselimo v tak akvarij prve prebivalce, je potrebno kar nekaj priprav. Ko pa se začnejo naseljevati v ta koralni greben v malem, jih je veselje opazovati. Na žalost pa samo z opazovanjem lahko gre hitro kaj narobe. Za urejanje takšnega akvarija je potrebno kar nekaj raznovrstnega znanja, še posebej, če ne želimo enostavno kar kupiti takšne zadeve in jo uporabljati “out of the box” (priklopimo v vtičnico in imamo akvarij).

Veliko lastnikov morskih akvarijev je bilo pri postavitvi od samega začetka. Poleg tega pa je skoraj vsak želel narediti malo po svoje, tako da ni bilo neke univerzalne rešitve, ki bi zadostovala večini.



Slika 2.1: Plovno stikalo za zaznavanje nivoja vode v akvariju

Da je bilo v akvariju vedno dovolj vode, je skrbelo plovno stikalo (Slika 2.1), ki je bilo vezano neposredno na črpalko v pomožni cisterni. Če je v cisterni zmanjkalo vode, so se lahko začele dogajati neprijetne stvari, kot je tek penilnika v prazno in zato tudi pregrevanje le tega in po možnosti tudi okvaro.

Luči so se vklapljevale in izklapljevale s pomočjo digitalnih časovnih stikal (Slika 2.2). Kolikor je bilo sklopov, toliko časovnih stikal je bilo potrebnih. Tudi čas vklopa in izklopa je bil vedno enak ne glede na dolžino dneva. To je bilo potrebno spreminjati ročno na samem časovnem stikalu.



Slika 2.2: Digitalno časovno stikalo

Črpalke za ustvarjanje vodnega toka (Slika 2.3), ki ustvarjajo valovanje, so bile krmiljene s pomočjo industrijsko izdelanim krmilnikom, ki ima 2 potenciometra za nastavljanje minimalnega/maksimalnega delovanja toka.



Slika 2.3: Črpalka za plimovanje

Temperatura vode se je merila z analognim termometrom. Zato je bilo tudi za hlajenje ali gretje vode potrebno poskrbeti ročno. Tudi pH in slanost sta se merila z ročnima merilnikoma.

Takšen nadzor in delovanje akvarija in njegovih parametrov je najcenejše, vendar zahteva od uporabnika več časa. Res pa je, da vseh parametrov ni potrebno kontrolirati ves

čas.

Uporabniki z več elektrotehničnega znanja si znajo veliko narediti sami s specializiranimi mikrokrmilniki. Nagrada za to je enostavnejši in hitrejši nadzor nad pravilnim delovanjem akvarija in vseh strojnih in električnih inštalacij, kar nedvomno prispeva k optimalnemu delovanju in s tem skrbi za dobrobit vseh živih organizmov, ki se nahajajo v njem.

Poglavje 3 – Krmilnik Arduino in elektronsko vezje

Po kratkem iskanju po internetu se danes hitro zavemo, da je majhnih in enostavnih krmilnikov in računalnikov že kar precej. Po pregledu obstoječega in natančnem razmisleku, kaj je potrebno za krmilnik za morski akvarij, sem se odločil za Arduino. Krmilnik mora biti stabilen, enostaven, razširljiv in ne potrebuje velike moči. Poleg tega pa je skupnost zelo razširjena in za kakršno koli težavo se hitro najde rešitev.

3.1 ARDUINO



Slika 3.1: Arduino logo

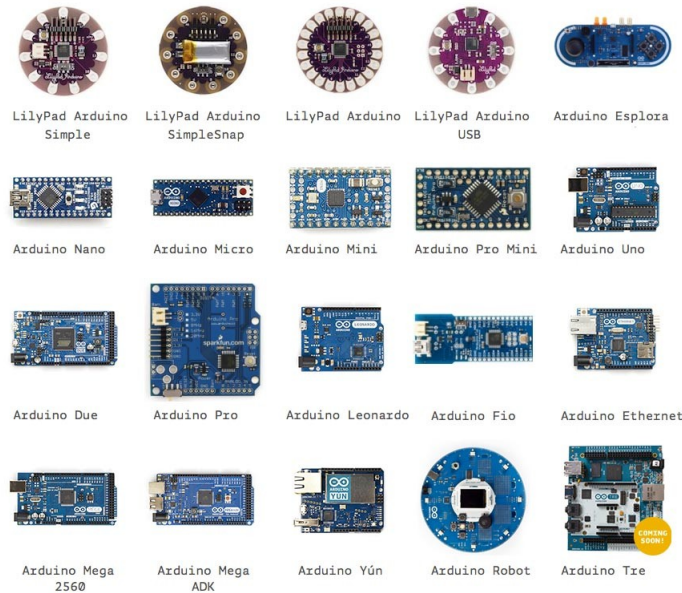
“Arduino je odprtokodna elektronska prototipna platforma, ki temelji na strojni in programski opremi, ki je prilagodljiva in enostavna za uporabo. Namenjena je umetnikom, oblikovalcem, hobistom in vsakomur, ki ga zanima ustvarjanje interaktivnih predmetov ali okolice.” (Slika 3.1) [4]

Arduino je orodje za gradnjo računalnikov, ki lahko bolje zaznavajo in krmilijo fizični svet kot navaden namizni računalnik. Je odprtokodna fizična računalniška platforma, ki temelji na preprostem mikrokrmilniku in razvojnem okolju za pisanje programske opreme zanj.

Mikrokrmilnik Arduino je nastal že leta 2005, od takrat pa je doživel že kar nekaj izboljšav in inkarnacij (Slika 3.2). Ker je odprtokodni sistem, ga lahko sam naredi kdorkoli [5], saj so na prej omenjeni spletni strani [1] objavljeni načrti. Tako je kar nekaj podjetij začelo prodajati svoje ploščke (FreeDuino, pcDuino, idr).

Ker je popularnost tej platformi rasla in raste še danes, je na voljo veliko literature [6,7] ter veliko dodatkov, to pa je uporabnike samo še bolj nagovarjalo, da so to platformo

izbrali za svojo. Najdemo dodatke vseh vrst: senzorje (merjenje razdalje, pospeškov, žiroskopi, ...), ščite (ethernet, wifi, robotika, ...), ekrane (občutljivi na dotik, sedem segmentni, ...) in še najrazličnejše dodatke, kot je modul za Bluetooth, modul za ohranjanje ure, ...

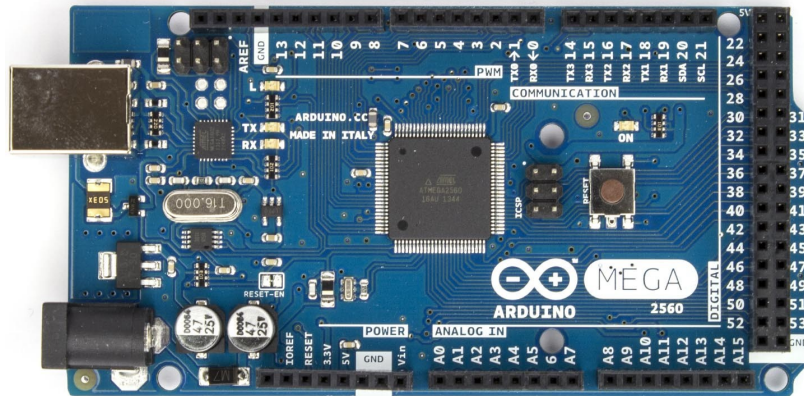


Slika 3.2: Možni Arduino mikrokrmilniki

Na voljo je tudi kar nekaj različnih velikosti in moči samega mikrokrmilnika Arduino. Najmanjši LilyPad je idealen za vgradnjo v oblačila (wearables, e-tekstil), potem pa rastejo z imeni, Nano, Micro, Mini, Uno, Due, ... Odločil sem se za Arduino Mega 2560, ker imajo ostali za potrebe mikrokrmilnika, ki ga želim narediti, premalo pomnilnika.

3.1.1 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 (Slika 3.3) [8] je mikrokrmilni plošček, ki temelji na mikrokrmilniku ATmega2560. Ima 54 digitalnih vhodno/izhodnih pinov (od katerih se 15 lahko uporablja kot PWM izhod), 16 analognih izhodov, 4 UART-e (strojni serijski porti), 16 MHz kristalni oscilator, USB vtičnico, priključek za napajanje, ICSP header in reset gumb. Za delovanje ga lahko priključimo preko USB kabla na računalnik ali preko AC/DC adapterja ali pa na baterijo.



Slika 3.3: Arduino Mega 2560 R3

Mikrokontroler ATmega2560 z že nameščenim zaganjalnikom (bootloader), ki omogoča, da nove programe namestimo brez zunanega strojnega programatorja. Za programiranje pa se uporablja Arduino razvojno okolje (Slika 3.4), programski jezik pa je C/C++, vendar precej poenostavljen, tako da ga lahko hitro obvlada prav vsak uporabnik.

```

aqctrlroler
#include <SoftwareSerial.h> //Software Serial Port
#include <TimeKeeper.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <SD.h>
#include <SPI.h>

#define bluetoothTx:D 11
#define bluetoothRx:D 2

SoftwareSerial blueToothSerial(blueToothTx:D,blueToothRx:D);

#define DS1302_SCLK_PIN 18 // Arduino pin for the Serial Clock
#define DS1302_I0_PIN 19 // Arduino pin for the Data I/O
#define DS1302_CE_PIN 20 // Arduino pin for the Chip Enable

const byte LIGHTS_NUM = 4;
const byte LIGHT_PINS[] = {14,15,16,17};

const byte FANS_NUM = 1;
const byte FAN_PINS[] = {22};
const byte HEATERS_NUM = 1;
const byte HEATER_PINS[] = {23};

TimeKeeper timekeeper(DS1302_SCLK_PIN, DS1302_I0_PIN, DS1302_CE_PIN);

```

1 Arduino Mega 2560 or Mega ADK on /dev/tty.usbmodem621

Slika 3.4: Razvojno okolje Arduino

Sam mikrokrmilnik bo nadziral senzorje in upravljajal z napravami. Ker so morski organizmi zelo občutljivi že na samo količino svetlobe, ki jo sprejemajo in kdaj jo sprejemajo, je mikrokrmilniku bil dodatek modul za realno uro, ki obstane tudi, če zmanjka elektrike, ker sam Arduino te možnosti nima.

3.2 Modul DS1302 z realno uro z baterijo CR2032

Arduino ima uro, vendar je tukaj problem, če zmanjka elektrike. V tem primeru se ura resetira na 1.1.1970 ob 00:00:00. To pa tukaj ni sprejemljivo, ker bi elektrike lahko zmanjkalo kmalo po sončnem vzhodu, ura pa bi se ob prihodu elektrike nastavila na polnoč in bi akvarij ostal v temi še kar nekaj ur. Zato sem na mikrokrmilnik priključil modul DS1302 z realno uro (Slika 3.5), ki ima tudi baterijo za takrat, ko ni napajanja od zunaj.

Ta modul se z Arduinom poveže preko treh povezav (CE, I/O in SCLK). Vmesnik ni niti I²C, niti OneWire, niti SPI, ampak “3-wire-interface” kot je največkrat poimenovan.



Slika 3.5: DS1302 modul za realno uro z baterijo CR2032

Čip ima 31 bajtov pomnilnika v katerem je vedno zapisana zadnja vrednost ure. Letnica je zapisana z dvema decimalkama (0-99). Leto 0 je leto 2000. Čip ima vgrajeno tudi upoštevanje prestopnih let, ne pa tudi zimsko/letnega časa.

Na Arduino Playground [9] internet strani je lepo opisano, kako je ta modul potrebno povezati z Arduinom in kako sprogramirati, da ga bo Arduino pravilno uporabljal. Vso kodo, ki je na tej internet strani, sem prepisal v svojo knjižnico TimeKeeper [10], ki jo tudi uporabljam.

Ker ima tudi ta modul neko začetno vrednost ure, jo je bilo potrebno nekako nastaviti na pravo vrednost. Prva možnost je preko orodja Serijski Monitor v razvojnem okolju, druga boljša možnost pa je z nadzorno Android aplikacijo. Za povezavo med mikrokrmilnikom in nadzorno aplikacijo sem se odločil, da uporabim Bluetooth modul, ki sem ga priključil na mikrokrmilnik.

3.3 Bluetooth serijski modul JY-MCU za Arduino

Brezžična komunikacija z nadzorno aplikacijo je precej samoumevna. Še posebej, ko sem videl, kako enostavno je mogoče to narediti. Bluetooth moduli (Slika 3.6) so zelo poceni in na internetu je že veliko narejenega s tem modulom [11].

Modul ima na začetku tovarniške nastavitve, od katerih je najbolj kritična PIN številka za vzpostavitev povezave in uparjanja. Modul omogoča nastaviti tudi ime, s katerim se bo naprava predstavila, in hitrost povezave modula z mikrokrmilnikom [12]. Pri nastavitvi hitrosti je potrebno biti previden, ker v želji po previsoki hitrosti lahko hitro pride do težav in modul postane nedostopen za mikrokrmilnik. V takšnem primeru je potrebno imeti USB – serijski pretvornik, da se lahko modul priključi direktno na računalnik.



Slika 3.6: Bluetooth serijski modul JY-MCU

Da bi se mikrokrmilnik in nadzorna aplikacija znala sporazumevati, sem si izmislil nabor ukazov, ki jih poznata oba. Ti ukazi so kratki, sestavljeni iz treh znakov, ki jim po potrebi sledi še parameter oziroma vrednost.

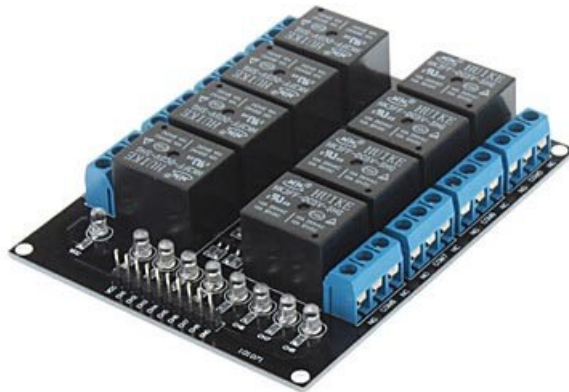
Ker je za zdaj na mikrokrmilnik priključen samo modul za realno uro, je nabor še kratek. En ukaz za sprejem ure mikrokrmilnika, drugi pa za nastavitev na neko poljubno vrednost:

- **gdt** (Get Date Time): mikrokrmilnik sporoči svoj trenutni datum in uro
- **sdt** (Set Date Time): mikrokrmilniku nastavimo datum in uro

Naslednja stvar, ki je za morski akvarij velikega pomena, je svetloba. Morski akvarij potrebuje veliko svetlove. Običajno je osvetljava narejena z neonskimi sijalkami. Izračunano je, da je potrebno namestiti za vsak liter vode 1 W moči sijalk. Ti akvariji pa so običajno večji od 500 litrov, kar pomeni, da Arduino ni sposoben sam dovajati toliko električne energije. Lahko pa s svojo skromno močjo spreminja stanja stikalom, v mojem primeru relejem.

3.4 8-kanalni rele modul

Digitalni izhodi iz Arduino mikrokrmilnikov imajo napetost 5 V, tok pa 40 mA, kar skupaj da 0.2 W. Za 1 liter velik akvarij bi 5 digitalnih pinov zadostovalo, če bi se našla tako majhna neonska sijalka. Vendar pa je ta moč več kot dovolj velika, da lahko preklaplja releje. Zato sem se za začetek odločil za 8-kanalni rele modul (Slika 3.7).



3.7: 8-kanalni rele modul

Vsak rele ima vhod za krmiljenje releja, sam rele pa ima še 3 pine za napravo, ki jo želimo krmiliti:

- COMx, kjer priključimo napajanje ali ozemljitev naprave

- NO (Normally Opened), ki v stanju, ko ni kontakta, nima sklenjenega električnega kroga. Za sklenitev je potrebno enega od pinov postaviti v pozitivno stanje.
- NC (Normally Closed), ki v stanju, ko ni kontakta, ima sklenjen električni krog. Za prekinitev je potrebno enega od pinov postaviti v pozitivno stanje.

Rele, ki ga uporabljam, prenese 30V enosmerne napetosti ali 250V izmenične napetosti. Ker ima modul 8 kanalov, lahko nanj priključim 8 naprav. Najprej bom začel z osvetlitvijo..

Neonske sijalke sem razdelil v 4 ločene sklope, ki se bodo vklapljali v nekem časovnem intervalu, ki ga bo mogoče poljubno spreminjati. Ne smejo se vklopiti vse naenkrat, ker bi to bil prevelik šok za morske organizme.

Da se lahko nadzorna aplikacija in mikrokrmilnik sporazumevata, so potrebni tudi novi ukazi:

- **glc** (Get Light Count): mikrokrmilnik sporoči število samostojnih sklopov luči.
- **glt** (Get LighT status): mikrokrmilnik sporoči stanje luči
- **slt** (Set LighT status): vklopimo/izklopimo posamezen sklop luči
- **glq** (Get Light seQuence): mikrokrmilnik sporoči interval med vklopom/izklopom posameznega sklopa luči
- **slq** (Set Light seQuence): nastavi se interval med vklopom/izklopom posameznega sklopa luči

Mikrokrmilnik bo luči vklopil zjutraj, zvečer pa jih bo ugasnil. Da bi bilo to čim bolj pristno, se za vsak dan posebej izračuna sončni vzhod in zahod. Da račun ne bi bil preveč zapleten, se sončni vzhod in zahod računata za Ljubljano. Določil sem, kdaj sta enakonočja in kdaj najdaljši in najkrajši dan v letu. Glede na te 4 dneve se aproksimirajo vsi ostali dnevi v letu s preprosto sinusno funkcijo. Za enkrat še ni možnosti za razlikovanje zimskega in letnega časa.

Čez leto so tako luči vklopljene povprečno 12 ur, kar pa vzbuja skrb zaradi velike moči, ki jo le-te porabijo. Ker se vsa električna energija ne pretvori v svetlobo, jo nekaj gre v toploto, ki pa segreva vodo v akvariju. Ker so morski organizmi zelo občutljivi na temperaturne spremembe, je potrebno nadzirati temperaturo vode in ob previsoki/prenizki temperaturi pravilno ukrepati.

3.5 Vodoodporni termometer DS18B20

Temperatura lahko s pomočjo močnih luči hitro naraste, ponoči, ko so le-te ugasnejo, pa se lahko spusti pod dovoljeno mejo. Zato sem za spremljanje temperature vode uporabil termometer DS18B20 [13] v vodoodporni različici.

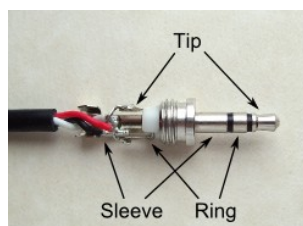


Slika 3.8: Vodoodporni termometer DS18B20

Termometer ima 3 žice, napajanje, ozemljitev, tretja pa je za podatke. Komunikacija poteka z 1-Wire protokolom, za Arduino pa je napisana knjižnica, s katero je delo dobro dokumentirano in zato enostavno. Vsak termometer DS18B20 ima unikatno 64-bitno serijsko številko kar omogoča, da več termometrov DS18B20 povežemo na isto linijo.

Da bi navedeni termometer lažje priklopil in po možnosti okvare tudi zamenjal, sem ga privaril na stereo banano (Slika 3.9), ženski del pa sem dodal krmilniku.

Barva žice	Kontakt	Normalen način	Parazitni način
Bela	Vrh (Tip)	DQ (podatki)	DQ (podatki)
Rdeča	Obroč (Ring)	V_{dd}	Ni povezave
Črna	Rokav (Sleeve)	Ozemljitev	Ozemljitev + V_{dd}



Slika 3.9: Stereo banana privarjena na vodoodporni termometer

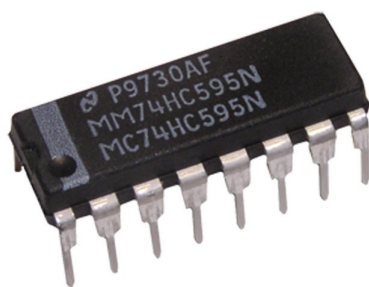
Ta termometer ima tako nizko porabo, da lahko deluje s takoimenovano parazitno električno energijo. To pomeni, da je dovolj že v sami podatkovni žici. Meri lahko temperature med -55°C in $+125^{\circ}\text{C}$. Ima tudi nastavljivo natančnost merjenja temperature do $1/16^{\circ}\text{C}$, vendar za večjo natančnost potrebuje tudi več časa, 750 ms. Ker hitrost tukaj ni pomembna, sem nastavljal, da se temperatura meri z največjo natančnostjo.

Morski akvariji naj bi držali temperaturo nekje med 24°C in 28°C . Če gre temperatura izven tega območja, je potrebno pravilno odreagirati. Pri previsoki temperaturi se bo moral vklopiti ventilator, ki bo odvajal toploto, ki jo naredijo sijalke, stran od akvarija. Pri prenizki temperaturi pa je potrebno vklopiti grelec vode. Oba sem zaradi visoke porabe električne energije priklopil na rele.

Da bi vsaj stanje temperature lahko približno vedel brez nadzorne aplikacije, sem s pomočjo pomikalnega registra in nekaj barvnih LED-ic naredil preprost prikazovalnik temperature v akvariju.

3.6 Pomikalni register 74HC595N

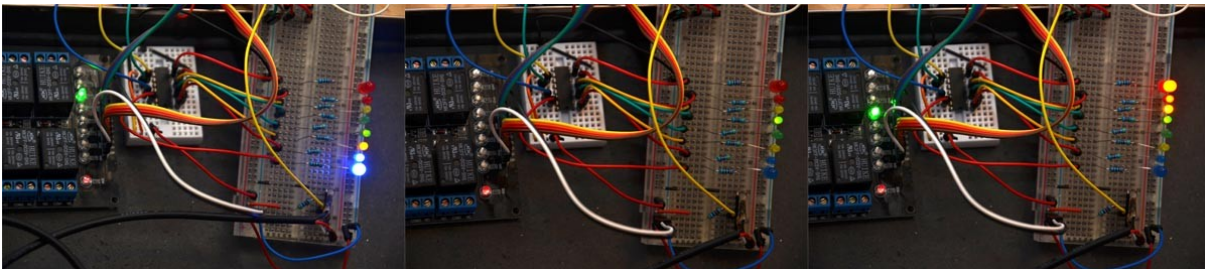
Arduino Mega ima več kot 50 digitalnih vhodno/izhodnih pinov, kar pomeni, da jih ne bo zmanjkalo tako hitro. Vendar pa je ideja, da lahko trije pini nadomestijo 8 in več direktno priključenih pinov, zelo mikavna (Slika 3.10). Toliko bolj zato, ker je pri krmilniku morskega akvarija veliko komponent, ki jih je potrebno samo vklapljati in izklapljati.



Slika 3.10: Pomikalni register 74HC595N

Za začetek sem naredil samo prikazovalnik stanja temperature vode v akvariju (Slika 3.11). Naredil sem ga z osmimi barvnimi LED-icami, kjer zelene pomenijo idealno

temperaturno območje, rumene mejno, vendar še dovoljeno temeraturu, rdeče previsoko temperaturo, modre pa prenizko temperaturo.



Slika 3.11: Moja rešitev za prikazovanje območja temperature

Na ta način bi lahko krmilil tudi releje, vendar bom za enkrat to prepustil za nadaljne izboljšave, ko bo začelo zmanjkovati pinov na mikrokrmilniku.

Da je celoten sistem deloval pravilno ves čas, tudi, ko nas ni doma ali ko spimo, lahko preverimo samo, če beležimo njegovo delovanje. Danes najbolj razširjena in enostavna metoda za beleženje dogodkov je pisanje na SD pomnilniške kartice.

3.7 Ethernet ščit W5100 z Micro SD režo

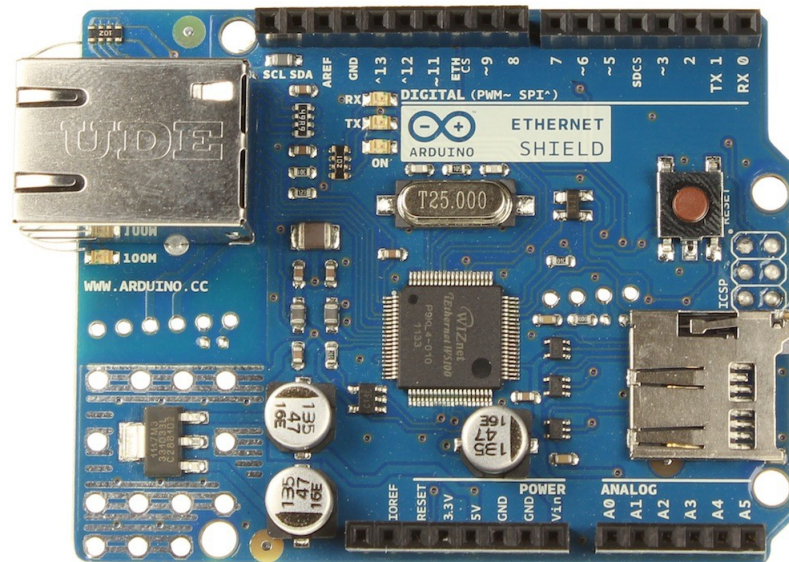
Celoten krmilnik za morski akvarij postaja vedno bolj kompleksen. Kompleksnost pa s seboj prinese večjo verjetnost, da lahko gre kaj narobe. To pa se običajno rado zgodi, ko nas ni zraven. Pa tudi če smo, se velikokrat zgodi, da je skoraj nemogoče kar tako na oko reči, kaj je šlo narobe. Zato nam tukaj pride na pomoč beleženje dogodkov, iz katerih je mogoče spremljati delovanje za nazaj.

Dogodke je najbolje beležiti v neko datoteko na pomnilnem mediju. Jaz sem se odločil, da to implementiram s pomočjo SD pomnilniške kartice. Na Arduino mikrokrmilnik sem dodal ščit, ki poleg reže za SD kartico vsebuje tudi ethernet priključek (Slika 3.12), ki bo zaenkrat počival, vendar pa ima ogromno potenciala za izboljšave na krmilniku morskega akvarija.

Najprej se je potrebno vprašati, katere podatke je smiselno beležiti in kako jih pozneje koristno uporabiti. Tukaj je smiselno beležiti naslednje podatke:

- zagon krmilnila: Kako so se inicializirali posamezni sklopi;

- temperaturne spremembe: Temperaturo vode ob vsaki spremembi;
- spremembe delovanja osvetljave: Stanje osvetljave ob vsaki spremembi;
- spremembe delovanja hlajenja in gretja: Stanje hlajenja in gretja ob vsaki spremembi;
- sprejeti ukazi, ki so prispeli do mikrokrmilnika: vsak ukaz, ki ga ni izvedel krmilnik sam ampak je prišel od neke zunanje naprave, bodisi nadzorne aplikacije preko bluetooth, serijskega porta računalnika, internetnega klica, ...



Slika 3.12: Ethernet ščit W5100 z Micro SD režo

Knjižnica SD.h dovoli poimenovanje datotek in imenikov v formatu 8.3. Zato sem se odločil, da vsakega od zgornjih sklopov podatkov vpisujem v svoj imenik, vsak dan pa se kreira tudi nova datoteka. Nova datoteka se kreira zato, da je iskanje z nekim časovno opredeljenim dogodkom lažje.

Na SD kartico je dobro zapisati tudi inicializacijske nastavitve. Če se zgodi ponovni zagon krmilnika, na primer zaradi izpada električne energije, so lahko vse nastavitve izgubljene, če niso nekje permanentno zapisane.

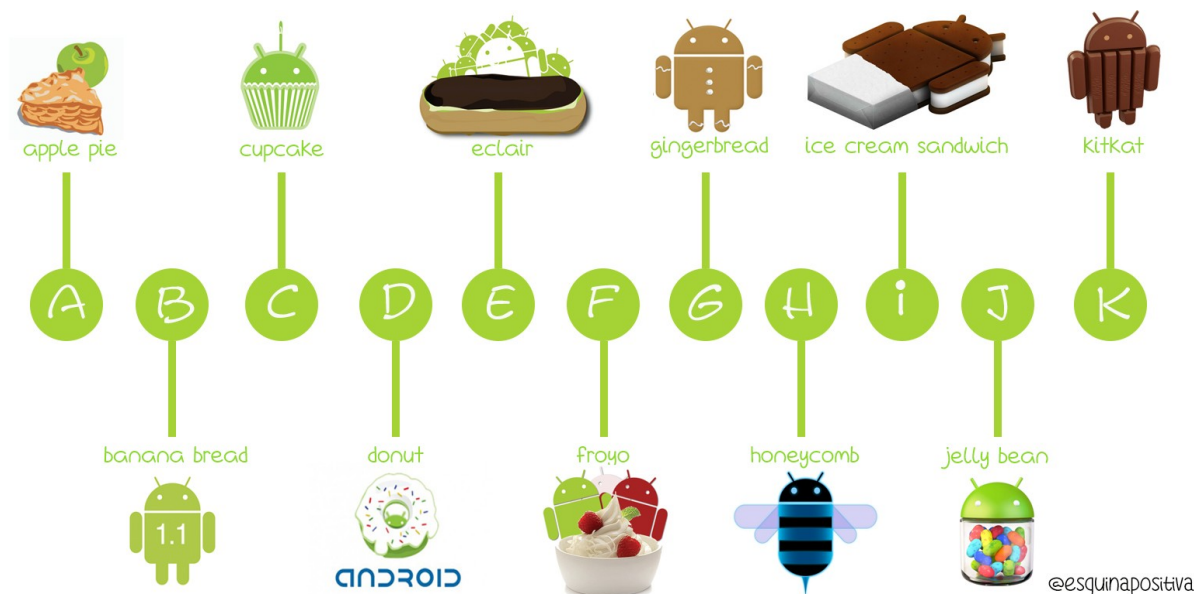
Vse, kar si mikrokrmilnik beleži, nima nobene vrednosti, če tega ni mogoče nekako predstaviti uporabniku. Uporabnik bi lahko iz reže vzel SD kartico in jo vključil v čitalec kartic ter preveril, kaj je na njej zapisano. Datoteke bi lahko pregledal kar z navadnim pregledovalnikom tekstovnih datotek ali pa z nekim namenskim programom, ki zna kaj izluščiti iz teh podatkov. Vendar je to zamudno in takrat, ko SD kartica ni v krmilniku, se ne more nič beležiti. Med delovanjem SD kartico ni nikoli dobro vzeti iz reže, ker je delovanje

potem nepredvidljivo.

Druga možnost je prenos podatkov iz SD kartice na neko nadzorno napravo, kjer posreduje krmilnik. Do sedaj ima ta krmilnik vgrajene 2 možnosti. Prva je ethernet povezava z UTP kablom. Za to bi bilo potrebno še razširiti program na kimrokrmilniku, da bi znal poslušati zahteve, ki prihajajo iz internet/intranet omrežja. Lahko bi vseboval tudi preprosto internet stran za predstavitev podatkov in po možnosti tudi nadzorno stran za vpogled in spreminjanje nastavitev. A večino tega počne že s pomočjo bluetooth modula, ki je lahko brezžično povezan z nadzorno aplikacijo. Edina slabost tega je, da je potrebno nadzorno aplikacijo razviti posebej na neki napravi, ki ima Bluetooth povezavo omogočeno. Takšne naprave pa danes že skoraj vsak nosi v svojem žepu ali torbi, nahrbtniku. Odločil sem se, da nadzorni program razvijem kot aplikacijo za Android naprave.

Poglavje 4 – Nadzor z Androidom

Android je operacijski sistem [14], ki temelji na Linux jedru in je primarno zasnovan za mobilne naprave z zaslonom, občutljivim na dotik kot, so pametni telefoni in tablični računalniki. Začelo ga je razvijati podjetje Android, inc., finančno podprt s strani Googla, ki ga je leta 2005 tudi kupil, leta 2007 pa prvič predstavil svetu. Prvi pametni telefon z Androidom pa je bil na voljo kupcem konec leta 2008.



Slika 4.1: Poimenovanja razvojnih verzij Android operacijskega sistema

Android je postal popularen v glavnem zaradi množice aplikacij, ki jih je mogoče naložiti na telefon preko katere koli trgovine z Android aplikacijami. Te aplikacije razvijajo podjetja in uporabniki sami, ki želijo s svetom deliti svoje ideje in poglede, pri tem pa mogoče še kaj zaslužiti. To je danes lažje kot kdajkoli prej, saj za to obstajajo internet strani [15] in ogromno literature [16,17,18].

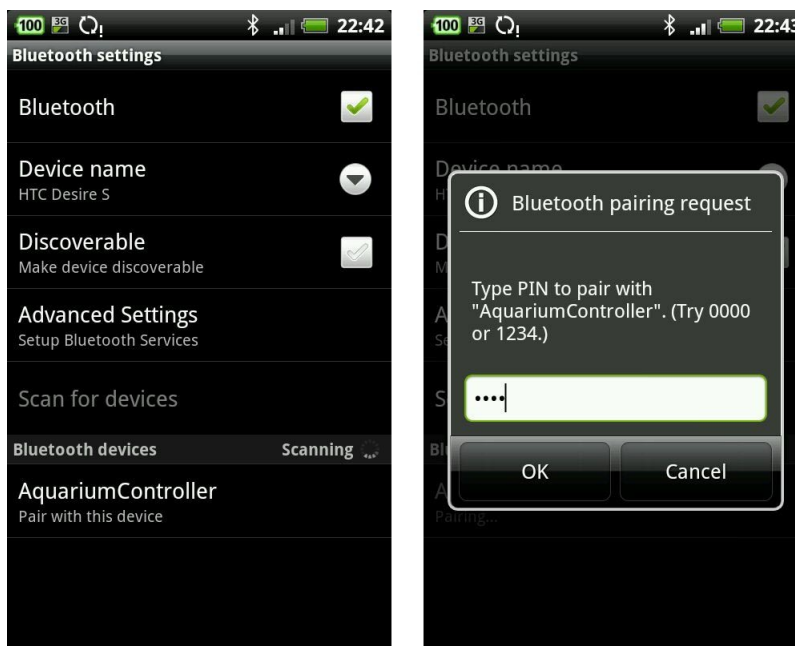
Takšen model poslovanja ni prvi. Apple je prehitel Google za kakšno leto, vendar je objavljane aplikacij v Applovem App Storu veliko bolj restriktivno, a ima Applova platforma tudi veliko dobrih lastnosti, kar jo dela tako uspešno. Ni pa Android zadnja platforma te vrste, omenim naj še Windows Phone, BlackBerry, Firefox, ...

Za Android pa sem se odločil, ker imam sam takšno napravo in tudi razvoj Android aplikacij poteka v programskem jeziku Java. Poleg vsega je skupnost razvijalcev zelo velika, razvoj Android operacijskega sistem pa se nezadržno nadaljuje.

Nadzorno aplikacijo sem poimenoval Aquarium Controller.

4.1 Vmesnik za nadzorno aplikacijo

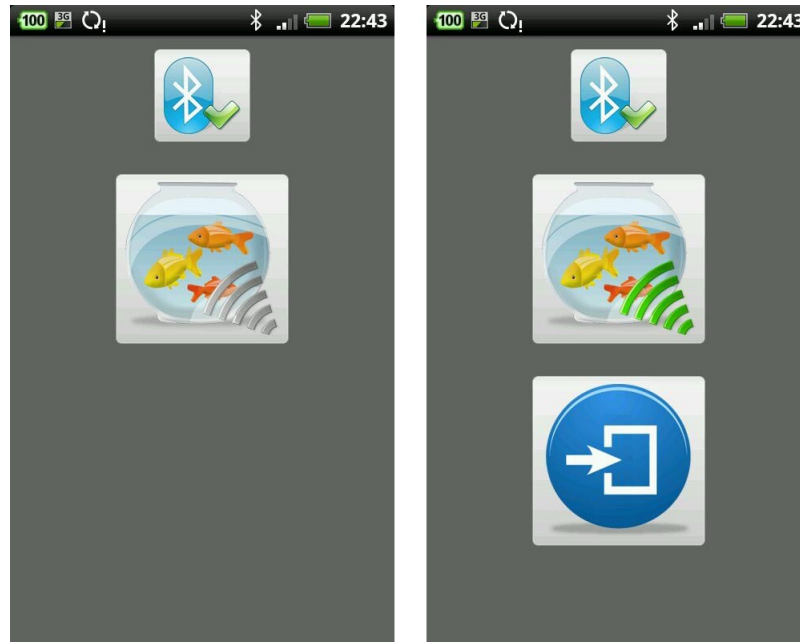
Sedaj, ko je Arduino program naložen na mikrokrmilnik in je ta vklopljen na vir električne energije, bi morala na modulu za Bluetooth utripati rdeča lučka. To pomeni, da modul deluje in še nobena naprava ni priključena nanj. Prvi korak, seznanjanje mikrokrmilnika in Android napavo, je potrebno narediti samo prvič na Android napravi (Slika 4.2). V nastavitvah za bluetooth na Android napravi je mikrokrmilnik potrebno najprej najti. Ime je AquariumController. Potrebno je vnesti tudi pin številko, ki je bila določena v programu na krmilniku, ko so se nastavljanje lastnosti bluetooth modula.



Slika 4.2: Seznanjanje Android naprave z krmilnikom

Ko je to storjeno, se lahko zažene aplikacija, ki je narejena zelo enostavno (Slika 4.3). Najprej se je potrebno priključiti na krmilnik s pritiskom na en gumb v aplikaciji.

Če je priključitev uspela, aplikacija pošlje krmilniku zahtevo, da vrne trenutno stanje krmilnika z vsemi nastavitvami. Ukaz, ki ga pošlje, je “**all**”. Aplikacija sama nadaljuje na nadzorni del (Slika 4.4), kjer je nekaj gumbov, na katerih je s slikicami prikazano trenutno stanje določenega dela krmilnika.



Slika 4.3: Vstopna stran v nadzorno aplikacijo



Slika 4.4: Nadzorna plošča aplikacije Aquarium Controller

Prvi gumb je za nastavljanje ure krmilnika, vendar ta gumb ne prikazuje ure, ampak samo statično slikico.

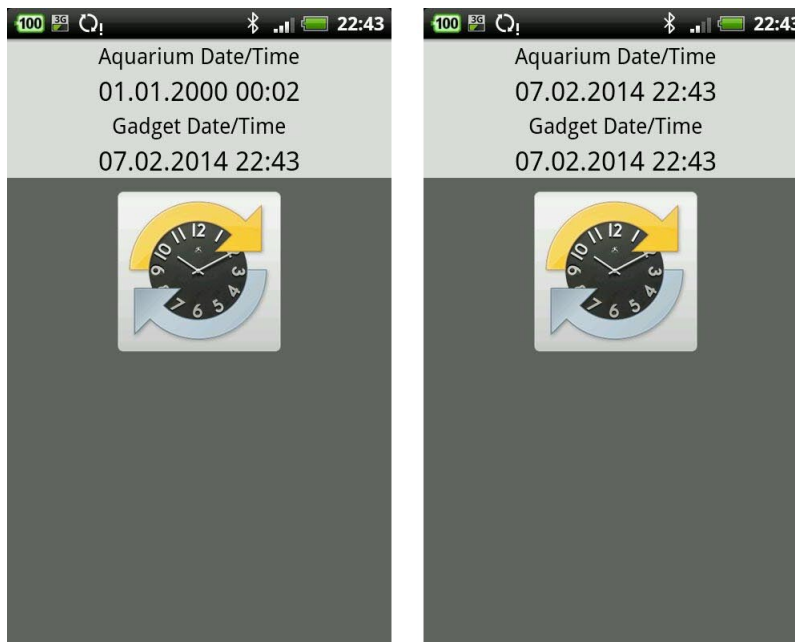
Drugi gumb je za luči. Na njem pa je mogoče videti, koliko luči je vklopljenih in izklopljenih in se spreminja takoj, ko pride v krmilniku do spremembe.

Tretji gumb je za temperaturo vode. Ta je ponazorjena s tremi slikicami. Če je slikica zelena, je temperatura v akvariju v pravilnem območju. Če je slikica rdeča, je temperatura v akvariju previsoka in bi moralo delovati hlajenje. Če pa je slikica modra, pomeni prenizko temperaturo vode in bi moral biti vklopljen grelnik vode.

Četrty gumb pa je za pregled stanja za nazaj. Slikica je tudi tukaj, kot za uro, statična.

4.2 Nastavitev datuma in ure

Brez pravilno nastavljenega datuma in ure krmilnik ne bo deloval, kot bi si uporabnik želel. Datum in ura na Android napravi pa sta običajno pravilno nastavljena. Zato sem se odločil, da se datum in ura na krmilniku nastavita s preprosto sinhronizacijo z Android napravo (Slika 4.5). To pomeni, da nadzorna aplikacija pošlje ukaz krmilniku, kjer sta navedena datum in ura, kot ju ima Android naprava.

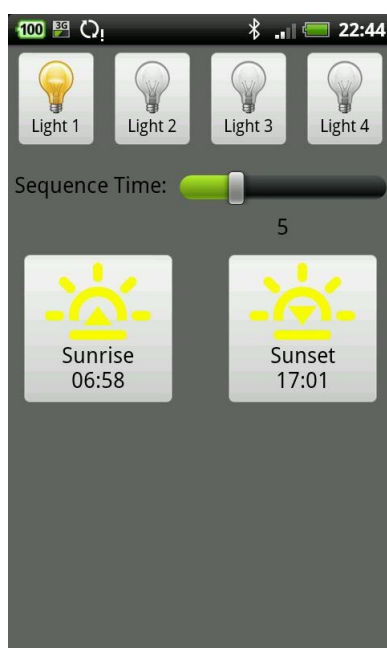


Slika 4.5: Sinhronizacija časa na Android napravi in časa krmilnika

4.3 Osvetlitev

Ko sta datum in ura nastavljena, krmilnik že lahko pravilno krmili vklapljanje in izklapljanje osvetljave. Ker pa bi uporabnik včasih opazoval akvarij tudi ponoči, ko so luči ugasnjene, jih lahko z nadzorno aplikacijo po želji vklopi (Slika 4.6).

Tukaj se v aplikaciji lahko vklaplja in izklaplja posamezna luč, ne da bi krmilnik potem sam to spremenil, ker bi opazil, da je napačen del dneva za trenutno stanje osvetljave. Nastaviti je mogoče tudi interval, koliko časa naj preteče med vklopom/izklopom dveh sklopov luči. Tukaj lahko uporabnik sam presodi, kako hitro naj se vklopijo ali izklopijo luči.



Slika 4.6: Nadzor osvetlitve akvarija

Krmilnik izračuna tudi, kdaj je za današnji dan predviden sončni vzhod in zahod, ko je čas za izklapljanje oziroma vklapljanje osvetljave. To je v nadzorni aplikaciji samo prikazano, spreminjati pa ni mogoče.

4.4 Temperatura

Ker osvetlitev ustvarja kot stranski produkt tudi toploto, se voda lahko preveč segreje. Ponoči je lahko ravno obratno. Prostor je običajno hladnejši od vode v akvariju, zato ta oddaja toploto v okolico, s tem pa se temperatura vode znižuje. Krmilnik ima termometer, ki meri temperaturo vode in se lahko odzove, če temperatura preveč naraste ali pade.

Tukaj je izpisana temperatura vode, poleg pa je slikica, ki ponazori, v kakšnem temperaturnem območju je voda, kot je to prikazano na gumbu, ki je odprl ta del nadzorne aplikacije. Tako je hitreje razvidno, ali je vse v redu (Slika 4.7).

Spodaj sta gumba za vklop in izklop gretja in hlajenja. Ali je kaj od tega vključeno, je razvidno iz slikice na gumbu. Tudi ta se spreminja avtomatsko, ko se spremeni stanje na krmilniku.



Slika 4.7: Nadzor temperature akvarija

Pod gumboma pa sta drsnika, s katerima uporabnik nastavi temperaturno območje, v katerem mora delovati akvarij. Pod gumbom za vklop in izklop gretja se nastavi temperatura, kdaj naj se avtomatsko vklopi in izklopi gretje, pod gumbom za hlajenje pa, kdaj naj se avtomatsko vklopi in izklopi hlajenje.

4.5 Pregled delovanja za nazaj

Da bi bilo mogoče preveriti, kako je krmilnik deloval med časom, ko uporabnik ni bil zraven akvarija, je tukaj to mogoče preveriti. Najbolj nazorno je to videti kar na grafu.



Slika 4.8: Slika grafa delovanja krmilnika

Na grafu je mogoče videti potek delovanja. Posamezne podatke je mogoče vklapljati in izklapljati. Videti je potek temperature, stanje osvetlitve in kdaj je bilo potrebno delovanje gretja in hlajenja.

Poglavje 5 – Sklepne ugotovitve

Pri izdelavi krmilnika za morski akvarij se je bilo potrebno veliko naučiti o morskih akvarijih. Kar pomeni, da je bilo potrebno iti iz peskovnika računalništva in elektrotehnike in ju združiti z akvaristiko v učinkovit sistem, ki mora biti enostaven za postavitev in uporabo. Še toliko bolj, ker je morski akvarij težko postaviti, da v njem vsi organizmi, ribe, raki, kozice, korale, alge in ostali prebivalci, živijo v sožitju, vse skupaj pa nadzoruje preprost krmilnik.

Izzivov je bilo veliko. Največji gotovo, da nadzorna aplikacija in krmilnik delujeta pravilno drug ob drugem. Vsekakor pa sem se naučil, kaj s trenutnim sistemom še lahko naredim in česa ne. Ker še vedno kaj preberem o akvarijih, nove ideje za dopolnitve kar letijo.

Povezava krmilnika z nadzorno aplikacijo preko bluetooth vmesnika je vsekakor enostavna in zelo uporabna, lahko pa bi to dopolnil s spletnim vmesnikom. Ker je na krmilniku že ethernet vmesnik, je potreben samo še UTP kabel do usmernika in nekaj dodatnega programiranja. V takšnem primeru bi lahko tudi opustil nadzorno aplikacijo. Vendar sem se temu zaenkrat izognil zaradi dodatnega kabla in zahteve po usmerniku. Možnost je tudi Wi-Fi modul, ki ne potrebuje kabla, usmernik pa je še vedno potreben.

Pri osvetlitvi bi bilo dobro odpraviti ločene sklope sijalk in vse regulirati z zveznim vklapljanjem in izklapljanjem (Fade in/Fade out). Enako bi se dalo narediti s hlajenjem, ki je trenutno narejen z ventilatorji, ki se vklapljajo eden za drugim, če jih je seveda več.

Mogoče je nadzorovati več vodnih parametrov, kot sta npt. slanost in kislost. To je potem mogoče avtomatsko uravnavati z dodajanjem sladke/slane vode ter kalcija. Vezje za to obstaja (Slika 5.1) [19] in sploh ni drago, vendar pa so sonde poglavje zase. Vsaka stane okoli 100 EUR, zraven pa se dobijo tudi raztopine za kalibracijo.

V primerih, da bi temperatura preveč pobegnila iz dovoljenega območja, to pomeni da niti vgrajeno hlajenje in gretje ne zadostujeta več in bi lahko bilo narejeno obveščanje z alarmi preko elektronske pošte, mogoče Twitterja ali celo pošiljanja SMS-jev.



Slika 5.1: pH, ORP, D.O. in Prevodnostno vezje

V primerih, da bi temperatura preveč pobegnila iz dovoljenega območja, to pomeni da niti vgrajeno hlajenje in gretje ne zadostujeta več in bi lahko bilo narejeno obveščanje z alarmi preko elektronske pošte, mogoče Twitterja ali celo pošiljanja SMS-jev.

Ker je morski akvarij lepo opazovati, bi bilo mogoče narediti tudi nadzor s kamero, kar bi lahko uporabnik imel tudi kot ozadje na svojem namizju računalnika. Obstaja kamera za Arduino [20], vendar ne omogoča prenosa videa, ker je to enostavno preveč za 16 MHz procesor, ki ni niti večopravilen. Za to bi bilo potrebno poseči po kakšnem precej bolj zmogljivem krmilniku, kot je Raspberry Pi, STM32F4 discovery ali mogoče Intel Edison. Vendar je za to potrebna popolna predelava krmilnika.

Poglavje 6 – Literatura

[1] - The Reef Aquarium: A Complete Guide to the Identification and Care of Tropical Marine Invertebrates - Volume One, J. Charles Delbeek and Julian Sprung, Ricordea Publishing, 1994

[2] - The Reef Aquarium: A Complete Guide to the Identification and Care of Tropical Marine Invertebrates - Volume Two, Julian Sprung and J. Charles Delbeek, Ricordea Publishing, 1997

[3] – SLOreef [Online:]. Dosegljivo na: <http://sloreef.com/>

[4] – Arduino domača stran [Online:]. Dosegljivo na: <http://arduino.cc>

[5] - Make: Electronics, Charles Platt, O'Reilly Media, Inc., 2009

[6] - Arduino Internals, Dale Wheat, Apress, 2011

[7] - Getting Started with Arduino, Massimo Banzi, O'Reilly Media, Inc., 2011

[8] – Arduino Mega 2560 [Online:]. Dosegljivo na: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>

[9] – DS1302 realna ura [Online:]. Dosegljivo na: <http://playground.arduino.cc/Main/DS1302>

[10] – Knjižnica TimeKeeper [Online:]. Dosegljivo na: <http://dl.dropboxusercontent.com/u/13564160/Arduino/TimeKeeper.zip>

[11] - Bluetooth serijski modul JY-MCU za Arduino [Online:]. Dosegljivo na: <http://goo.gl/rSMBVV>

[12] - AT ukazi za Bluetooth modula HC-05 in HC-06 [Online:]. Dosegljivo na: <http://www.instructables.com/id/AT-command-mode-of-HC-05-Bluetooth-module/?ALLSTEPS>

[13] – Termometer DS18B20 [Online:]. Dosegljivo na: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

[14] – Android domača stran [Online:]. Dosegljivo na: <https://android.com/>

[15] - Android Developers [Online:]. Dosegljivo na:
<https://developer.android.com/guide/index.html>

[16] - Android Application Development Cookbook: 93 Recipes for Building Winning Apps, Weimeng Lee, John Wiley & Sons, Inc., 2013

[17] - Professional Android™ 2 Application Development, Reto Meier, Wiley Publishing, Inc., 2010

[18] - Professional Android Open Accessory Programming with Arduino, Andreas Goransson and David Cuartielles Ruiz, John Wiley & Sons, Inc., 2013

[19] - pH, ORP, D.O. in Prevodnostno vezje [Online:]. Dosegljivo na:
(http://www.atlas-scientific.com/product_pages/components/multi_carrier.html?)

[20] – kamera za Arduino [Online:]. Dosegljivo na:
(<http://www.uctronics.com/arduino-camera-shield-arducam-for-uno-mega2560-board-p-1445.html>)