



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

REGULÁTOR SOLÁRNÍHO OHŘEVU VODY

SOLAR WATER HEATING CONTROLLER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Matej Kadlíček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Pavel Šteffan, Ph.D.

BRNO 2020

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Mikroelektronika a technologie**

Ústav mikroelektroniky

Student: Matej Kadlíček

ID: 203243

Ročník: 3

Akademický rok: 2019/20

NÁZEV TÉMATU:

Regulátor solárního ohřevu vody

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

V rámci bakalářské práce prostudujte problematiku řešení regulátorů solárního ohřevu bazénové vody. Navrhněte a realizujte vlastní regulátor, který bude splňovat požadavky na ovládání třístupňového ventilu, spínání čerpadla, měření teploty před a za ohřevem. Navrhněte rozhraní pro komunikaci s počítačem a mobilním telefonem. Provedená měření analyzujte a z dosažených výsledků vytvořte algoritmus efektivního ohřevu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 3.2.2020

Termín odevzdání: 8.6.2020

Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Šteffan, Ph.D.

doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Táto práca sa zaoberá vytvorením efektívneho systému regulácie solárneho ohrevu bazénovej vody a vytvorením komunikácie systému so serverom pre prenos a spracovanie nameraných dát. Práca zahŕňa softwarový popis systému či hardwarový popis vyrobených dosiek plošného spoja. Rozobraná je problematika meracích čidiel, spínania zát'aže či displejového zobrazenia údajov. Vzhľadom na energetickú úsporu, je v práci riešená aj elektrická spotreba celého projektu a jej optimalizácia.

KLÍČOVÁ SLOVA

ESP8266, senzory, arduino, , databáza, displej, Wi-Fi

ABSTRACT

This bachelor project deals with the creation of an effective system of regulation solar heating for swimming pool. creation of communication between the system and the server for transmission and processing measured data. The work includes software description of the system and hardware description of the created printed circuit boards. It is needed to think about the way of measurements, switching the load or display visualization. Due to better power consumption is also discussed the optimization of the project.

KEYWORDS

ESP8266, sensors, arduino, database, display, Wi-Fi

KADLÍČEK, M. *Regulátor solárneho ohrevu vody* . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav mikroelektroniky, 2020. 37 s., 5 s. příloh. Semestrální práce. Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Šteffan, Ph.D.

Prehlásenie autora o pôvodnosti diela

Meno a priezvisko študenta: Matej Kadlíček

VUT ID študenta: 203243

Typ práce: Bakalárska práca

Akademický rok: 2019/20

Téma záverečnej práce: Regulátor solárneho ohrevu vody

Prehlasujem, že svoju záverečnú prácu som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho semestrálnej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce. Ako autor uvedenej semestrálnej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto semestrálnej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomí následkov porušenia ustanovenia § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákona č. 40/2009 Sb..

V Brne dňa: **13.decembra 2019**

.....
Podpis autora

POĎAKOVANIE

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce doc. Ing. Pavlovi Šteffanovi, Ph.D., za odborné vedenie, priateľský prístup, ochotu a cenné rady pri spracovaní mojej bakalárskej práce a kolegovi z oboru za cenné rady a ich láskavosť.

OBSAH

ÚVOD.....	4
1 TEORETICKÝ ROZBOR	5
1.1 Mikrokontrolér.....	5
1.2 Módy zníženej spotreby ESP8266.....	6
1.2.1 Mód 1.....	7
1.2.2 Mód 2.....	7
1.2.3 Mód 3.....	8
1.3 Senzory.....	9
1.3.1 Senzor DS18B20	9
1.3.2 NTC termistor.....	10
1.3.3 Senzor tlaku BME/BMP280	12
1.4 Prídavné súčiastky	14
1.4.1 Obvod reálneho času DS1307	14
1.4.2 Displej.....	16
1.4.3 Elektromagnetické relé	18
1.4.4 Napájanie.....	19
1.5 Databáza Thingspeak	20
2 PRAKTICKÁ ČASŤ	21
2.1 Funkcia jednotlivých dosiek plošných spojov.....	21
2.1.1 Riadiaca doska.....	21
2.1.2 Doska s displejom.....	21
2.2 Softwarové riešenie.....	22
2.2.1 Riadiaca doska.....	22
2.2.2 Doska s displejom.....	25
2.3 Hardwarové riešenie.....	26
2.3.1 Riadiaca doska.....	26
2.3.2 Displejová doska.....	30
2.4 Databáza Thingspeak	32
2.5 Cenová kalkulácia.....	35
3 ZÁVER	36

ÚVOD

Už od nepamäti si ľudia v horúcich letných dňoch spríjemňujú chvíle schladením pri vode. Niektorí idú na kúpalisko, iní majú doma bazén. V našich zemepisných šírkach sú však výkyvy teplôt v lete bežné a zo dňa na deň, môže teplota vody klesnúť o pár stupňov. Okrem filtrácie a čistenia bazénu je teda potrebné myslieť aj na ohrev vody. Dnešný trh ponúka rôzne systémy regulácie a ohrievania vody. No ich cena a spotreba elektrickej energie sú vysoké. Vzhľadom na trend zvyšujúcej sa ceny energie, vznikla myšlienka energeticky úspornejšej varianty vlastného systému regulácie solárneho ohrevu vody . Preto bolo našim cieľom zoznámiť sa s touto problematikou a nájsť výhodnejšie riešenie, ktoré by regulovalo efektívnejšie teplotu vody a takisto by bolo finančne menej nákladné .

Práca sa bude zaoberať vytvorením systému regulácie solárneho ohrevu vody. K tomu je potrebné si osvojiť teoretické poznatky o danej problematike, ktorá zahŕňa úkony ako meranie potrebných veličín pomocou senzorov, spínanie zátáže, zobrazovanie dát na displeji či bezdrôtový prenos dát pomocou WiFi na internetovú databázu.

System bude rozdelený na dve samostatné jednotky. Riadiaca jednotka sa bude starať o riadenie regulácie spínaním zátáže v podobe čerpadla a trojcestného ventilu. Riadenie je podmienené analýzou nameraných teplôt. Zobrazovacia jednotka má za úlohu užívateľovi poskytnúť základný prehľad o počasí, či aktuálnom čase a dátume, ktorý poskytne displej. Na ovládanie oboch jednotiek je potrebné použiť mikrokontrolér, ktorý bude hlavným stavebným prvkom oboch jednotiek a bude spracovať a vyhodnocovať jednotlivé požiadavky.

1 TEORETICKÝ ROZBOR

1.1 Mikrokontrolér

Mikrokontrolér je počítač, nachádzajúci sa v jedinom integrovanom obvode a je určený na vykonávanie jednotlivých úloh u konkrétnych aplikácií. Zahŕňa pamäť, programovateľné vstupné a výstupné periférie, no taktiež procesor. Mikrokontroléry sú obvykle dizajnované pre vnorené aplikácie a sú často využívané v automaticky riadených elektronických zariadeniach, ako sú napríklad telefóny či počítače. [1]

Mikrokontroléry sa obecné dajú rozdeliť podľa použitej bitovej šírky zbernice na 8 bitové, 16 bitové a 32 bitové. Čím väčšia bitová zbernica, tým viac inštrukcií dokáže za jeden cyklus spracovať. Pre potreby tejto práce je použitý mikrokontrolér ESP8266ex s 32bitovou šírkou zbernice. Jeho parametre sú pre naše účely dostačujúce. Rozhodujúcim parametrom bola cena a väčšie množstvo dohľadateľného materiálu. Porovnanie s novším mikrokontrolérom ESP-01z rovnakej rodiny sa nachádza v tabuľke 1.1.

Tabuľka 1.1. : Porovnanie parametrov dvoch mikrokontrolérov [2]

Parametre	ESP8266	ESP32
Čip(MCU)	Xtensa Single-Core 32bit	Xtensa Dual-Core 32bit
Wi-Fi	Áno, HT20	Áno, HT40
Typická frekvencia	80MHz	160MHz
Piny vstup/výstup(GPIO)	17	36
Zbernice SPI/I2C/I2S/UART	2/1/2/2	4/2/2/2
Rozlíšenie AD prevodníku	10 bitov	12 bitov
Ethernetové rozhranie	Nie	Áno
Teplotný senzor	Nie	Áno
Pracovná teplota	-40 °C – 125 °C	-40 °C – 125 °C
Cena	3€	13€

- **Mikrokontrolér ESP8266**

Tento mikrokontrolér od firmy Espressif ponúka vysoko integrované riešenie Wi-Fi systému na čipe s integrovaným TCP/IP protokolom, slúžiacim na internetovú komunikáciu., ktoré spĺňa požiadavky ohľadne nízkej spotreby energie, kompaktného dizajnu a spoľahlivého využitia a výkonu v IoT tzv. Internete vecí. ESP8266 má integrovaný prepínač antény, vysokofrekvenčný balun(elektrické vyvažovacie zariadenie, ktoré sa umiestňuje medzi zdroj a záťaž vtedy, keď je medzi nimi rozdiel.) [3], výkonový zosilňovač, nízkošumový prijímací zosilňovač či filtre. Je osadený 32 bitovým procesorom Tensilica L106 Diamond series, a takisto disponuje SRAM pamäťou na čipe. Pomocou pinov môže byť prepojený s externými senzormi a inými zariadeniami.

Vďaka platforme Smart connectivity poskytuje funkcie ako:

- rýchle prepínanie medzi spánkovým a pracovným režimom za účelom čo najnižšej spotreby energie,
- adaptívne ovplyvnenie výkonu rádia pre nízko energetické operácie.

- **Pamäte ESP826**

ESP má integrovaný radič pamäte či jednotky pamäte ako SRAM a ROM. Procesoru sú sprístupnené pamäťové jednotky pomocou rozhraní iBus, dBus a AHB. Pre prístup k pamäťovým jednotkám je potrebné o neho zažiadať, pričom pamäťový arbiter rozhodne o sekvencii prístupu, podľa času prijímania žiadosti procesorom. Bohužiaľ pamäť ROM nie je programovateľná, preto je používateľov program uložený v externej SPI flash pamäti, v ktorej môže používateľ uložiť až 16MB .[4]

- **Zbernica UART a jej princíp**

ESP8266 disponuje dvomi zbernicami UART. Tieto zbernice medzi sebou navzájom komunikujú. Jedna zbernica dáta vysiela a druhá ich prijíma. Vysielajúca zbernica konvertuje paralelné dáta z riadiaceho zariadenia ako procesor do sériovej formy, prenesie ich v tejto forme k prijímacej zbernici, kde prichádza ku transformácii zo sériovej formy späť do paralelnej formy pre prijímacie zariadenie. Veľkou výhodou je potreba len 2 drátov pri prenose medzi zbernicami. Pin, ktorý vysiela dáta sa nazýva Tx, a ktorý prijíma Rx.

Pomocou UART sa prenášajú dáta asynchrónne, čo znamená absenciu hodinového signálu k synchronizácii vysielajúcej a prijímajúcej dátovej informácie. Namiesto toho sú k synchronizácii použité start a stop bity. Tieto bity definujú začiatok a koniec dátového balíku, takže prijímací UART vie, kedy je začiatok a koniec prenosu informácií.

Po detekcii start bitu prijímajúci UART začne čítať prichádzajúce bity v špecifickej frekvencii nazývanej baud rate. Baud rate meria rýchlosť prenosu dát a jeho jednotkou je bit za sekundu (bps). Podmienkou úspešnej komunikácie je rovnaký baud rate oboch UARTov, inak by prišlo k poškodeniu informácie. [5]

- **Všeobecne účelové vstupno-výstupné piny (GPIO)**

ESP disponuje 17 všeobecnými vstupno-výstupnými pinmi, ktorým môžu byť priradené rôzne funkcie pomocou programovania príslušných registrov. Každý pin môže byť konfigurovaný s interným pull-up rezistorom či pull-down rezistorom, alebo môže byť uvedený do stavu vysokej impedancie. Piny sú trojstavové.

1.2 Módy zníženej spotreby ESP8266

Sériový čip ESP8266 poskytuje možnosť 3 nastaviteľných spánkových módov. K týmto trom módom poskytuje tiež nízko energetické riešenia. Používateľ si môže vybrať a nakonfigurovať spánkový mód podľa jeho požiadaviek. Je na výber z týchto troch módov:

- Modem-sleep (ďalej v texte iba mód 1)

- Light-sleep (ďalej v texte iba mód 2)
- Deep-sleep (ďalej v texte iba mód 3)

Rozdiely medzi jednotlivými spánkovými režimami sú zobrazené v tabuľke 1.2.

Tabuľka 1.2. : Prehľad úsporných režimov mikrokontroléru ESP8266

Nástroj	Mód 1	Mód 2	Mód 3
Wifi	vypnuté	vypnuté	vypnuté
Systémové hodiny	zapnuté	vypnuté	vypnuté
Obvod reálneho času (ďalej v texte iba RTC)	zapnuté	zapnuté	zapnuté
Centrálna procesorová jednotka (ďalej v texte iba CPU)	zapnuté	nevyriešené	vypnuté
Prúd substrátu	15 mA	0.4 mA	-20 μ A
Priemerný prúd	DTIM = 1	16.2 mA	1.8 mA
	DTIM = 3	15.4 mA	0.9 mA
	DTIM = 10	15.2 mA	0.55 mA

1.2.1 Mód 1

Mód 1 je využiteľný len v prípade, keď je ESP8266 pripojené k routeru v móde prijímača. ESP8266 ostáva pripojené k routeru vďaka dotazovaciemu DTIM mechanizmu. DTIM dotaz je dátový balík, ktorý informuje o tom, ktorá skupina staníc má očakávané dáta v access pointe a tiež informuje o multicast a broadcast správach. V multicaste sa zúčastňujú výmeny údajov jeden a viac odosielateľov a jeden či viac prijímateľov, zatiaľ čo pri broadcaste odosiela dátový balík informácií len jeden odosielateľ viacerým príjemcom. [6] [7] Interval dotazu DTIM routera je zvyčajne 100 ms až 1000 ms. Čím vyššia je perióda DTIM, tým dlhšie je klientské zariadenie v spánku a tým viac energie môže klientské zariadenie ušetriť.[8] V móde 1 ESP8266 vypne obvod s Wi-Fi modulom medzi dvoma intervalmi DTIM dotazmi za účelom úspory energie. ESP8266 sa automaticky zobudí pred ďalším prichádzajúcim dotazom. Čas spánku je závislý od zvoleného dotazovacieho DTIM intervalu na routeri. Počas spánku môže byť ESP pripojené k Wi-Fi a prijímať informácie z mobilného telefónu či serveru.

Systém je daný do spánkového režimu mód 1 za použitia príkazu **wifi_set_sleep_type(MODEM_SLEEP_T)**. Systém sa z tohto režimu zobudí automaticky. Nie je potrebné konfigurovať rozhranie.

Využitie tohto režimu je hlavne pri aplikáciách, ktoré potrebujú mať zapnutý CPU.

1.2.2 Mód 2

Tento režim je podobný ako mód 1. Rozdiel je v tom, že počas ľahkého spánku sú okrem Wi-Fi obvodu vypnuté aj hodiny, a je aj pozastavená vnútorná centrálna jednotka. Vďaka tomu spotrebúva mód 2 menej energie ako mód 1.

System prejde do ľahkého spánku za použitia rozhrania **wifi_set_sleep_type(LIGHT_SLEEP_T)**. Esp8266 automaticky prejde do ľahkého spánku, keď je Wi-Fi pripojená, no centrálna procesorová jednotka je nečinná.

Počas ľahkého spánku je CPU pozastavené a tým pádom nereaguje na signály a prerušenia z periférnych hardwarových rozhraní. Preto je potrebné prebudiť ESP8266 cez externé všeobecné piny. Jediný pin, ktorý nemôže byť použitý pre externé prebudenie je pin 16. Proces prebudenia trvá menej ako 3ms. Budiaca funkcia cez externé všeobecné piny môže byť aktivovaná len úrovňovými spúšťačmi. Použitá funkcia je nasledovná : **void gpio_pin_wakeup_enable(uint32 i, GPIO_INT_TYPE intr_state)** ; kde uint32 i predstavuje sériové číslo prebúdžajúcej funkcie a GPIO_INT_TYPE intr_state predstavuje hraničné úrovne prebudenia.

Použite ľahkého spánku sa využíva v prípadoch, kde aplikácie potrebujú byť pripojené k routeru a dokážu reagovať v reálnom čase na údaje odoslané z routeru. CPU môže byť v nečinnosti pred prijímaním príkazov.

1.2.3 Mód 3

Rozdiel medzi módom 3 a ostatnými úspornými režimami je v tom, že systém sa do neho nedostane automaticky. Na okamžité povolenie hlbokého spánku je potrebné zavolať funkciu **system_deep_sleep**. V tomto móde čip vypne Wi-Fi pripojenie a dátové pripojenie. Fungujúci ostáva len modul RTC, ktorý je zodpovedný za pravidelné zobudenie.

Na povolenie hlbokého spánku je potrebné použiť funkciu **void system_deep_sleep(uint32 time_in_us)**. Možnosti parametru uint32 sú spracované v tabuľke 1.3.

Tabuľka 1.3. : Možnosti parametru funkcie módu 3

uint32 time_in_us = 0	Čip sa nezobudí na pravidelné intervaly, to znamená že sa nezobudí automaticky
uint32 time_in_us ≠ 0	Čip sa zobudí automaticky na pravidelné intervaly rádovo v μ

Používateľ je schopný softwarovo nakonfigurovať pracovný tok pri prebudení z hlbokého spánku a prispôsobiť spotrebu energie počas dlhodobého spánku pomocou funkcie **bool system_deep_sleep_set_option(uint8 option)**. Možnosti parametru uint8 sú vypísané v tabuľke 1.4.

Tabuľka 1.4. : Výpis možností parametru u funkcie na konfiguráciu módu 3

deep_sleep_set_option(0)	108. byt parametru init rozhoduje o tom, či kalibrácia frekvencie rádia bude uskutočnená až po tom ako sa čip prebudí z hlbokého spánku.
deep_sleep_set_option(1)	Čip urobí kalibráciu frekvencie rádia po zobudení z hlbokého spánku. Spotreba energie je však vysoká .
deep_sleep_set_option(2)	Čip neurobí kalibráciu frekvencie rádia po zobudení z hlbokého spánku. Spotreba energie je nízka .
deep_sleep_set_option(4)	Čip nezapne rádio po zobudení z hlbokého spánku. Spotreba je najnižšia , podobne ako v modem spánku.

Mód 3 sa používa v nízko energetických senzorových aplikáciách alebo v prípadoch, kde nie je počas celej doby vyžadovaný prenos údajov. Zariadenie sa prebúda z hlbokého spánku po intervaloch určených na meranie a nahrávanie nameraných dát na server a po nich opäť prejde do spánku. Zariadenie dokáže tiež uschovať dáta v RTC pamäti a odoslať ich až v určenom intervale. [9]

1.3 Senzory

Senzor je zariadenie, ktoré detekuje a odpovedá na rôzny druh vstupu z fyzického prostredia. Špecifickým vstupom môže byť svetlo, teplo, vlhkosť či tlak. Výstupom je všeobecne signál, ktorý je prevádzaný na človekom čitateľný displej alebo je elektronicky prenášaný cez sieť na čítanie či ďalšie spracovanie. [10]

1.3.1 Senzor DS18B20

DS18B20 je digitálny senzor, ktorý poskytuje 9 až 12-bitové meranie teploty. Nachádzajú sa v ňom nezmazateľné hranice rozsahu merania, ktorých hodnotu má však užívateľ možnosť stanoviť programovo. Senzor komunikuje cez jedno drôtovú zbernicu. To znamená, že je na komunikáciu s centrálnym mikroprocesorom je vyžadovaná len jedna dátová linka a zem. Môže byť napájaný z externého zdroja alebo môže čerpať energiu z dátovej linky. Druhá spomínaná možnosť je nazývaná parazitný mód, ktorý eliminuje nutnosť používať na napájanie externý zdroj energie. Tento mód je vhodný pre aplikácie, ktoré vyžadujú meranie teploty na väčšiu vzdialenosť alebo sú priestorovo náročné. Pre naše potreby bolo zvolené napájanie z externého zdroja elektrickej energie.

Hodnota teploty je uložená ako dvojkový doplnok 16bitového čísla so znamienkovým bitom v teplotnom registri. Znamienkový bit (S) naznačuje, či je teplota kladná alebo záporná. Pre zápornú teplotu je $S = 0$ a pre kladnú je $S = 1$. Rozlíšenie teplotného senzora je nastaviteľné používateľom na 9, 10, 11 alebo 12bitov. S menším rozlíšením prichádza zhoršenie presnosti výslednej teploty. Napríklad u 9bitového rozlíšenia je presnosť iba $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Z tohto dôvodu sme nechali predvolené rozlíšenie 12bitov, pričom presnosť bola $\pm 0,0625^{\circ}\text{C}$. Pri tomto rozlíšení všetky bity v registri teplôt obsahujú platné dáta, pričom pri menších rozlíšeniach ostávajú niektoré bity nevyužitú[11].

Senzor DS18B20 je zobrazený na obrázku 1.1 a v tabuľke 1.5 sa nachádza zobrazený register slúžiaci na zápis hodnoty teploty.



Obrázok 1.1. : Digitálny senzor teploty D18B20

Tabuľka 1.5. : Register teploty digitálneho teplomera pri rozlíšení 12bitov

	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
LS Byte	23	22	21	20	2-1	2-2	2-3	2-4
	bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8
MS Byte	S	S	S	S	S	26	25	24

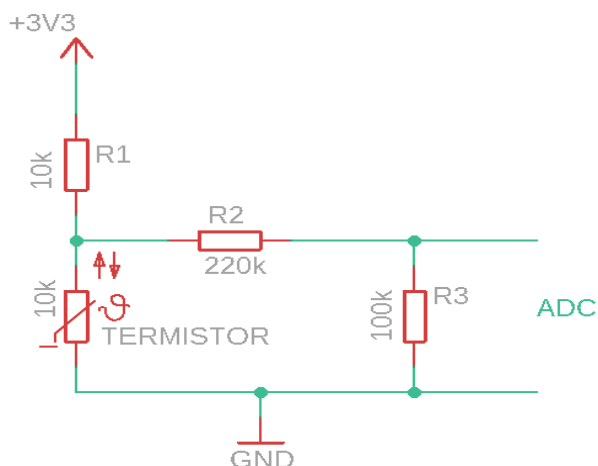
1.3.2 NTC termistor

Termistor je typ rezistoru, ktorého rezistivita je závislá na teplote a má určitú hodnotu elektrického odporu pre každú absolútnu teplotu. Široko používaný je na reguláciu teploty v elektronických zariadeniach ako alarmy, teploměry, chladiče či klimatizácie. Rozlišujeme dva základné typy termistorov. Prvým typom je PTC termistor, ktorý má pozitívny teplotný koeficient, čo znamená značný nárast elektrického odporu s nárastom teploty. Druhým typom je NTC termistor, ktorý má negatívny teplotný koeficient. Elektrický odpor pri NTC termistore značne klesá so stúpajúcou teplotou. Typický termistor dosahuje vysokú presnosť v limitovanom rozpätí okolo 50°C okolo cieľovej teploty. [12]

- **Metóda určenia teploty pomocou NTC termistoru**

Na meranie teploty treba zmerať odpor. No ESP8266 nemá v sebe zabudovaný merač odporu, ale má v sebe zabudovaný AD prevodník. Takže je potrebné premeniť odpor na napätie, čo je urobené pomocou deliča napätia R1 a Termistoru.

Na module Lolin je na doske pred vstupom do AD prevodníka zabudovaný delič napätia, ktorý zabezpečuje, že do AD prevodníka pritečie napätie maximálne 1V. S meniacim sa odporom sa mení aj napätie na termistore, ktoré meráme. Aby meranie fungovalo treba mať hodnotu rezistora R1 fixnú. Na obrázku 1.2 sa nachádza zapojenie pre meranie teploty pomocou NTC termistoru.



Obrázok 1.2. : Schéma zapojenia pre meranie teploty pomocou NTC termistoru

Pre výpočet napätia na termistore bolo postupované podľa nasledujúcich vzorcov

$$U_{R3} = U_{\text{ref}} * \frac{N}{1023}, \quad (1.1)$$

kde U_{R3} je napätie na rezistore R_3 , U_{ref} je maximálne napätie, ktoré môže tiecť do AD prevodníka, N je hodnota napätia U_{R3} v digitálnom prevedení čísla a 1023 reprezentuje digitálnu hodnotu 1 V.

$$U_{R2} = I_{R2} * R_2 = \frac{U_{R3}}{R_3} * R_2, \quad (1.2)$$

kde U_{R2} je napätie na rezistore R_2 , I_{R2} reprezentuje hodnotu prúdu na rezistore R_2 , R_2 reprezentuje hodnotu odporu na danom rezistore. Keďže prúd, ktorý preteká rezistorom R_2 a R_3 je rovnaký, tak je možné podľa ohmovho zákona zapísať miesto hodnoty prúdu I_{R2} podiel napätia a odporu rezistora R_3 .

$$U_{\text{RT}} = U_{R2} + U_{R3} = \frac{U_{R3}}{R_3} * R_2 + U_{R3} = U_{R3} * \left(\frac{R_2}{R_3} + 1 \right) =$$

$$\Rightarrow U_{\text{RT}} = U_{\text{ref}} * \frac{N}{1023} * \left(\frac{R_2}{R_3} + 1 \right), \quad (1.3)$$

Pre výpočet napätia na NTC termistore U_{RT} bolo potrebné sčítať napätia U_{R2} a U_{R3} na rezistoroch R_2 a R_3 . Za U_{R2} bola dosadená rovnica (1.2) a následne bolo úpravou rovnice vyňaté napätie rezistora R_3 pred zátvorku a dosadenie rovnice (1.1) za napätie na rezistore R_3 .

N predstavuje hodnotu AD prevodníka pri danom napätí a U_{ref} predstavuje napätie 1V na AD prevodníku.

Pri výpočte hodnoty odporu termistoru R_T bol zanedbaný prúd tečúci do vetvy s rezistorom R_2 a R_3 , pretože jeho veľkosť je mnohonásobne menšia ako prúd v hlavnej vetve s rezistorom R_1 a preto zanáša do výpočtu len minimálnu chybu, ktorá činí $\pm 3\%$. Výpočet R_T vyzerá nasledovne:

$$R_T = \frac{U_{RT}}{I} = \frac{U_{RT}}{\frac{U_{R1}}{R_1}} = \frac{U_{RT}}{\frac{U_{CC} - U_{RT}}{R_1}} = \frac{U_{RT} * R_1}{U_{CC} - U_{RT}}, \quad (1.4)$$

kde U_{RT} je napätie na termistore NTC, R_1 je odpor so zafixovanou hodnotou, U_{CC} je hodnota napájacieho napätia a R_T je hodnota odporu termistoru NTC.

- **Prevod odporu na teplotu**

Na meranie teploty využijeme zjednodušenú rovnicu s B parametrom, ktorá vyzerá nasledovne :

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} \ln\left(\frac{R}{R_0}\right), \quad (1.5)$$

kde T_0 je izbová teplota, čo predstavuje $25^\circ\text{C} = 298.15 \text{ K}$, B je konštanta, ktorá reprezentuje vzťah medzi odporom a teplotou v špecifickom teplotnom rozpätí. R je meraný odpor termistoru zo vzťahu (1.4) a R_0 je odpor termistoru pri izbovej teplote. [13]

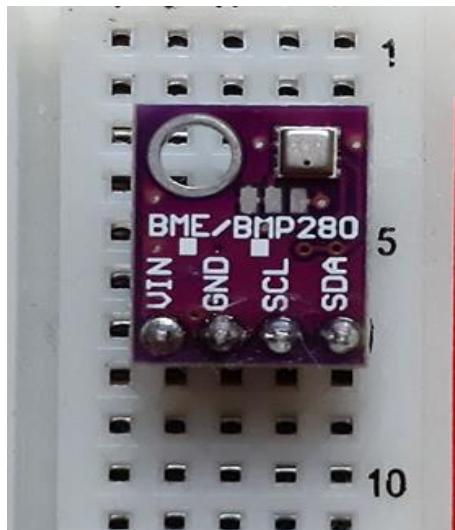
1.3.3 Senzor tlaku BME/BMP280

BME/BMP280 je kombinovaný senzor vlhkosti, tlaku a teploty založený na osvedčených princípoch snímania. Disponuje malými rozmermi a nízkou spotrebou.

Senzor vlhkosti poskytuje extrémne rýchlu časovú odozvu pre zistenie kontextu aplikácie a má vysokú presnosť teploty v širokom teplotnom rozsahu.

Senzor tlaku je absolútny tlakový snímač s extrémne vysokou presnosťou a rozlíšením a s drasticky zníženým šumom.

Integrovaný teplotný senzor bol optimalizovaný na minimálny šum a najvyššie rozlíšenie. Jeho výstup sa používa na kompenzáciu teploty snímačov vlhkosti a tlaku, no tiež môže byť použitý pre odhad teploty okolia. Senzor je zobrazený na obrázku 1.3 a jeho parametre sú vypísané v tabuľke 1.6.



Obrázok 1.3. : Senzor tlaku BME/BMP280

Tabuľka 1.6. : Popis parametrov senzora BME280

Parametre	Hodnoty
Zbernica	I ² C pre rýchlosť až do 3,4 MHz
	SPI (3 až 4 vodičová) do rýchlosti až 10 MHz
Napájacie napätie	1,71 až 3,6 V
Spotreba prúdu	1,8 μ A pre vlhkosť a teplotu
	2,8 μ A pre tlak a teplotu
	3,6 μ A pre tlak, vlhkosť a teplotu
Rozsah meranej veličiny	-40 až 80 °C pre teplotu
	0 až 100 % pre vlhkosť
	300 až 1100 hPa pre tlak

Typické aplikácie

- spirometria,
- varovanie pred dehydratáciou,
- kontrola kúrenia, vetrania a klimatizácie
- IoT – internet vecí,
- vnútorná navigácia (detekcia zmeny podlažia, detekcia výťahu),
- športové aplikácie,
- meteostanica.

BME280 môže byť použitý v 3 režimoch napájania

- režim 1(deep sleep) spánku,
- normálny režim,
- nútený režim.

S cieľom prispôbiť rýchlosť prenosu dát, veľkosť rušivého šumu, čas odozvy a aktuálnu spotrebu energie potrebám užívateľa sa môžu zvoliť rôzne režimy filtrovania, rýchlosti prenosu dát, či obmedziť nadmerné vzorkovanie. Výber režimu sa uskutočňuje v registri **0xF4** “**ctrl_meas**“.

Režim spánku

V režime spánku neprebiehajú žiadne merania a spotreba energie je na minimálnej hodnote. Tento režim je predvolený po zapnutí.

Nútený režim

V nútenom režime je urobené jedno meranie podľa zvoleného režimu merania a filtrácie. Po dokončení merania sa senzor presunie do spánkového režimu. Výsledky meraní je možné získať z dátových registrov. Pre ďalšie meranie je potrebné opätovné zvolenie núteného režimu. Použitie tohto režimu je odporúčané pre aplikácie, ktoré vyžadujú nízke vzorkovanie dát.

Normálny mód

V tomto móde sa cyklicky striedajú aktívna perióda, kedy prebieha meranie a pasívna perióda, kedy je v režime nečinnosti. Dĺžka nečinnosti sa dá nastaviť v registri **0xF5** “**config**“ a pohybuje sa v intervale od 0,5 do 1000 ms. Po zvolení merania, filtrácie a povolení normálneho režimu je vždy možné obdržať posledné výsledky merania z dátových registrov bez potreby prístupu k ďalšiemu zápisu.

Postup meraní

Hierarchia meracej periódy BME280 pozostáva z merania teploty, tlaku a vlhkosti. Po meracej perióde môžu byť prehnané výsledky meraní tlaku a teploty IIR filtrom, ktorý odstraňuje krátkodobé kolísania tlaku spôsobené napríklad zabuchnutím dverí. Pre vlhkosť filter nie je nutný. [14]

1.4 Prídavné súčiastky

V tejto podkapitole budú popísané ďalšie potrebné súčiastky pre správnu funkciu obvodov.

1.4.1 Obvod reálneho času DS1307

DS1307 je nízko energetický obvod reálneho času. Adresy a dáta sú odosielané pomocou seriálu cez 2-drátovú obojsmernú zbernicu.

Jeho hlavnou úlohou je poskytovanie údajov o čase v podobe sekúnd, minút, hodín, dní a mesiacov a o dátume v podobe dňa, mesiaca a roka. Obvod ďalej disponuje automatickým nastavením dátumu konca mesiaca pre mesiace s menej ako 31 dňami, vrátane korekcie pre prestupný rok. Hodiny operujú v 24-hodinovom alebo 12-hodinovom formáte s indikátorom AM/PM. K svojmu fungovaniu však potrebuje externý kryštál s frekvenciou 32,768 kHz, nakoľko nedisponuje vnútorným oscilátorom. Napájanie zo zdroja je na úrovni 4,5 až 5,5 V. Výhodou je tiež zabudovaný obvod snímania napät'ovej úrovne zdroja, ktorý detekuje chybu pri poklese napät'ovej úrovne a automaticky prepína na napájanie z batérie. [15]

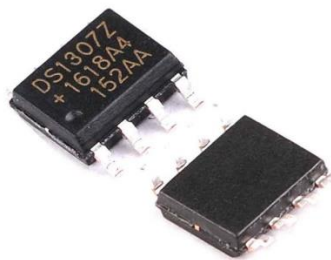
Napájanie tohto obvodu je teda buď 5 V zo zdroja alebo 3 V zo záložnej batérie. Obvod si tieto zdroje prepína podľa potreby. Pokiaľ je napätie zo zdroja odpojené alebo je menšie ako napätie batérie (3 V) +0,2 V, obvod začne byť napájaný cez batériu. Obvod tak zníži svoju spotrebu, no nevýhodou tohto poklesu napätia je strata možnosti komunikovať. Pokiaľ externé napätie stúpne nad hranicu 3,2 V, znova nastáva prechod z napájania batériou na napájanie externým zdrojom. Pri 1,25 násobku hodnoty batérie, t.j. 3,75 V, obvod je schopný opäť komunikovať.

Komunikácia prebieha pomocou I²C zbernice s hodinovým kmitočtom 100 kHz. DS1307 je reprezentovaný ako otkrok s 8 bitovou adresou 1101000 +najmenej významný bit, ktorý určuje či sa jedná o zápis alebo čítanie. Zápis dát do pamäte začína adresou zariadenia, počiatočnou adresou pamät'ovej bunky a nakoniec nasledujú samotné dáta. Pri čítaní sa začína adresou zariadenia a následným čítaním prichádzajúcich dát. [16]

Základné vlastnosti obvodu DS1307:

- rozmedzie vstupného napätia 4,5 – 5,5 V,
- komunikácia prostredníctvom zbernice I²C,
- automatická detekcia zlyhania napájania a prepnutie na záložnú batériu,
- fungovanie v rozsahu teplôt -40 °C až +85 °C,
- potreba externého oscilátora k fungovaniu,
- spotreba pri aktívnom režime napájania 1,5 mA a 200 µA v záložnom móde.

Zobrazenie obvodu reálneho času DS1307 je na obrázku 1.4.



Obrázok 1.4. : Obvod reálneho času DS1307 [17]

- **Internetový protokol NTP**

Pri snahe zadať reálny čas našim hodinám DS1307 je použitý internetový protokol

NTP slúžiaci pre synchronizovanie našich hodín s referenčným časom z internetu. Tento protokol synchronizuje zariadenia podľa koordinovaného univerzálneho času tzv. UTC. Je to svetovo rozšírený časový štandard, podobný ku štandardu GMT, avšak s rozdielom, že UTC čas sa nemení a je rovnaký po celom svete. Výhoda je tá, že sa s časovým serverom môže synchronizovať každý na svete bez ohľadu na časové pásmo. Klient si ďalej sám doplní v akom časovom pásme sa nachádza.

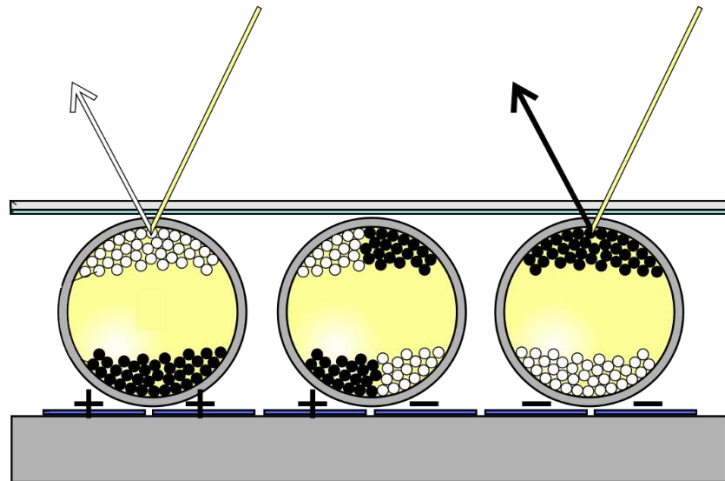
NTP protokol využíva hierarchickú štruktúru. Každá úroveň je známa ako vrstva. V najvyššej vrstve 0 sa nachádzajú vysoko precízne počítadlá času ako napríklad atómové hodiny, či GPS. Vo vrstve 1 sa nachádzajú servery, ktoré majú priame spojenie s vrstvou 0 a tým pádom majú veľmi presný čas. Z týchto serverov, vďaka internetovému pripojeniu čerpajú čas zariadenia užívateľov vo vrstve 2. V tomto prípade reprezentuje vrstvu 2 RTC obvod DS1307.

Princíp získania presného času zo servera je nasledovný. RTC obvod sa pripojí na server vďaka WiFi pripojeniu a vyšle serveru požiadavku o čas. Po spracovaní požiadavky je odoslaný balíček dát obsahujúci údaj časový údaj o počte sekúnd od roku 1970. Tento spôsob sa volá Unix Timestamps a je široko používaný v aplikáciách, ktoré žiadajú presný čas zo servera. Z tohto časového údaju potom klient určí pomocou knižnice NTPtimeESP6 aktuálny čas a dátum. [18][19]

1.4.2 Displej

Pri výbere displeja bolo opäť myslené najmä na nízku spotrebu. Preto bol vybraný displej Waveshare 12561 technológie E-Ink, ktorá sa vyznačuje najmä tým, že displej spotrebúva energiu iba pri zmene stavu.

E-Ink technológia funguje na princípe využívania miliónov mikrokapsúl o hrúbke okolo 100 mikrónov, v ktorých sú umiestnené pozitívne nabité biele častice a negatívne nabité čierne častice. Pôsobenie negatívneho elektrického poľa na mikrokapsule spôsobuje zobrazenie bielych častíc na povrchu displeja. Naopak pôsobením pozitívneho elektrického poľa sú na povrchu zobrazené čierne častice. Špeciálnym prípadom je rozdvojenie poľa v jednej mikrokapsuli, čo prináša ešte presnejší výsledok vykreslenia textu. Takýmto spôsobom je pri pôsobení rozdielných elektrických polí na rôzne časti displeja tvorený text. [20] [21] Systém vyžarovania častíc sa nachádza na obrázku 1.5.



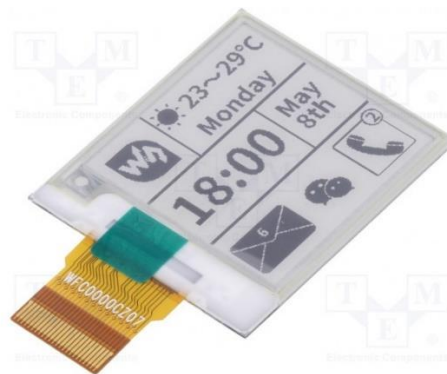
Obrázok 1.5. : Prípady vyžarovania častíc pri rôznych druhoch elektrického poľa [22]

Waveshare 12561 je čiernobiely displej, využívajúci pohyb častíc v roztoku vplyvom vonkajšieho elektrického poľa na vytvorenie textu. Rozlíšenie displeja je 200 x 200 pixelov, čo zaberá plochu 27,6 x 27,6 mm. Displej je napájaný napätím v rozmedzí 2,4 až 3,7 V. Prúdový odber sa udáva pre napájacie napätie 3 V. Pri prepise displeja a je typicky 8 mA a pri statickom režime je prúdový odber nízky a to na úrovni maximálne 5 μ A. Komunikácia s displejom prebieha pomocou 3 až 4 drátovej zbernice SPI.

Hlavné vlastnosti E-Ink displeja Waveshare 12561

- napájacie napätie v rozmedzí 2,4 až 3,7 V,
- prúdový odber pri prepise 8 mA a v statickom režime 5 μ A,
- vysoký kontrast a extrémne široký uhol pozorovania,
- dvojtavový displej.

Displej je zobrazený na obrázku 1.6..



Obrázok 1.6. : E-Ink displej Waveshare 12561[23]

Pre potreby práce bol zvolený iný displej a to typu OLED, ktorý je využívaný modulárne, nakoľko zapojenie E-Ink displeja na skúšobné napájivé pole nebolo možné a modulárne riešenie displeja nebolo k dispozícii.

OLED displej má veľkosť 0,91 palca a rozlíšenie 128x32 pixelov. O riadenie tohto displeja sa stará obvod SSD1306, ktorý komunikuje po I2C zbernici. Na napájanie displeja je potrebných 5 V nakoľko má modul na sebe vstavaný regulátor napätia na 3,3 V. Výhodou tohto typu displeja je to, že jeho prúdový odber stúpa s počtom rozsvietených pixelov a tak sa odber pohybuje okolo 20 mA. Porovnanie displejov a nachádza v tabuľke 7 a OLED displej je zobrazený na obrázku 1.7.[24]

Tabuľka 1.7. : Porovnávacía tabuľka displejov

Typ displeja	Napájacie napätie [V]	Prúdový odber [mA]	Rozlíšenie [pixely]	Farba textu
E-Ink	2,4 až 3,7	0,005 až 8	200x200	čiernobiela
OLED	5	20 až 30	128x32	modrá a čiernobiela



Obrázok 1.7. : Modul OLED displeja[24]

1.4.3 Elektromagnetické relé

Relé je dôležitou súčasťou navrhovaného systému, nakoľko sa stará o spínanie čerpadla a o spínanie trojcestného ventilu. Čerpadlo zabezpečuje filtráciu vody v systéme a takisto jej kolobeh. Trojcestný ventil potom plní úlohu určovania kolobehu vody a usmerňuje teda reguláciu jej ohrevu. Zo širokej ponuky bolo vybrané elektromagnetické relé NT72-2CS10, ktorého cievka je ovládaná jednosmerné napätie 5 V. Spínacia cievka má odpor 56 Ω a výkon 0,45 W. Obsahuje 5 vývodov z toho dva vývody pre jednosmerné napätie pre cievku a zvyšné 3 sú pre striedavé napätie pripojenej záťaže.[25] Relé je zobrazené na obrázku 1.8.

Hlavné vlastnosti NT72 elektromagnetického relé:

- napätie ovládajúce cievku 5 V,
- dokáže spínať až 230 VAC a kontakty vydržia až 10 A,
- rýchlosť zopnutia/rozopnutia kontaktu 7 ms /4 ms,
- rozmery 21,4x16,5x15 mm.



Obrázok 1.8. : Elektromagnetické relé NT72[25]

1.4.4 Napájanie

Obidve dosky sú napájané pomocou spínaných zdrojov s výstupným napätím 7,5 V a výstupným prúdom 1 A. Tento zdroj má stabilizovaný priebeh výstupného napätia, ktoré je aj dobre chránené pred tinením. Jeho zobrazenie ponúka obrázok 1.9.



Obrázok 1.9. : Napájací spínaný zdroj [26]

Avšak výstupné napätie zo zdroja je potrebné ďalej pre súčiastky regulovať. Pri tejto skutočnosti bol na obidve dosky využitý napäťový stabilizátor LF50CTD. Jedná sa o lineárny stabilizátor napätia na 5V/1A. Stabilizátor je zobrazený na obrázku 1.10.

Hlavné vlastnosti stabilizátora LF50CTD

- výstupné napätie 5 V,
- výstupný prúd 1 A,
- nízky úbytok napätia (tzv. dropout voltage) 0,4 V,
- DPAK púzdro.



Obrázok 1.10. : Stabilizátor LF5CDT[27]

1.5 Databáza Thingspeak

Pre štatistické potreby a idealizáciu regulácie je potrebné zhromaždené dáta zo senzorov teplôt, tlaku a vlhkosti ukladať. Aby systém nemusel zbytočne zapĺňať svoju pamäť, dáta sú odosielané do internetovej databázy. Na základe jednoduchosti prostredia a možností spracovania údajov bolo zvolené úložisko do databázy Thingspeak.

Thingspeak je analytická platforma využívaná pre internet vecí (tzv. IoT), ktorá umožňuje zhromažďovať, vizualizovať a analyzovať dáta v úložisku databázy. Poskytuje okamžitú vizualizáciu poskytnutých dát zo zariadenia. V thingspeaku je možné využiť analytické funkcie programu Matlab, pomocou ktorých je možné spracovať údaje hneď ako prídu. [28] [29]

Kľúčové vlastnosti Thingspeaku:

- ľahká konfigurácia zariadenia pre posielanie dát na Thingspeak vďaka IoT protokolom,
- vizualizácia senzorických dát v reálnom čase,
- využitie funkcií Matlabu na analýzu,
- bezplatná platforma.

2 PRAKTICKÁ ČASŤ

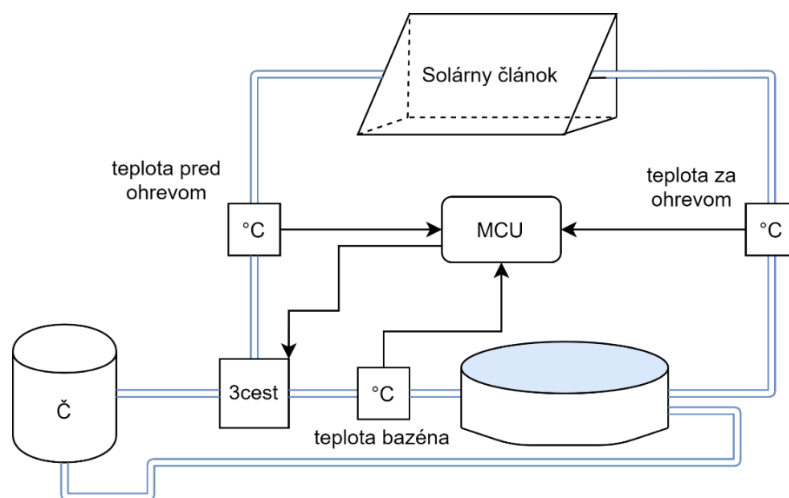
Praktická časť sa zaoberá návrhom a popisom hardwarového a softwarového riešenia danej problematiky regulácie solárneho ohrevu vody a vytvorením bezdrôtovej WiFi komunikácie medzi doskami a databázou. Práca je rozdelená na dve samostatné dosky plošného spoja.

2.1 Funkcia jednotlivých dosiek plošných spojov

V tejto podkapitole je popísaná základná funkcia oboch dosiek plošných spojov.

2.1.1 Riadiaca doska

Riadiaca doska má za úlohu merať v 3 rôznych miestach teplotu vody pomocou dvoch digitálnych teplomerov a jedného ntc termistoru. Na základe týchto meraní sa odvíja sled udalostí spojených s reguláciou a filtráciou systému a to prípadné zapojenie čerpadla do obvodu pomocou zopnutia elektromagnetického relé NT72-2C-S10, či rozhodnutie trojcestného ventilu spínaného tým istým typom relé o smere toku vody. Všetky operácie riadi modul Lolin D1 mini, ktorého jadro tvorí mikrokontrolér ESP8266. Ten bol zvolený z dôvodu vstavaného WiFi modulu ,pomocou ktorého budú namerané teplotné dáta posielané každú pol hodinu do internetovej databázy Thingspeak, kde budú zobrazené do samostatných grafov. Schéma hlavnej dosky je na obrázku 2.1.

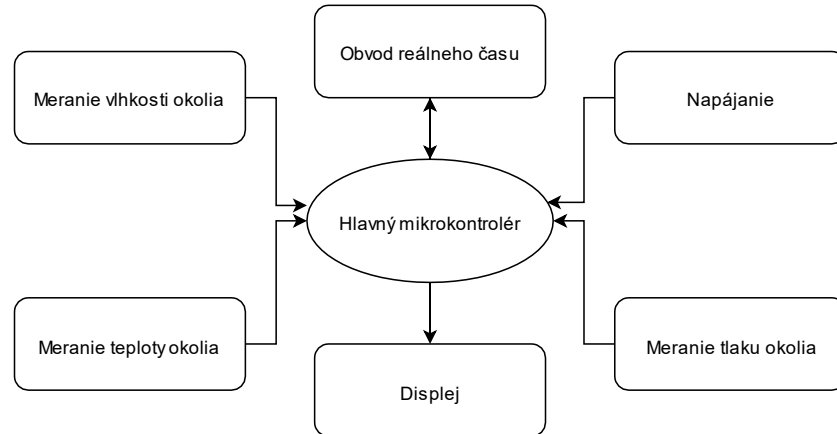


Obrázok 2.1. : Blokové schéma hlavnej dosky

2.1.2 Doska s displejom

Displejová doska má na sebe modul BME/BMP280, ktorý zabezpečuje meranie teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu. Srdcom dosky je modul Lolin D1mini, ktorý obsahuje mikrokontrolér ESP8266 disponujúci WiFi rozhraním. Namerané dáta sú vďaka WiFi posielané každú hodinu do databázy Thingspeak. Doska ďalej disponuje OLED displejom, o veľkosti zobrazovacej plochy 128x32pixelov, čo zodpovedá trom riadkom pri najmenšom type písma. Zobrazované sú hodnoty nameraných veličín, čas a dátum.

Nakoľko je zobrazovacia plocha malá, a nedovoľuje súčasné zobrazenie všetkých veličín, bol vymyslený prepínací systém prvého riadku, v ktorom sa po stlačení externého tlačidla menia namerané hodnoty teploty, tlaku a vlhkosti. V druhom riadku sa nachádza aktuálny čas, a v treťom riadku sa nachádza deň a dátum. Čas a dátum sú zaistené pomocou internetového protokolu NTP, ktorý poskytne svoje hodnoty ako vstupné parametre pre hodiny reálneho času DS1307, ktoré sa budú starať o zaobstaranie času a dátumu a jeho následné počítanie. Blokové schéma systému je zobrazené na obrázku 2.2.



Obrázok 2.2. : Blokové schéma displejovej dosky

2.2 Softwarové riešenie

Na návrh softwarových programov pre obidve dosky bolo použité bezplatné vývojové prostredie Arduino IDE verzia 1.8.12.

2.2.1 Riadiaca doska

Na začiatku programu prebehne pripojenie knižníc potrebných pre funkciu digitálnych senzorov, ntc termistora či WiFi pripojenia.

Nasleduje inicializácia premenných pre potreby WiFi a databáze, kde sa budú odosielať namerané údaje. Program ďalej obsahuje premenné s adresami digitálnych senzorov, ktoré sú potrebné pre rozlíšenie jednotlivých digitálnych senzorov na spoločnej zbernici, či premenné potrebné pre vytvorenie funkcie získavania teploty z ntc termistoru.

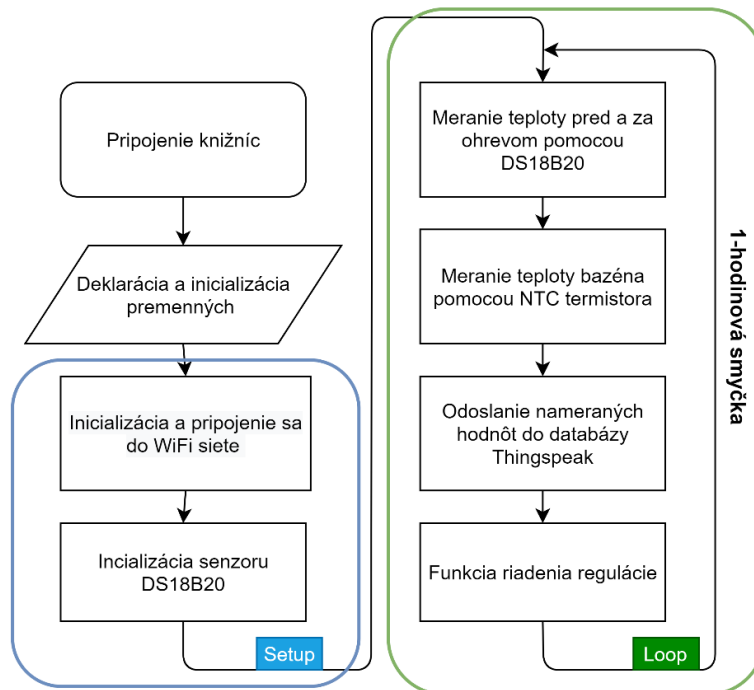
Ďalej nasleduje podprogram setup v ktorom prebieha pripojenie k WiFi sieti.

V podprograme loop sú volané funkcie, ktoré sú deklarované v globálnom priestore programu. Jedná sa o funkcie merania teploty pomocou ntc termistora či digitálneho senzora, a odosielania nameraných údajov pomocou WiFi do internetovej databázy.

Funkcia na meranie teploty pomocou digitálneho senzora využíva knižnicu DallasTemperature a OneWire[30] kde sa nachádza funkcia sensors.getTempC(), ktorá sa stará o nameranie teplotnej hodnoty. Všetky namerané hodnoty boli ukladané ako dátový typ float. Pre odosielanie nameraných hodnôt do internetovej databázy boli vytvorené globálne polia znakov do ktorých sa ukladali namerané hodnoty pomocou funkcie dtstrof[31], ktorá konvertuje dátový typ float na pole znakov.

Funkcia merania teploty pomocou ntc termistoru pozostáva z rovníc 1.1 až 1.5 popísaných v teoretickej časti.

Na zobrazenie postupnosti kódu bol vytvorený vývojový diagram, ktorý je zobrazený na obrázku 2.3.



Obrázok 2.3. : Vývojový diagram softwarovej časti riadiacej dosky

Poslednou funkciou, ktorá je volaná do podprogramu loop je funkcia riadenia regulácie a filtrácie celého systému. Regulácia je zaobstaraná vďaka elektromagnetickým relé spínaných cez tranzistor, ktoré sa starajú o spínanie záťaže, čo bude v našom prípade čerpadlo a trojcestný ventil. V tejto funkcii sú zobrazené všetky využiteľné situácie regulácie, ktoré sú podmienené získaním teplotných údajov z použitých teplotných senzorov. Regulácia bude prebiehať na základe sledovania teploty troch miest a to teploty bazéna, teploty pred ohrevom a teploty za ohrevom.

Funkcia prebieha raz za hodinu. Raz za hodinu sa zistí počasie (úroveň teplôt) a podľa neho sa určí, ktorý stav regulácie má nastať. Aby bola regulácia úsporná, bol vymyslený systém s pomocnými premennými, ktoré sa pri opakovaní toho istého počasia každú hodinu inkrementujú. Takto je ošetrené to, že ak bude napríklad celú noc teplota bazéna pod 20 °C a filtrácia má nastať iba raz za 4 hodiny, tak sa bude sledovať každú hodinu stav inkrementujúcej sa premennej, pričom sa po štvrtom opakovaní spustí filtrácia, a zároveň sa nastaví hodnota pomocnej premennej opäť do 0 aby mohlo inkrementovanie prebiehať aj do budúcnosti.

Prvá situácia bola popísaná pre noc, kedy sa pre naše zemepisné šírky predpokladajú nočné teploty pod 20 °C. Ak sa počasie opakuje, tak sa každú hodinu inkrementuje pomocná premenná. Keď nadobudne hodnoty 4 spustí sa čerpadlo, ktoré prefiltruje vodný systém. Filtrácia prebehne spodnou cestou, nakoľko je zbytočné filtrovanie cez solárny panel, ktoré by len zvýšilo spotrebu. Pomocná premenná je na konci vynulovaná.

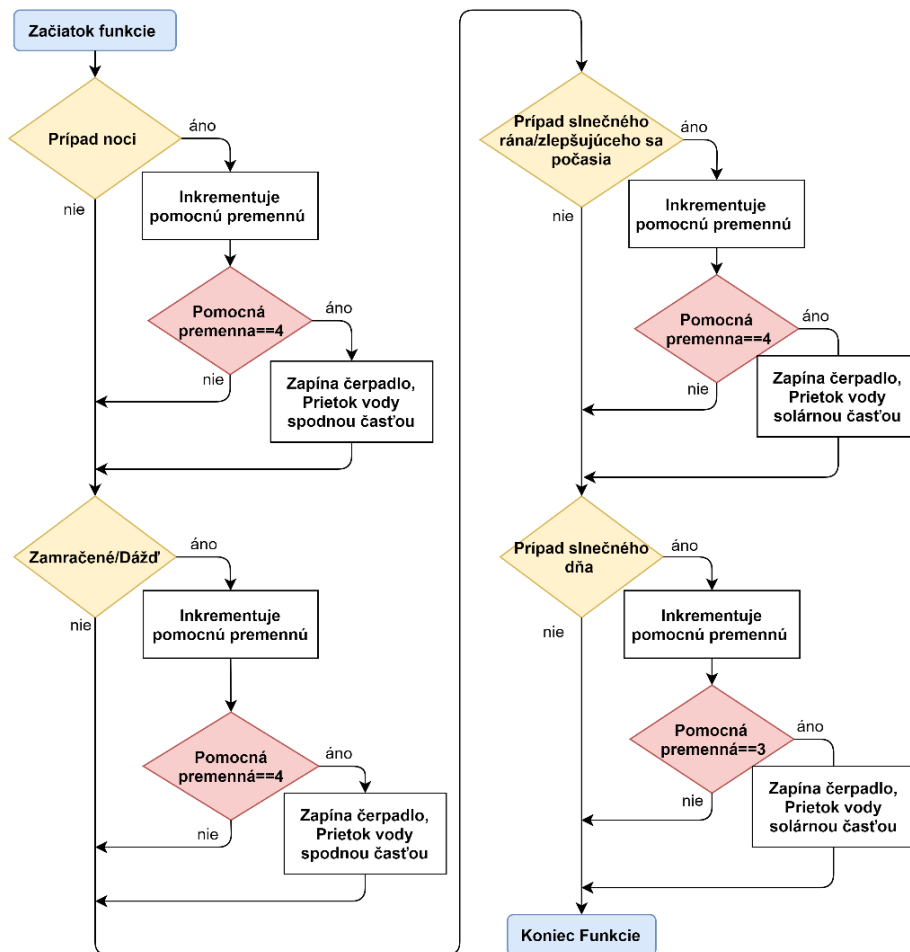
Druhá situácia zahŕňa zamračené počasie prípadne dážď. V tomto prípade je takisto zbytočné vodu filtrovať vrchnou cestou kde sa nachádza solárny panel. Situácia nastáva ak je teplota vody menšia ako 27 °C a zároveň je teplota pred ohrevom a za ohrevom rovnaká s prípustnou odchýlkou 1 °C. Pomocná premenná sa pri rovnakom počasí každú hodinu inkrementuje a pri dosiahnutí hodnoty 4 sa spustí na hodinový cyklus filtrácia vodného systému. Pomocná premenná je opäť na konci vynulovaná.

Tretia situácia je vytvorená pre prípad z rána alebo zlepšeni počasia, kedy sa začína počasie otepľovať. Situácia nastáva pri bazénovej teplote nižšej ako 27 stupňov a zároveň musí byť teplota za ohrevom o 3 °C vyššia než teplota pred ohrevom. V tejto situácii nastáva zopnutie trojcestného ventilu, ktoré smeruje tok vody cez vetvu so solárnym panelom ohrievajúcim vodu. Tento stav trvá až kým sa voda neoteplí nad 27 °C.

Posledný stav sa týka slnečného počasia kedy je teplota vody nad 27 °C a bazén je najviac používaný. Preto bola zvolená podmienka na filtráciu bazénu na častejšiu hodnotu ako pri ostatných prípadoch a to na 1x za 3hodiny.

Na doske je využitý aj úsporný režim, ktorý znižuje spotrebu medzi odosielaniami dát a to vypnutím WiFi na 20 mA.

Pre názornejšie pochopenie bol zostrojený vývojový diagram funkcie riadenia regulácie, ktorý je zobrazený na obrázku 2.4.



Obrázok 2.4. : Vývojový diagram funkcie regulácie systému

2.2.2 Doska s displejom

Na začiatku programu sa do projektu pripoja knižnice, potrebné pre správnu funkciu periférií ako displej, hodiny reálneho času, senzoru teploty-tlaku-vlhkosti či pre chod bezdrôtovej WiFi komunikácie.

Nasleduje inicializácia premenných potrebných pre uloženie informácií o prístupe k internetovej databáze, informácií nesúcich meno a heslo potrebné pre pripojenie sa k routeru. Ďalej je vytvorené pole 7 dní, ktorých index bude dni reprezentovať pri výpise na displej. Taktiež sú tu inicializované aj premenné ktoré obsahujú číslo pinu pripojeného tlačidla, premenná pre algoritmus odosielania údajov na internet po presne určených časových intervaloch či server, z ktorého bude čerpať internetový protokol NTP aktuálny čas.

Dôležitou súčasťou počiatočnej fáze programu je vytvorenie tzv. návratovej funkcie pre prerušenie. Táto funkcia bude volaná vždy ak sa program dostane do prerušenia. Nakoľko je všeobecne odporúčané mať návratové funkcie čo najkratšie, tak sa v nej nastavuje len príznak na pravdivostnú hodnotu true.

V podprograme setup sa nachádza inicializácia pripojenia na WiFi, senzoru BME/BMP280 a hodín reálneho času DS1307. Taktiež je tu vytvorená ošetrovacia smyčka do while pre získanie validných dát z internetového protokolu NTP. Bolo potrebné časové ošetrenie nakoľko nie vždy boli bez tejto smyčky dáta validné. Po prijatí validných dát nasleduje priradenie týchto dát ako vstupných parametrov do hodín reálneho času, ktorý začína od tohto času počítať. Týmto bolo dosiahnuté nastavenie aktuálneho času a dátumu.

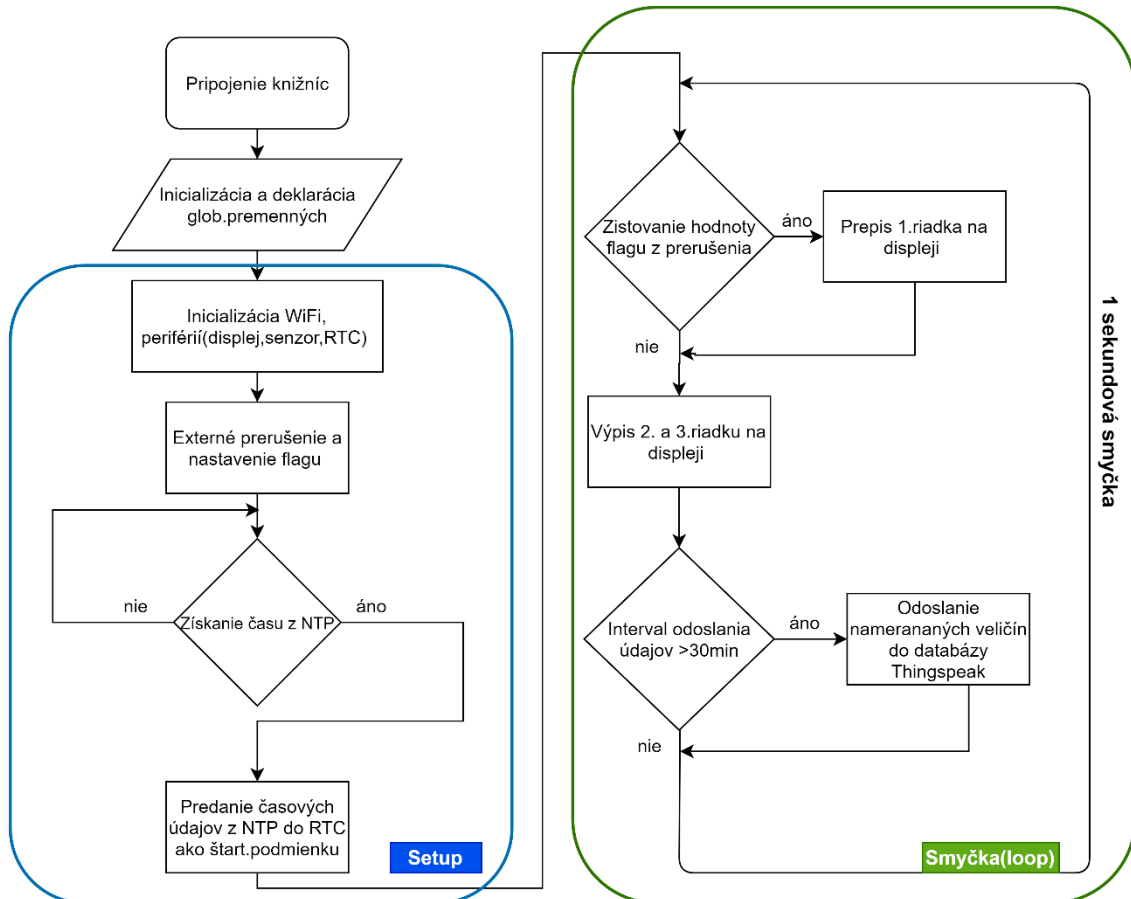
Ďalej nasleduje podprogram loop, v ktorom sa nachádza zisťovanie pravdivostnej hodnoty príznaku z prerušovacej funkcie. Toto prerušenie bolo potrebné uskutočniť kvôli malého rozlíšeniu displeja, na ktorý nešli vypísať všetky požadované hodnoty. Funguje na nasledovnom princípe. Pri stlačení tlačidla sa zavolá prerušenie, ktoré má za úlohu nastaviť príznak na pravdivostnú hodnotu true. V podprograme loop je ďalej vytvorená funkcia, ktorá sa pýta na hodnotu príznaku. Ak je hodnota true, tak sa vo funkcii nastaví príznak na pravdivostnú hodnotu false pre možnosť ďalších stlačení tlačidla a prichádza na rad vyberacia funkcia switch case, ktorá má tri prípady výpisu. Pre teplotu prípad 0, pre tlak prípad 1 a pre vlhkosť prípad 2. Podľa počtu stlačení vie mikrokontrolér, ktorú z 3 hodnôt vypísať na prvý riadok. Algoritmus je ošetrený tým, že po prekročení hodnoty pomocnej premennej (ktorá určuje prípad pre switch) nad 2 sa pomocná premenná vynuluje a takto koluje stále dokola. Takisto sa po vykonaní stlačenia nastavuje príznak na pravdivostnú hodnotu false a čaká sa na ďalšie stlačenie tlačidla.

Ďalej sa v smyčke loop nachádza výpis druhého a tretieho riadku v ktorom sa nachádza čas resp. dátum. Čas sa každú sekundu aktualizuje nakoľko loop prebieha stále dokola a bolo do neho umiestené čakanie 1 sekundu. Pre toto bolo potrebné spraviť prerušenie so samostatným ovládaním 1. riadku displeja nakoľko by sa inak nedalo skĺbiť sekundové aktualizovanie času a časovo zmysluplné prepínanie prvého riadku.

Poslednou vecou v podprograme loop je odosielanie nameraných dát do internetovej databázy Thingspeak. Pre potreby bola vytvorená pomocná premenná doba, ktorá je použitá ako inkrementujúci sa argument v if funkcii. Ak doba presiahne čísla 1800 reprezentujúceho pol hodiny vnútri funkcie sa uskutoční odoslanie do databázy Thingspeak.

Na displejovej doske je obdobne ako na doske riadiacej využitý úsporný režim, ktorý znižuje spotrebu medzi odosielaniami dát a to vypnutím WiFi na 20 mA.

Pre zhrnutie bola vytvorená vizualizácia softwarového riešenia dosky s displejom pomocou vývojového diagramu, ktorý je zobrazený na obrázku 2.5



Obrázok 2.5. : Vývojový diagram softwarovej časti displejovej dosky

2.3 Hardwarové riešenie

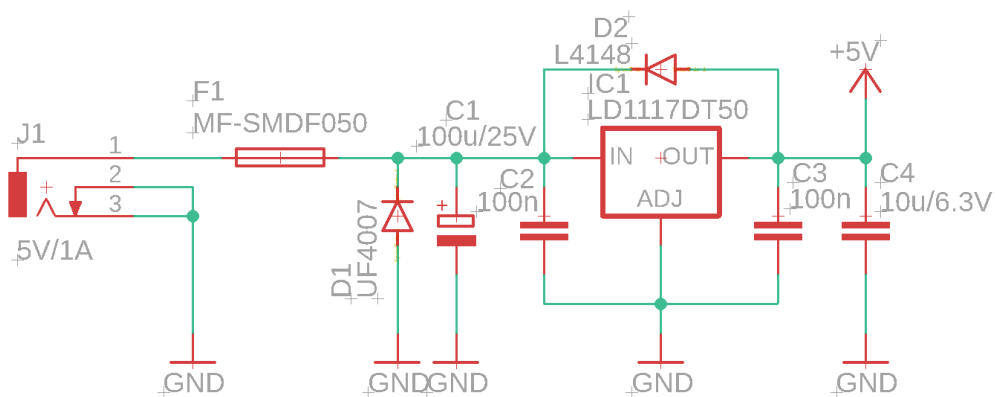
Na vytvorenie hardwarovej časti práce bolo použité návrhové prostredie programu EAGLE verzia 9.4.2. . Práca pozostáva z dvoch obojstranných dosiek. V nasledujúcom bloku budú obidve z nich popísané.

2.3.1 Riadiaca doska

Táto doska je hlavnou časťou regulácie solárneho ohrevu. Jej návrh bol rozdelený na jednotlivé bloky, a to blok napájací, merací pre digitálne senzory DS18B20, merací pre ntc termistor Okystar3000 a spínaciu časť pre jednotlivé záťaže v podobe čerpadla a trojcestného ventilu.

- **Napájací blok**

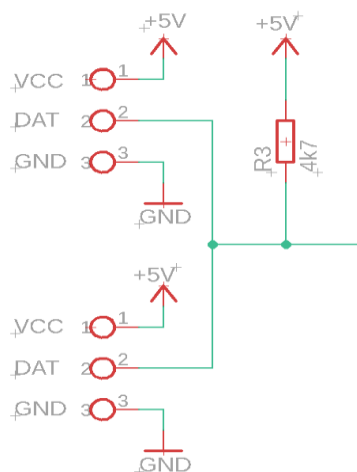
Pri napájaní sa používa 7,5 V/1 A adaptér. Vstupné napätie je redukované napäťovým regulátorom s úbytkom napätia 0,4 V, ktorého výstupné napätie je 5V. Na ochranu obvodu sú použité súčiastky ako prúdová poisťka, dióda D1 chrániaca zapojenie proti prepólovaniu zdroju, elektrolytický kondenzátor C1, blokovacie kondenzátory C2 a C3 chrániace zapojenie proti prúdovým špičkám, či dióda D2, ktorá chráni stabilizátor pri vybíjaní zhromaždeného náboja na filtračnom kondenzátore C4, či odrušovacom kondenzátore C3 po odpojení napájania. Napájací blok je zobrazený na obrázku



Obrázok 2.6. : Napájací blok

- **Blok pre meranie teploty pomocou digitálneho senzoru teploty DS18B20**

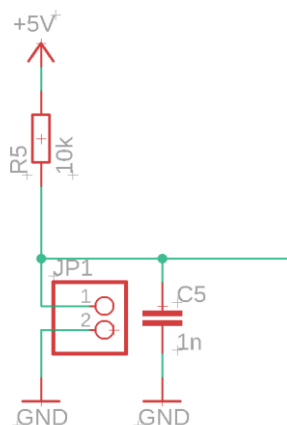
Pri meraní teploty pomocou DS18B20 bolo rozhodnuté použiť svorkovnicu s 3 otvormi pre napájací, zemný a digitálny kábel. Pre správne fungovanie zbernice bolo potrebné pridať medzi dátový a napájací pin pullup rezistor. Jeho hodnota bola stanovaná podľa odporúčanej hodnoty z katalógu súčiastky[12]. Merací blok je zobrazený na obrázku 2.7.



Obrázok 2.7. : Merací blok s DS18B20

- **Blok pre meranie teploty pomocou ntc termistoru Okystar 3000**

Pri meraní teploty pomocou ntc termistoru bol použitý termistor Okystar 3000 s hodnotou odporu 10 k Ω . Pre jeho pripojenie k doske bola využitá 2-pinová lišta. Termistor je zapojený ako delič napätia s filtračným kondenzátorom C5 o veľkosti 1 nF, ktorý potláča spolu s rezistorom R5 hodnotu rušenia na AD vstupe. Hodnota rezistora bola zvolená na 10 k Ω . Nakoľko je na používanom module Lolin D1mini je pred AD prevodníkom ešte zabudovaný delič, tak je zabezpečená podmienka pre správnu funkciu AD prevodníka a to maximálne 1 V na jeho vstupe. Podrobný rozbor spôsobu merania je popísaný rovnicami 1.1 až 1.5 v teoretickej časti. Merací blok je zobrazený na obrázku 2.8.



Obrázok 2.8. : Merací blok pre ntc termistor Okystar 3000

- **Blok pre spínanie zát'aže**

Úlohou elektromagnetického relé je zopnúť čerpadlo a trojcestný ventil. Ide o relé NT72 so spínacím jednosmerným napätím 5 V a odporom cievky 56 Ω . Podľa Ohmovho zákona v rovnici 2.1 bol vyrátaný prúd tečúci cievkou, ktorý zároveň vteká aj do kolektoru daného tranzistoru. Každé zariadenie zopína rovnaký obvod so samostatným relé. Pre jednoduchosť bude zobrazený len jeden obvod.

$$I_c = \frac{U_{cc}}{R_{ciev}} = \frac{5}{56} = 89.29 \text{ mA} , \quad (2.1)$$

kde I_c je prúd, ktorý budeme spínať tranzistorom a zároveň prúd tečúci cievkou, U_{cc} je napájacie napätie a R_{ciev} je vnútorný odpor cievky.

Aby tranzistor spínal potrebuje byť v saturácii, to je zabezpečené privedením dostatočného prúdu I_B do báze. Z katalógového listu tranzistora bola zistená najmenšia hodnota činiteľa prúdového zosilnenia h_{21E} , ktorá je rovná 250. Z rovnice 2.2 bol vypočítaný minimálny prúd tečúci bázou, aby tranzistor dokázal spínať relé. Tento prúd bol však prakticky 5-násobne zväčšený pre úplne zaistenie správneho fungovania spínania.

$$I_B = \frac{I_C}{h_{21E}} * 5 = \frac{89,29 * 10^{-3}}{250} * 5 = 1,79 \text{ mA}, \quad (2.2)$$

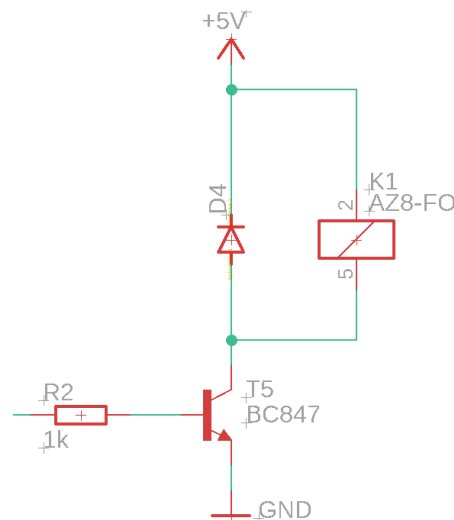
kde I_C je prúd tečúci kolektorom tranzistoru, h_{21E} je prúdový činiteľ zosilnenia a I_B je prúd tečúci bázou tranzistoru.

Na zabezpečenie prúdu I_B bolo potrebné navrhnuť rezistor pred vstupom do báze tranzistora. Napätový úbytok na rezistore vyrátame ako rozdiel napätia výstupu nášho mikrokontroléra ESP8266 a napätia medzi bázou a emitorom tranzistoru. Hodnota odporu daného tranzistora bola vyrátaná podľa vzorca 2.3

$$R_B = \frac{U_{Rb}}{I_B} = \frac{U_{out} - U_{BE}}{I_B} = \frac{3,3 - 0,7}{1,76 * 10^{-6}} = 1456 \Omega, \quad (2.3)$$

kde U_{OUT_PIN} je výstupné napätie na pine mikrokontroléra ESP8266, U_{BE} je napätie medzi bázou a emitorom tranzistora a I_B je prúd tečúci do báze.

Vypočítaná hodnota odporu bola ďalej upravená na blízku hodnotu z rady E12 a to $1k\Omega$. Pridaná bola ďalej antiparalélna dioda k cievke, ktorá ju chráni proti zápornej napätovej špičke pri vypnutí napájania. Zapojenie spínania záťaže je zobrazené na obrázku 2.9.



Obrázok 2.9. : Spínací blok záťaže

Zhotovená riadiaca doska plošného spoja je na obrázku 2.10.



Obrázok 2.10. : Zostrojený model riadiacej dosky plošného spoja

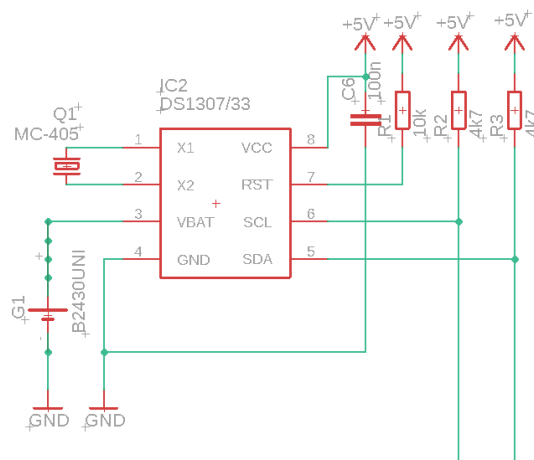
2.3.2 Displejová doska

- **Napájací blok**

Napájací blok displejovej dosky je rovnaký ako pri riadiacej doske, nakoľko súčiastky pracujú takisto s napájacím napätím 5 V.

- **Blok súčiastok využívajúcich I²C zbernicu.**

Na displejovej doske sú tri súčiastky využívajúce zbernicu I²C. Jedná sa o displej, senzor teploty, tlaku a vlhkosti BMP280 a hodiny reálneho času DS1307. Pri I²C zbernicu je typické pripojenie pull-up rezistorov na obidva vodiče používané pri I²C komunikácie a to na SCL a SDA. Pre účely práce postačuje veľkosť 4,7 k Ω . Pri zapojení DS1307 bolo dodržané odporúčané zapojenie z katalógového listu súčiastky[32]. Pridaný bol len blokovací kondenzátor medzi napájanie a zem z dôvodu ochrany pred poklesom napätia. Zobrazenie zapojenia DS1307 je na obrázku 2.11.



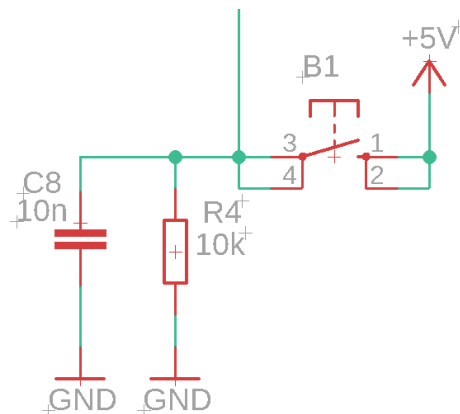
Obrázok 2.11. : Hodiny reálneho času DS1307

Displej a merací senzor boli do obvodu zapojené modulárne. To znamená že žiadne špeciálne zapojenie prídavných pomocných prvkov nebolo nepotrebné.

- **Blok tlačidla**

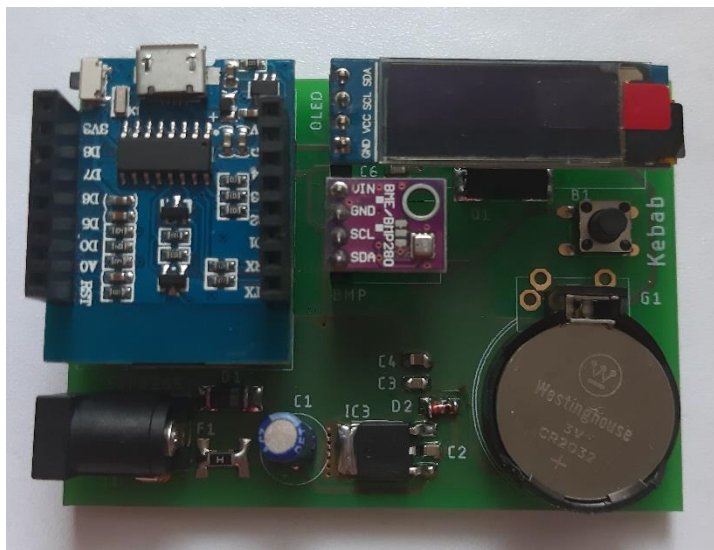
Tlačidlo bolo pridané do obvodu, nakoľko bolo potrebné prepínať prvý riadok displeja. Jedným kontaktom bolo pripojené na napájacie napätie +5V a druhý kontakt smeruje na pin mikrokontroléra. Na správnu funkciu bolo potrebné definovať počiatočný stav na nestlačenom tlačidle, inak by samostatný drôt vedený k pinu mikrokontroléra pôsobil ako anténa a mohlo by sa stať, že by na ňom nameraná hodnota bola taká veľká, že by ju mohol mikrokontrolér vyhodnotiť ako logickú 1, čo by signalizovalo falošné stlačenie tlačidla. Pevný stav pri nestlačenom tlačidle bol zadenovaný 10 kΩ pulldown rezistorom, ktorý zaobstaral pri nestlačenom tlačidla logickú 0. V tomto prípade s pulldown rezistorom je funkcia tlačidla nasledovná. Stlačenie tlačidla reprezentuje logická úroveň 1 a rozopnuté tlačidlo reprezentuje logická úroveň 0. Problémom pri tlačidle sú však zákmity, kedy vplyvom technologického nedostatku tlačidla mikrokontrolér môže zaregistrovať viac stlačení tlačidla pri jednom reálnom stlačení. Preto bolo potrebné zabezpečiť bolo ošetrenie zákmitu. Tu bolo ošetrenie zvolené hardwarovou cestou pridaním 10 nF kondenzátora. Toto ošetrenie spočíva v tom, že pri stlačení sa kondenzátor začne nabíjať a pri rozpojení vybíjať. Pri zákmitoch sa však začne sčasti nabitý kondenzátor vybíjať no nestihne sa vybiť. a tak zákmit mikrokontrolér nevyhodnotí ako rozpojenie a teda logickú 0. [33]

Schéma zapojenia tlačidla je zobrazená na obrázku 2.12.



Obrázok 2.12. : Tlačítko na prepínanie displeja

Zhotovená displejová doska plošného spoja sa nachádza na obrázku 2.13



Obrázok 2.13. : Zostrojený model displejovej dosky plošného spoja

2.4 Databáza Thingspeak

Dáta z obidvoch dosiek budú posielané do internetovej databázy Thingspeak každú hodinu. Pre testovacie podmienky bol systém používaný v kratších časových intervaloch.

Aby mohli byť dáta odosielané treba vytvoriť v databáze kanál. Ten slúži ako úložisko pre polia, ktoré sú v ňom vytvorené. V týchto poliach budú zobrazované namerané hodnoty, ktoré užívateľ odošle do databázy.

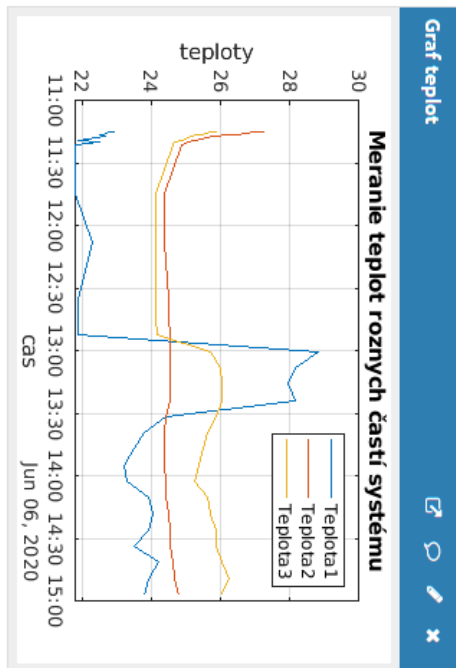
Systém posielania údajov je nasledovný. Vytvorí sa premenná do ktorej sa uloží údaj resp. hodnota premennej, ktorú chceme odoslať. Je však potrebné pretypovať dátový typ údajov na odoslanie na dátový typ string. Do tejto premennej ďalej priradíme číslo poľa z databázy Thingspeak, v ktorom chceme dáta zobrazovať. Ak chceme odosielať viac údajov tento postup zopakujeme. Dôležitou súčasťou vytvorenej premennej musí byť tzv. „ApiKey“, čo je reťazec znakov, podľa ktorého nasmerujeme odosielanie na náš vytvorený kanál. O odoslanie sa postará funkcia client.print, ktorá požiadá o prístup na náš kanál práve na základe identifikačného reťazca znakov ApiKey.[34]

Z riadiacej dosky sú posielané údaje o teplote pred ohrevom, za ohrevom a teplota bazéna, pričom každá je zobrazená vo vlastnom grafe. Pre porovnanie daných teplôt bol vytvorený aj porovnávací graf v ktorom sa nachádzajú všetky teploty naraz. Grafy disponujú popismi ôs, názvami a spoločný graf obsahuje aj legendu. Pri nájazde šípkou na daný bod na grafe sú zobrazené detaily ako veľkosť nameranej hodnoty, či čas a dátum prijatia. Z displejovej dosky sú odosielané údaje o teplote, tlaku a vlhkosti ovzdušia.

Namerané skúšobné hodnoty z displejovej dosky sú zobrazené na obrázku 2.14 resp z riadiacej na obrázku 2.15.



Obrázok 2.14. : Namerané hodnoty zo senzoru BME280 zobrazené v databáze Thingspeak



Obrázok 2.15. : Namerané teploty z riadiacej dosky zobrazené v databáze Thingspeak

2.5 Cenová kalkulácia

Pre zhotovenie vlastnej regulácie, je potrebné mať približný odhad o výslednej cene systému. Do tejto ceny je potrebné rátať cenu súčiastok, cenu výroby dosiek plošných spojov a eventuálne aj hodnotu vlastnej práce.

Pre sumarizáciu výdavkov a porovnanie s komerčným výrobkom bola zhotovená tabuľka 2.1.

Tabuľka 2.1. : Cenová tabuľka regulačných systémov

	Vlastný regulačný systém	Komerčný regulačný systém [35]
Súčiastky	800 Kč	
Výroba DPS	1600 Kč	
Vlastná práca	308 hodín	
Celková suma	2400 Kč +práca	4670 Kč

3 ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bolo pochopenie problematiky ohľadne regulácie solárneho ohrevu a vytvorenie modelu, ktorý bude túto reguláciu uskutočňovať pomocou merania teplôt v daných úsekoch systému a ich následného vyhodnocovania, či spínaním čerpadla a trojcestného ventilu pomocou relé.

Bakalárska práca nadväzuje na semestrálny projekt. Prišlo však k zmene displeja nakoľko bolo rozhodnuté, že sa bude štýl práce orientovať na modulárne prevedenie niektorých súčiastok, pričom modulárne prevedenie displeja zo semestrálneho projektu nebolo k dispozícii.

Práca je rozdelená na 2 hlavné časti, a to na teoretický rozbor a praktickú časť. Teoretický rozbor reprezentuje výber daných súčiastok použitých pre potreby práce a popisuje ich používanie. Ďalej sa v ňom nachádza popis získavania aktuálneho času a dátumu zo servera pre potreby displeja. Posledná časť teoretického rozboru obsahuje popis internetovej databázy Thingspeak, ktorá je využitá ako úložisko nameraných údajov teploty, vlhkosti či tlaku.

Praktická časť obsahuje proces vytvárania fungujúceho systému regulácie. Systém je rozdelený na dve dosky a to riadiacu a displejovú. Na začiatku praktickej časti sa nachádza popis ich funkcie. Riadiaca doska plní hlavnú úlohu systému a to merať a vyhodnocovať teploty pred ohreveom, za ohrevom a teplotu bazéna, podľa ktorých riadi reguláciu v podobe spínanie čerpadla a trojcestného ventilu. Displejová doska plní informačnú úlohu pre užívateľa. Táto úloha spočíva v zistení aktuálneho počasia pomocou merania teploty, vlhkosti a tlaku ovzdušia a zobrazení týchto dát používateľovi na displej.

Práca ďalej obsahuje softwarový a hardwarový popis jednotlivých dosiek. V softwarovej časti sú popísané programy, ktoré ovládajú jednotlivé dosky. Pre názornosť boli vytvorené aj vývojové diagramy, ktoré zobrazujú tok programu. Hardwarová časť sú obe dosky rozdelené do blokov. Bloky reprezentujú napríklad meracie, napájacie, či zobrazovacie časti dosky a zaoberajú sa popisom zapojenia jednotlivých súčiastok na doskách plošných spojov.

Na konci práce je popísané odosielanie všetkých nameraných údajov do internetovej databázy Thingspeak za účelom zhromažďovania dát.

Výsledok práce sú teda 2 dosky plošných spojov, ktoré sú navrhnuté tak, aby ponúkali výhodnejšie a úspornejšie riešenie regulácie ohrevu vody ako ponúkajú komerčné výrobky.

Literatúra

- [1] Microcontroller. Techopedia [online]. 2019 [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://www.techopedia.com/definition/3641/microcontroller>
- [2] AUFRANC, JEAN-LUC. ESP8266 and ESP32 Differences in One Single Table. CNX software [online]. 2016, 25.6 [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://www.cnx-software.com/2016/03/25/esp8266-and-esp32-differences-in-one-single-table/>
- [3] SCHWEBER, Bill. Understanding the RF Balun and its Transformative Function. Digi-key [online]. 2015, 23.7 [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://www.digikey.com/en/articles/techzone/2015/jul/understanding-the-rf-balun-and-its-transformative-function>
- [4] ESP8266EX: Datasheet [online]. Version 6.2. Espressif Systems, 2019 [cit. 2019-12-10].
- [5] BASICS OF UART COMMUNICATION. Circuits basics [online]. [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <http://www.circuitbasics.com/basics-uart-communication/>
- [6] Difference between Unicast, Broadcast and Multicast in Computer Network. GeeksforGeeks [online]. Uttar Pradesh [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-unicast-broadcast-and-multicast-in-computer-network/>
- [7] ADAME, T., A. BEL, B. BELLALTA, J. BARCELO, J. GONZALEZ a M. OLIVER. Capacity Analysis of IEEE 802.11ah WLANs for M2M Communications. JONSSON, Magnus, Alexey VINEL, Boris BELLALTA, Ninoslav MARINA, Desislava DIMITROVA a Dieter FIEMS, ed. Multiple Access Communications [online]. Cham: Springer International Publishing, 2013, 2013, s. 139-155 [cit. 2019-12-10]. Lecture Notes in Computer Science. DOI: 10.1007/978-3-319-03871-1_13. ISBN 978-3-319-03870-4. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-03871-1_13
- [8] Delivery traffic indication message. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Delivery_traffic_indication_message
- [9] ESP8266 Low Power Solutions: Datasheet [online]. Version 1.1. Espressif Systems, 2016 [cit. 2019-12-10].
- [10] ROUSE, Margaret. Sensor. WhatIs [online]. 2012, July [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://whatis.techtarget.com/definition/sensor>
- [11] DS18B20: Datasheet [online]. Rev 6. Maxim Integrated, 2019 [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://datasheets.maximintegrated.com/DS18B20/>

- [12] NTC Temperature Sensor With Arduino. Instructables circuits [online]. [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://www.instructables.com/id/NTC-Temperature-Sensor-With-Arduino/>
- [13] Using a Thermistor. Adafruit [online]. 2012, 29.7 [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://learn.adafruit.com/thermistor/using-a-thermistor>
- [14] BME280: Final data sheet: Datasheet [online]. Rev 1.0. Bosh sensortec, 2014 [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: [www.embeddedadventures.com › datasheets › BME280](http://www.embeddedadventures.com/datasheets/BME280)
- [15] DS1307 64 x 8 Serial Real-Time Clock: Datasheet [online]. Dallas semiconductor [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: [https://datasheets.maximintegrated.com › DS1307](https://datasheets.maximintegrated.com/DS1307)
- [16] SLINTÁK, Vlastimil. Obvod reálného času DS1307. UART [online]. 2011, 27.6 [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://uart.cz/78/obvod-realneho-casu-ds1307/>
- [17] DS1307Z. In: New egg [online]. [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://www.newegg.com/p/1FS-000H-00F18>
- [18] Getting date & Time from NTP server. LastMinuteEngineers [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://lastminuteengineers.com/esp8266-ntp-server-date-time-tutorial/>
- [19] GitHub. NTPtimeESP [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://github.com/SensorsIoT/NTPtimeESP>
- [20] BONSOR, Kevin. How Electronic Ink Works. HowStuffWorks [online]. [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/high-tech-gadgets/e-ink1.htm>
- [21] HIDALGO, Jason. A Brief Primer on E-Ink: What It Is and How It Works. LifeWire [online]. 2019, 16.10 [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/what-is-e-ink-2740879>
- [22] E Ink. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/E_Ink
- [23] WAVESHARE 12561. In: TME [online]. [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/details/wsh-12561/e-papir/waveshare/12561/>
- [24] I2C OLED Display. GM electronic [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.gme.sk/i2c-biely-oled-display-0-91-128x32>
- [25] Relé civka 5VDC. GM electronic [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/rele-nt72-2-cs10-dc5v-0-45>
- [26] Napájecí zdroj síťový 7,5V/1A. GM electronic [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/napajeci-adapter-sitovy-7-5v-1000ma-5-5-2->

- [27] 1mm Stabilizátor pevného napětí LF50CDT. GM electronic [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/lf50cdt-dpak-stm-thomson>
- [28] ThingSpeak™. Humusoft [online]. [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://www.humusoft.cz/matlab/thingspeak/>
- [29] Learn More About ThingSpeak. Thingspeak [online]. [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: https://thingspeak.com/pages/learn_more
- [30] M., Luboš. Teplotní senzor DS18B20. Arduino návody [online]. 2016 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://navody.arduino-shop.cz/navody-k-produktum/teplotni-senzor-ds18b20.html>
- [31] Displaying FLOAT variables in Arduino. HobbyElectronics [online]. 2020 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.hobbytronics.co.uk/arduino-float-vars>
- [32] DS1307 64x8 RTC [online]. Sunnyvale, California, 2015, , 14 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://datasheets.maximintegrated.com/DS1307>
- [33] VODA, Zbyšek. Arduino.cz. Rezistor u tlačítka [online]. 2016 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://arduino.cz/proc-je-u-tlacitka-rezistor/>
- [34] Multiple field data in one graph. Thingspeak community [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://community.thingspeak.com/forum/thingspeak-apps/how-to-have-multiple-field-data-in-one-graph/>
- [35] Elektrobock. Solárna riadiaca jednotka.[online]. [cit. 2012-6-6]. Dostupné z :<https://www.elektrobock.sk/solarna-riadiaca-jednotka/p64>

Zoznam skratiek, symbolov a veličín

WiFi	Wireless Fidelity, bezdrôtový prenos informácií
TCP	Transmission Control Protocol, protokol riadenia prenosu
IP	Internet Protocol, internetový protokol
IoT	Internet of Things, internet vecí
RAM	Random Access Memory, operačná pamäť
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, univerzálny asynchrónny prijímač-vysielač
Tx	Transceiver, vysielač
Rx	Receiver, prijímač
DTIM	Delivery Traffic Indication Message, interval prebudenia klienta
RTC	Real Time Clock, hodiny reálneho času
NTC	Negative Temperature Coefficient, negatívny teplotný koeficient
ADC	Analog-Digital Convertor, analógovo-digitálny prevodník
NTP	Network Time Protocol, protokol sieťového času
GMT	Greenwich Mean Time, greenwichský stredný čas
OLED	Organic Led Emitting Diode, organická svetlo-emitujúca dioda
I_C	prúd kolektorom
U_{CC}	napájacie napätie
R_{ciev}	vnútorný odpor cievky
I_B	prúd bázou
h_{12E}	prúdový činiteľ zosilnenia
R_B	bázový odpor
U_{RB}	napätie na bázovom odpore
U_{BE}	napätie medzi bázou a emitorm
U_{RT}	napätie na termistore

Zoznam obrázkov

Obrázok 1.1. : Digitálny senzor teploty D18B20	10
Obrázok 1.2. : Schéma zapojenia pre meranie teploty pomocou NTC termistoru	11
Obrázok 1.3. : Senzor tlaku BME/BMP280	13
Obrázok 1.4. : Obvod reálneho času DS1307 [17]	15
Obrázok 1.5. : Prípady vyžarovania častíc pri rôznych druhoch elektrického poľa [22]	17
Obrázok 1.6. : E-Ink displej Waveshare 12561[23]	17
Obrázok 1.7. : Modul OLED displeja[24]	18
Obrázok 1.8. : Elektromagnetické relé NT72[25]	19
Obrázok 1.9. : Napájací spínaný zdroj [26]	19
Obrázok 1.10. : Stabilizátor LF5CDT[27].....	20
Obrázok 2.1. : Blokové schéma hlavnej dosky.....	21
Obrázok 2.2. : Blokové schéma displejovej dosky	22
Obrázok 2.3. : Vývojový diagram softwarovej časti riadiacej dosky	23
Obrázok 2.4. : Vývojový diagram funkcie regulácie systému.....	24
Obrázok 2.5. : Vývojový diagram softwarovej časti displejovej dosky	26
Obrázok 2.6. : Napájací blok	27
Obrázok 2.7. : Merací blok s DS18B20.....	27
Obrázok 2.8. : Merací blok pre ntc termistor Okystar 3000	28
Obrázok 2.9. : Spínací blok záťaže	29
Obrázok 2.10. : Zostrojený model riadiacej dosky plošného spoja	30
Obrázok 2.11. : Hodiny reálneho času DS1307.....	30
Obrázok 2.12. : Tlačítko na prepínanie displeja	31
Obrázok 2.13. : Zostrojený model displejovej dosky plošného spoja	32
Obrázok 2.14. : Namerané hodnoty zo senzoru BME280 zobrazené v databáze Thingspeak.....	33
Obrázok 2.15. : Namerané teploty z riadiacej dosky zobrazené v databáze Thingspeak	34

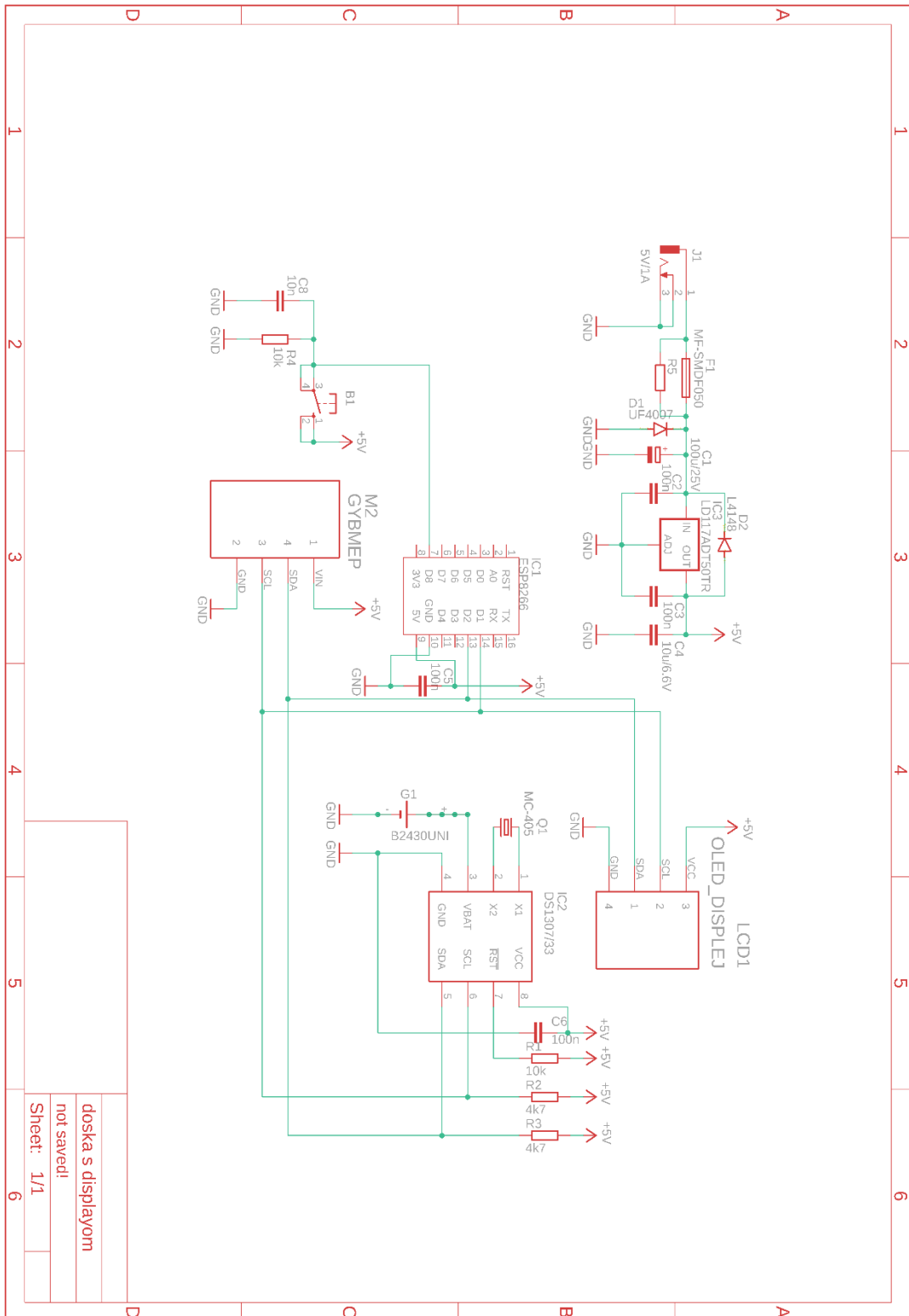
Zoznam Tabuliek

Tabuľka 1.1. : Porovnanie parametrov dvoch mikrokontrolérov [2].....	5
Tabuľka 1.2. : Prehľad úsporných režimov mikrokontroléru ESP8266	7
Tabuľka 1.3. : Možnosti parametru funkcie módu 3	8
Tabuľka 1.4. : Výpis možností parametru u funkcie na konfiguráciu módu 3	9
Tabuľka 1.5. : Register teploty digitálneho teplomera pri rozlíšení 12bitov	10
Tabuľka 1.6. : Popis parametrov senzora BME280.....	13
Tabuľka 1.7. : Porovnávacía tabuľka displejov	18
Tabuľka 2.1. : Cenová tabuľka regulačných systémov.....	35

Zoznam príloh

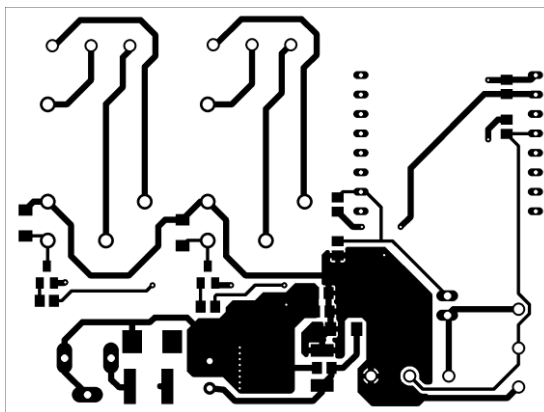
A	OBVODOVÉ ZAPOJENIA	43
A.1	<i>Obvodové zapojenie riadiacej dosky plošného spoja</i>	<i>43</i>
A.2	<i>Obvodové zapojenie dosky plošného spoja s displejom.....</i>	<i>44</i>
B	NÁVRH DPS.....	45
B.1	<i>Motív riadiacej dosky plošného spoja- vrstva TOP.....</i>	<i>45</i>
B.2	<i>Motív riadiacej dosky plošného spoja- vrstva BOTTOM</i>	<i>45</i>
B.3	<i>Osadzovací plán riadiacej dosky plošného spoja.....</i>	<i>46</i>
B.4	<i>Motív displejovej dosky plošného spoja- TOP.....</i>	<i>46</i>
B.5	<i>Motív displejovej dosky plošného spoja- BOTTOM</i>	<i>46</i>
B.6	<i>Osadzovací plán displejovej dosky plošného spoja</i>	<i>47</i>

A.2 Obvodové zapojenie dosky plošného spoja s displejom



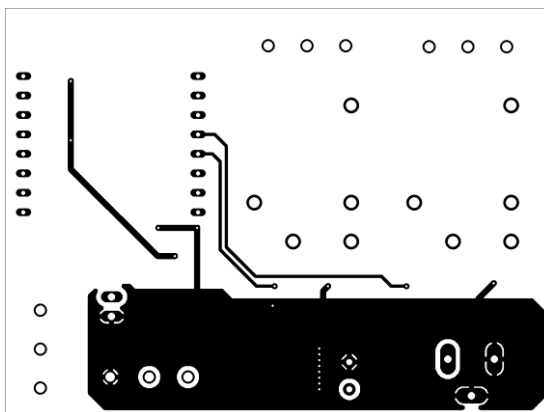
B NÁVRH DPS

B.1 Motív riadiacej dosky plošného spoja- vrstva TOP



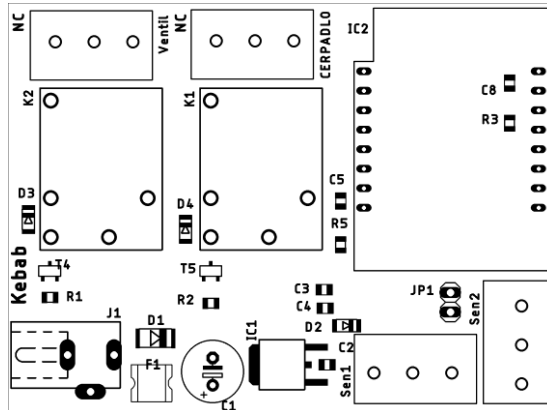
Rozmer dosky 72.4x54.1 mm, Mierka 1:1

B.2 Motív riadiacej dosky plošného spoja- vrstva BOTTOM



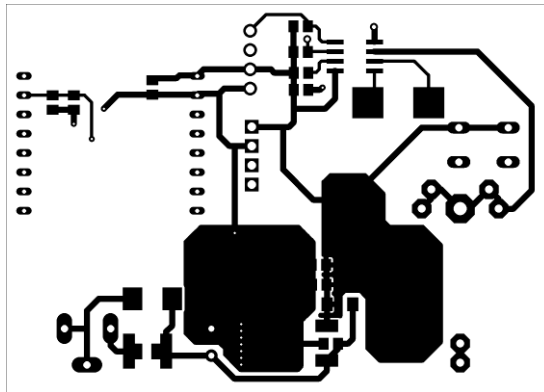
Rozmer dosky 72.4x54.1 mm, Mierka 1:1

B.3 Osadzovací plán riadiacej dosky plošného spoja



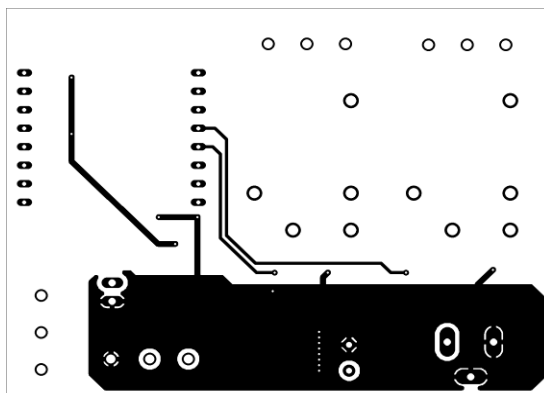
Rozmer dosky 72.4x54.1 mm, Mierka 1:1

B.4 Motív displejovej dosky plošného spoja- TOP



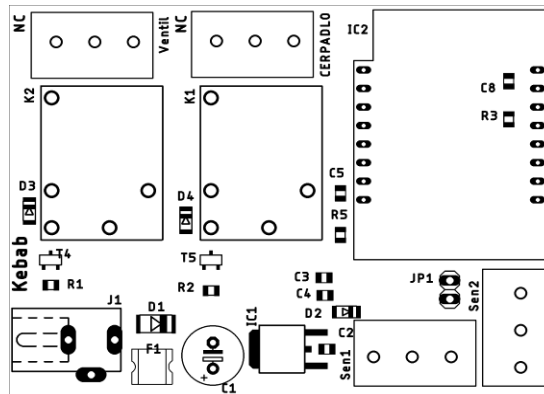
Rozmer dosky 72.2x51.5 mm, Mierka 1:1

B.5 Motív displejovej dosky plošného spoja- BOTTOM



Rozmer dosky 72.2x51.5 mm, Mierka 1:1

B.6 Osadzovací plán displejovej dosky plošného spoja



Rozmer dosky 72.2x51.5 mm, Mierka 1:1