

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

REGULÁTOR TEPLoty S ESP8266

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE

SEMESTRAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Vymazal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Ivo Lattenberg, Ph.D.

BRNO 2020

Semestrální práce

bakalářský studijní program **Telekomunikační a informační systémy**

Ústav telekomunikací

Student: Tomáš Vymazal

ID: 214411

Ročník: 3

Akademický rok: 2020/21

NÁZEV TÉMATU:

Regulátor teploty s ESP8266

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte problematiku elektronického měření teploty. Navrhněte a vyrobte elektronický regulátor teploty s ESP8266. Ten bude spínáním externího topení (230V, max 16A) udržovat teplotu ve stanoveném intervalu. Uvažujte rozsah teplot alespoň -20 až 50 stupňů Celsia. Zařízení bude napájené z externího zdroje. Regulátor bude pracovat ve dvou WiFi režimech. Prvním bude AP mód, kde prostřednictvím webového rozhraní bude možno regulátor konfigurovat, bude zde také vidět průběh teplot a stav sepnutí externího topení. V druhém režimu (Client mód) bude regulátor odesílat naměřená data na cloudovou službu pro IoT analýzu dat typu ThingSpeak apod.

V rámci semestrálního projektu prostudujte problematiku elektronického měření teploty. Navrhněte schéma a navrhněte a vyrobte desku plošných spojů regulátoru teploty.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] BRTNÍK, Bohumil a David MATOUŠEK. Mikroprocesorová technika: [práce s mikrokontroléry řady ATMEL AVR ATXmega A4]. Praha: BEN - technická literatura, 2011. ISBN 978-80-7300-406-4.

[2] MATOUŠEK, David. Práce s mikrokontroléry ATMEL. 2. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006. µC & praxe. ISBN 80-7300-209-4.

Termín zadání: 2.10.2020

Termín odevzdání: 11.12.2020

Vedoucí práce: doc. Ing. Ivo Lattenberg, Ph.D.

prof. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální 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

Semestrální práce se zabývá vývojem chytrého zásuvkového termostatu, který je schopen komunikovat s uživatelem a dalšími aplikacemi pomocí wifi rozhraní v pásmu 2,4 GHz. Související tematikou, které se práce věnuje, je elektrické měření teploty

Další problematikou, které se v práci věnuji jsou IoT online cloudy, které se v dnešní době používají pro logování a vizualizaci naměřených dat.

Bibliografická citace

VYMAZAL, Tomáš. Regulátor teploty s ESP8266. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/130294>. Semestrální práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací. Vedoucí práce Ivo Lattenberg.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	Tomáš Vymazal
VUT ID studenta:	214411
Typ práce:	semestrální práce
Akademický rok:	2020/21
Téma závěrečné práce:	Regulátor teploty s ESP8266

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si 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.

V Brně dne: 8. prosince 2020

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	8
SEZNAM TABULEK.....	9
ÚVOD	10
1. PROBLEMATIKA MĚŘENÍ TEPLOTNÍMI SENZORY	11
1.1 ANALOGOVÉ TEPLOTNÍ SENZORY[A1]	11
1.1.1 Kovové	11
1.1.2 Polovodičové.....	12
1.2 DIGITÁLNÍ TEPLOTNÍ SENZORY	15
1.2.1 DS18B20[a7]	15
1.2.2 AM2302[a7].....	16
1.3 TERMOČLÁNKY[A1]	17
2. ROZBOR IOT CLOUDŮ	18
2.1 THINGSPEAK	19
2.2 TMEP	20
2.3 OPENHAB	21
2.4 MQTT.....	21
3. TECHNICKÉ PROVEDENÍ ZAŘÍZENÍ	22
3.1 SCHÉMA ZAPOJENÍ A VÝPOČTY HODNOT.....	22
3.1.1 ESP8266.....	24
3.2 VÝROBA A NÁVRH DPS.....	25
3.3 OSAZENÍ A OŽIVENÍ DPS	27
3.3.1 Oživení	28
4. ZÁVĚR.....	29
LITERATURA.....	30
SEZNAM PŘÍLOH.....	32

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Foto teplotního senzoru PT100	12
1.2	Foto NTC termistoru 640-10K.....	13
1.3	Foto NTC termistoru B57164K0472K000	13
1.4	Foto senzoru KTY81 110	14
1.5	Jednoduchý způsob odečítání hodnot z analogového teplotního čidla.	14
1.5	Foto teplotní senzoru DS18B20	15
1.5	Foto teplotní senzoru DS18B20	16
1.7	Graf odchylky při měření teploty pomocí AM2302[a7].....	16
1.8	Graf odchylky při relativní vlhkosti pomocí AM2302.....	17
1.4	Tabulka přehledu termočlánků [a9].....	17
2.1	Ukázka z uživatelského rozhraní ThingSpeak [a16]	19
2.2	Mapa čidel vyexportovaná 6.12.2020 v 17:15 z portálu [13].....	20
3.1	Schéma zapojení obvodu relé.....	22
3.2	Schéma zapojení USB převodníku na UART.	24
3.3	Schéma zapojení USB převodníku na UART.	25
3.4	3D model navržené desky, export KiCad.....	26
3.5	Vyrobená deska foto přední strana	27
3.6	Vyrobená deska foto zadní strana	28

SEZNAM TABULEK

2.1	Tabulka nejpoužívanějších IoT cloudu	18
-----	--	----

ÚVOD

Zadáním semestrální práce je vývoj a výroba elektrického regulátoru teploty s určitými parametry, jako je například možnost připojení zařízení do internetové sítě, nebo schopnost spínat síťové napětí 230 V s proudem 16 A. Pod regulátorem teploty si každý může představit něco jiného. Zařízení vyvíjené v této práci je často označováno, jako elektronický termostat, což je zařízení, které je schopné spínat topení a docílit tak požadované/nastavené teploty na termostatu. Regulátorem teploty tedy rozumíme zařízení, které obsahuje jak část termostatu, tak samotného topného tělesa. Tato práce se zabývá pouze návrhem části termostatu, jako topné zařízení se zde uvažuje libovolné elektrické topné zařízení, které lze připojit do zásuvky a je schopno vytápět nějaký prostor v okolí našeho termostatu.

Nedílnou částí této práce je také rozbor potřebné teorie ohledně měření teploty, způsobu měření a rozbor typů jednotlivých čidel, které se používají v elektrotechnice pro měření teploty. Problematika je studována s ohledem využitelnosti pro vyvíjené zařízení tak abychom bylo schopno měřit teplotu v intervalu -20 až 50 °C.

Delším tématem, kterým se práce zabývá je problematika IoT cloudu, jakožto možného uložště dat, které budou produkovány výsledným termostatem. Výběr vhodného cloudu není vůbec jednoduchá záležitost, protože v době vzniku práce existuje mnoho služeb, které by se dali k tomu účelu použít. Výběr zhoršuje fakt, že každá eventuelní služba je specifická, tudíž komplikuje tu možnost, že bychom v budoucnu chtěli tuto službu změnit. Jediným a častým společným jmenovatelem je podpora MQTT protokolu, jakožto možnost komunikace zařízení s cloudovou službou. Z toho důvodu je zde tento protokol, důkladně prostudován a v budoucnu bude i implementován do konečného zařízení.

V poslední části práce je návrh požadovaného regulátoru teploty, tak aby vyhověl všem požadavkům ze zadání. Práce se především zabývá návrhem DPS, jejím osazením a oživením. Součástí práce zatím není výsledný firmware, který bude řídit celé zařízení. Oživením proto je chápáno pouhé otestování periférii, které jsou na desce osazeny a ověření jejich funkcí.

1. PROBLEMATIKA MĚŘENÍ TEPLOTNÍMI SENZORY

Elektrický senzor pro měření teploty je součástka, u které se mění její vlastnosti, většinou její vodivost, v závislosti na okolní teplotě. V praxi se můžeme setkat i jinými typy senzorů například senzory pro bezdotykové měření teploty, kterým se v téhle práci vůbec nevěnuji. Jejich použití pro tuto práci by postrádalo smysl, a navíc by bylo zbytečně dražší a složitější než použití dotykového čidla.

Dalším dělením dotykových čidel je na elektrické, u kterých se mění fyzikální veličina, kterou lze v elektrotechnice snadno změřit, a na neelektrické. Typickým zástupcem neelektrických čidel je rtuťový teploměr, u kterého se mění objem a tím pádem je kapalina vytlačována vzhůru do kapiláry na které je stupnice. Automatizované odečítání hodnot z takového neelektrického čidla by bylo velice náročné, nehledě na nutnost dalšího čidla, které by do systému vneslo další chybu, tedy měření by bylo zatíženo ještě větší chybou.

Dotykové elektrické senzory můžeme rozdělit do dvou kategorií, a to podle toho jakým způsobem z nich vyčítáme naměřenou hodnotu do komponenty, která signál dále zpracovává. První kategorií jsou analogové teplotní senzory, u nich dochází, jak už bylo zmíněno výše, ke změně elektrických vlastností v závislosti na teplotě. Druhou kategorií jsou digitální teplotní senzory, ty jsou konstrukčně mnohem sofistikovanější. Ve vnitřním zapojení takového digitálního senzoru opět najdeme analogový teplotní senzor, který je doplněn další periferií, které zpracovávají naměřené hodnoty a ukládají aktuální hodnotu teploty do vnitřních registrů součástky.

1.1 Analogové teplotní senzory[a1]

Jedná se o nejobecnější kategorii teplotních senzorů, proto je potřeba tuto kategorii dále rozčlenit především podle použitých materiálů, ze kterých je dané čidlo vyrobeno. Základními skupinami jsou:

- Kovové
- Polovodičové
- Termočlánky

1.1.1 Kovové

Jedná se o čidla vyrobená z velmi čistých kovů, například Platina, Nikl, Molybden nebo měď. Uvnitř čidla můžeme nalézt tenký drátek určité délky, který je stočený do cívky, jako jádro této cívky jsou použity nevodivé materiály jako například sklo, nebo keramika. Typickým zástupcem této kategorie je teplotní čidlo Pt100, ze jehož označení můžeme odvodit, že se jedná o platinové čidlo (Pt) a jeho odpor při 0 °C je 100 Ω.

Pro každý typ čidla existuje tabulka naměřených hodnot, která udává závislost odporu na teplotě. Odečítání teploty z takového čidla probíhá tak, že musíme přesně změřit odpor

čidla a pak pomocí tabulky vyčteme hodnotu teploty, která náleží právě změřenému odporu.

Obrovskou nevýhodou těchto čidel je, že jsou velice křehká a drahá. Další nemalou nevýhodou je že na čidlu dochází relativně malé změně odporu při pokojových teplotách, proto je potřeba čidlo provozovat v zapojení s pomocným zesilovačem, což jeho použití opět prodražuje. Jako výhodu toho čidla můžeme uvést, že je velice přesné a pracuje na velkém teplotním rozsahu (-50 až 400°C pro Pt100)[a2].

Na co by člověk neměl zapomenout při návrhu zesilovače pro Pt100 je to, že čidlem musí protékat proud menší než 1 mA, proto je potřeba dbát zvýšené pozornosti při výběru odporů.



Obrázek 1.1 Foto teplotního senzoru PT100

1.1.2 Polovodičové

Základem každého polovodiče je velmi čistý monokrystal Křemíku (Si), který je následně obohacen o příměsí prvků but z III. skupiny (B, Al, Ga, In), pak hovoříme o polovodiči typu P, nebo o příměs prvků z V. skupiny (F, As, Sb) pak hovoříme o polovodiči typu N.[a1][a4]

Polovodičové teplotní senzory se dělí na termistory a na monokrystalické odporové senzory. Termistory můžeme dále dělit na pozistory (PTC) a na negastory (NTC).

Výroba termistorů je trochu rozdílná, místo N a P přechodu se spíše využívají práškové oxidy kovů (Fe_2O_3 , TiO_2 , CuO , MnO , NiO , CoO , BaO , atd.), které se následně spékají. [a5] Z toho se nám může zdát, že se nejedná o polovodiče v pravém slova smyslu, přesto se termistory řadí do polovodičových senzorů teploty, protože v nich nastává podobný děj jako v polovodičích. Se změnou teploty dochází k uvolnění nosičů elektrického proudu čímž pádem se materiál stává vodivým. [a6]

PTC (positive temperature coefficient) termistory mají pozitivní teplotní součinitel odporu, zjednodušeně řečeno s rostoucí teplotou roste odpor. Jejich využití je hlavně tom že se dají použít jako vratné teplotní pojistky, například ve vinutí motoru. Měření teploty pomocí PTC termistoru není dobrou volbou, protože teplotní závislost je velice strmá, častěji se používají pro kvantitativní měření, kde nejsou velké nároky na přesnost.

NTC (negative temperature coefficient) termistory mají negativní teplotní součinitel odporu neboli s rostoucí teplotou klesá odpor termistoru. Jeho teplotní charakteristika se může aproximovat exponenciálou, proto odečítání umožňuje měřit malé změny teploty bez větších potíží. Malou nevýhodou je že každá součástka může mírně jiný průběh teplotní charakteristiky, který se může časem mírně měnit. Výhodou NTC termistoru je jeho cena, díky tomu se často používá pro bodové měření teploty. [a5]



Obrázek 1.2 Foto NTC termistoru 640-10K



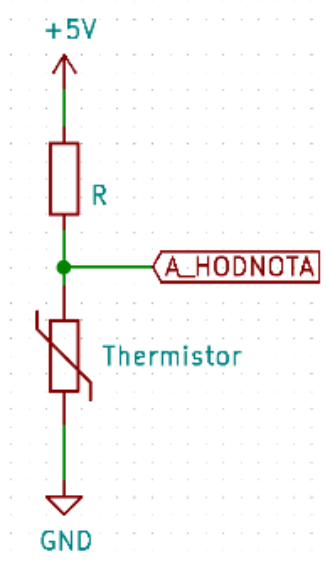
Obrázek 1.3 Foto NTC termistoru B57164K0472K000

Monokrystalické senzory se vyrábějí z křemíku (Si), přesněji pomocí polovodiče typu N. S rostoucí teplotou u nich dochází k rozptylu nosičů, což způsobuje důsledkem toho se snižuje vodivost, což znamená, že roste odpor. Oproti PTC termistorům mají mírnější strmou teplotní charakteristiku, proto jsou vhodné pro měření teplot v rozsahu - 55 až 150 °C. Typickým zástupcem této skupiny jsou teplotní senzory se značením KTY. [a6]



Obrázek 1.4 Foto senzoru KTY81 110

Nejjednodušším způsobem, jak můžeme analogové čidlo připojit k nějakému mikrokontroleru je zapojit čidlo do série s rezistorem a pomocí analogového převodníku vyčítat ubytok napětí na čidle viz Obrázek 1.5. Jedná se opravdu o jednoduché zapojení, na které nemůžeme klást velké nároky na přesnost. Přesně můžeme měřit pouze teploty blízké pokojové teplotě. Navíc vyčítaná hodnota není lineární, to je způsobeno použitím AD převodníku obzvláště přesnost ovlivňuje jeho počet kvantizačních úrovní.



Obrázek 1.5 Jednoduchý způsob odečítání hodnot z analogového teplotního čidla.

1.2 Digitální teplotní senzory

Digitálními teplotními senzory se chápou součástky, které v sobě mají implementováno měření teploty pomocí analogového teplotního senzoru, takto naměřená teplota je následně digitálně zpracována a uložena do registru uvnitř součástky. Pro získání dat musíme senzor připojit na sběrnici, pak můžeme se součástkou komunikovat a vyčítat z ní data nebo nastavit v jakých jednotkách (°C nebo F) má data posílat. Nejčastějšími typy sběrnic/komunikačními protokoly jsou I2C, 1-Wire, SPI. Typickými zástupci jsou DS18B20 nebo AM2302.

1.2.1 DS18B20[a7]

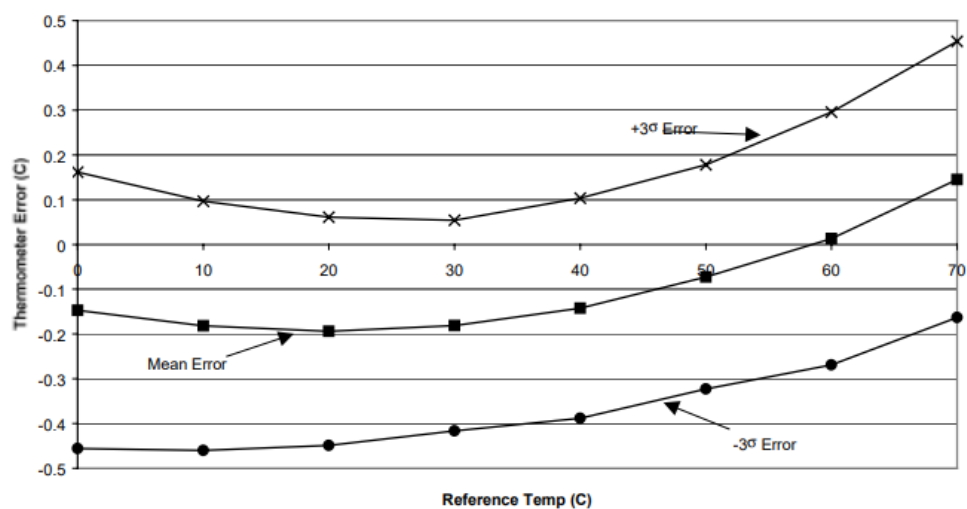
Digitální teplotní senzor pro měření teplot v rozsahu (-55 až 125 °C), poprvé ho vyrobila firma DALLAS SEMICONDUCTOR, proto se mu lidově říká „dallas“. Senzor komunikuje pomocí 1-Wire sběrnice. Teplota je v senzoru uložena jako 12 bitové slovo.

Dalšími možnostmi, kterými čidlo nabízí je nastavení přesnosti měření, a to v rozsahu 9 až 12 bitů. Snížení přesnosti měření urychluje měřicí proces, díky tomu můžeme několikanásobně urychlit měření, které při nejvyšší přesnosti je velice pomalé.

Čidlo je dále vybaveno interní logikou, díky které se samotné se samo může chovat jako termostat.



Obrázek 1.6 Foto teplotní senzoru DS18B20

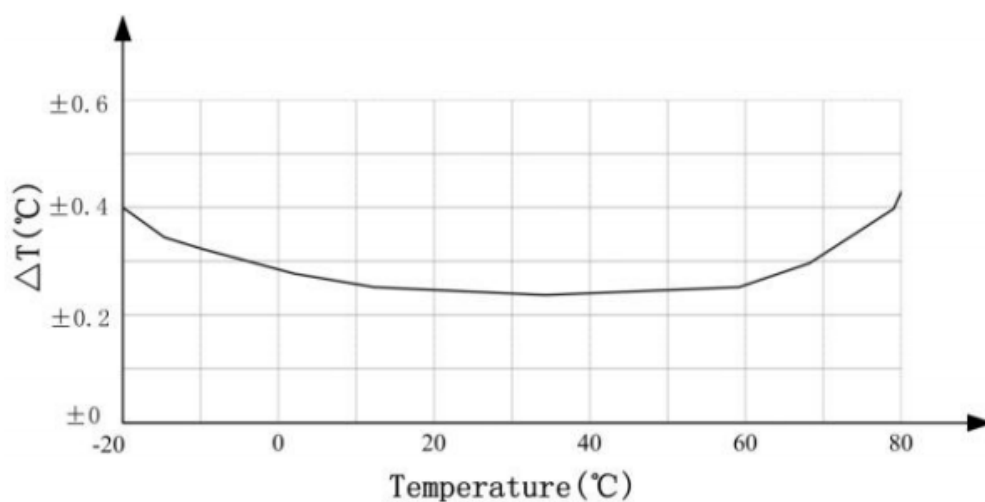


Obrázek 1.7 Foto teplotní senzoru DS18B20

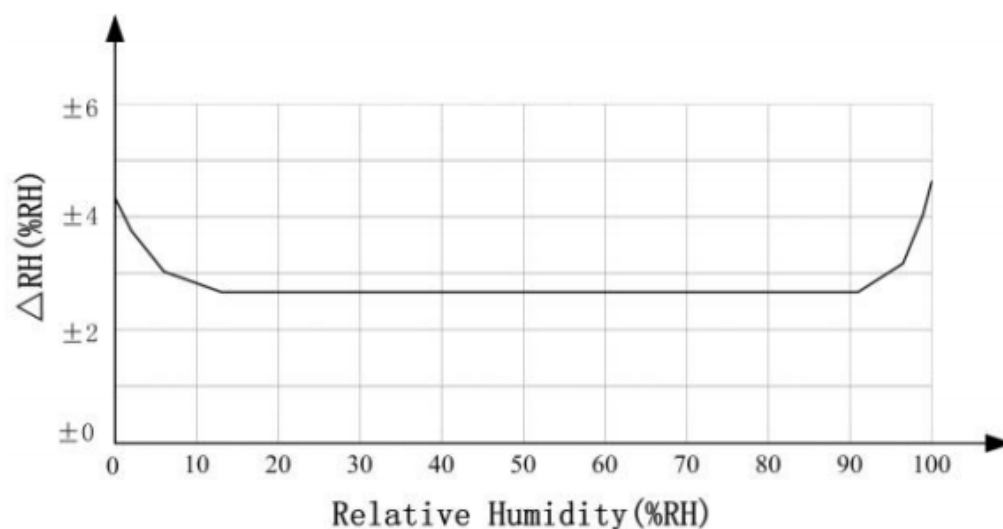
1.2.2 AM2302[a7]

Jedná se další často využívané čidlo, především proto že je součástí DHT22 teplotního senzoru. Obrovskou výhodou toho čidla je, že dokáže s teplotou měřit i relativní vlhkost vzduchu. Co už není taková výhoda je jeho přesnost viz. (Obrázek 1.7) oproti předchozímu DS18B20 (Obrázek 1.6), přestože AM2302 je schopno rozlišit měřenou hodnotu teploty na 16 bitů.

Pro komunikaci čidlo využívá Single-bus komunikační protokol, jedná se o upravenou verzi 1-Wire protokolu, přesto je nelze zaměňovat.



Obrázek 1.8 Graf odchylky při měření teploty pomocí AM2302[a7]



Obrázek 1.9 Graf odchylky při relativní vlhkosti pomocí AM2302

1.3 Termočláanky[a1]

Termočlánek využívá termoelektrického jevu. Vlastnosti tohoto jevu jsou, že na rozhraní dvou různých kovů vzniká malé napětí, které je závislé na teplotě (Seebeckův jev). Díky tomu lze termočlánek požit pro měření velkého rozsahu teplot s relativně velkou přesností. Bezespornou výhodou tohoto typu teplotního sensoru je jeho časová stálost.

Termočláanky se dělí podle kombinace kovů, anebo podle jejich kalibrace. Nejčastěji se můžeme setkat s kalibracemi, které se značí J, K, E, T, (viz obrázek 1.8), kde je přehled jejich vlastností.

Označení termočláunku dle IEC 584	Původní označení	Měřicí rozsah [°C]
T	Cu-CuNi, Cu-ko	- 200 až 350
J	Fe-CuNi	- 200 až 750
E	NiCr-CuNi, ch-ko	- 100 až 900
K	Ni-Cr-Ni, ch-a	- 200 až 1200
N	NiCrSi-NiSi	- 200 až 1200
S	PtRh10-Pt	0 až 1600
R	PtRh13-Pt	0 až 1600
B	PtRh30-PtRh6	300 až 1700

Obrázek 1.10 Tabulka přehledu termočláanků [a9]

2. ROZBOR IOT CLOUDŮ

Cloudové služby pro IoT jsou v dnešní době rychle se rozvíjející služba, jejíž cílem je logování a vizualizace dat. Každá služba je specifická, především se liší v tom, jak můžeme data zobrazovat, kolik můžeme připojit čidel, jak často můžeme data do cloudu posílat nebo z jakých čidel můžeme vysílat.

Důležitým faktorem při výběru IoT cloudu je především, pro jaké zařízení nebo pro jaký typ čidel je služba určena. Některé služby jsou vyhrazeny pouze pro originální Arduino zařízení nebo existuje služba, která je určena především pro venkovní senzory. Kupodivu se v tohle případě nejedná o nějaký nesmysl zákaz, ale služba se snaží chránit samotné uživatele[a11].

Společným průsečíkem většiny služeb je podpora MQTT protokolu, který se využívá pro odesílání dat do cloudové služby. Tento protokol je vysvětlen dále v této práci.

V době psaní této práce existuje obrovské množství těchto služeb, seznam nejpoužívanějších můžeme nalézt v (Tabulka 1.2).

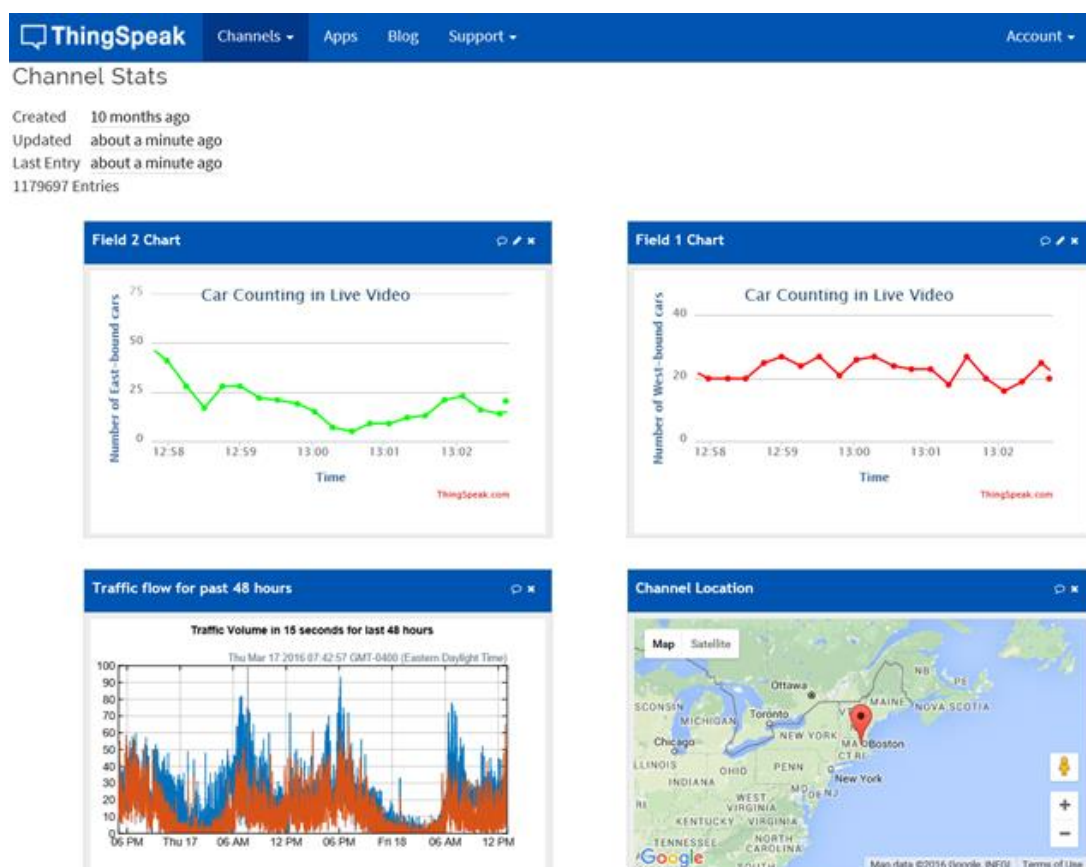
Tabulka 2.1 Tabulka nejpoužívanějších IoT cloudu

Název cloudu	Webová stránka projektu
ThingSpeak	https://thingspeak.com/
TMEP	https://tmep.cz/
IoT GURU cloud	https://iotguru.live/
ArduinoIoTcloud	https://login.arduino.cc/
openHAB	https://www.openhab.org/
IBMCloud	https://cloud.ibm.com/login
Cloud IoT Core	https://cloud.google.com/iot-core
Fogwing	https://www.fogwing.io/
Axonize	https://www.axonize.com/platform/
Blynk	https://blynk.io/
DATADOG	https://www.datadoghq.com/product/
Bevywise	https://www.bevywise.com/iot-platform/

2.1 ThingSpeak

Jedná se o online aplikaci, která je v poslední době velice rozšířená, k jejím přednostem především patří, že ji lze využívat bezplatně, ovšem za určitými omezeními. Bezplatná verze nabízí zprávu maximálně 4 kanálů s celkovým maximálním počtem 3 milionů zpráv za rok. Dalším limitem je limit intervalu aktualizace zpráv a to 15 sekund. Data uložená v cloudu jsou omezena u bezplatných účtů na 10 milionů, z toho vyplývá že data v cloudu budou uložena něco málo přes 3 roky, s minimálním intervalem aktualizace. [a12].

Důvodem, proč je tato služba v poslední době velice rozšířená je z toho důvodu, že kolem aplikace existuje docela velká komunita lidí, která vydává mnoho návodů, jak tuto používat. Obrovskou výhodou je možnost zpracovávat přijatá data pomocí matlabu, díky kterému, můžeme data přepočítávat, vyvozovat z nich nějaké závěry a zobrazovat nejrůznější průběhy v grafech.



Obrázek 2.1 Ukázka z uživatelského rozhraní ThingSpeak [a16]

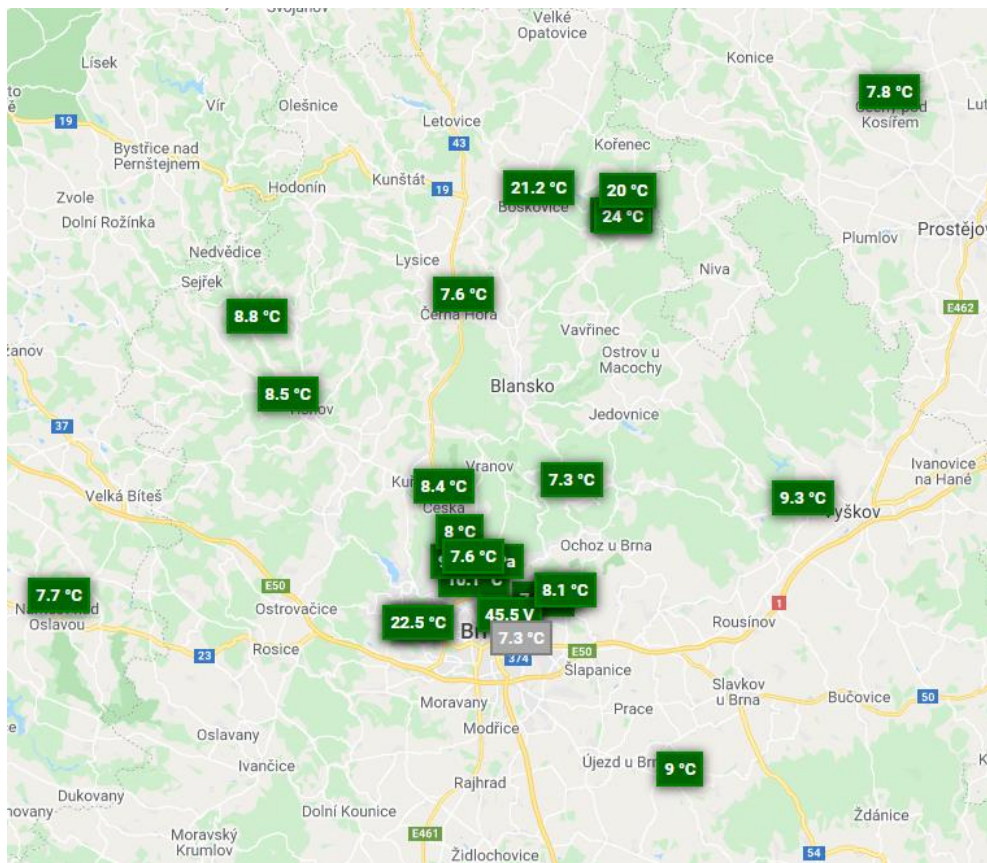
2.2 TMEP

Cloudová služba TMAP je ryze českou záležitostí, protože v ní můžeme nalézt pouze venkovní čidla na území české republiky a blízkého okolí. Motivací této služby, je shromažďovat meteorologická data z celého území ČR, proto je potřeba sdílet i GPS souřadnice čidla. Většina uživatelů vystavuje svoje čidla veřejně, tak aby se k jejím naměřeným datům mohl kdokoli dostat.

Provozování 3 čidel bez komerčního užití je zcela zdarma, dokonce údaje z čidel nemusí být veřejně vystaveny, stačí když u čidla nejsou uvedeny GPS souřadnice. Podmínkou pro zajištění správné činnosti je, potřeba posílat data každou minutu, v nejhorším případě každých 5 minut. Zásadní informací, je že služba nepodporuje MQTT protokol, místo toho jsou data odesílány pomocí HTTP GET dotazu na port 80.

Teplota není jediný parametr, který lze posílat, často se teplota kombinuje s vlhkostí vzduchu, nebo atmosférickým tlakem, výjimkou není zasílání hodnoty napětí na baterii.

Další výhodou je, že zjednodušená verze celého projektu, podporující jedno čidlo, je vystavena jako open source a dá se stáhnout z GitHubu.



Obrázek 2.2 Mapa čidel vyexportovaná 6.12.2020 v 17:15 z portálu [13]

2.3 openHAB

Jak už je patrné z názvu jedná se o open source projekt, který je primárně určený k automatizaci chytrých domů. Cloudová služba předpokládá provoz vlastního serveru v lokální síti nebo serveru ve veřejném internetu, která bude jenom pro účely daného chytrého domu. Za účelem připojení vyvíjené termostatu by taková služba byla hodně velký a finančně nákladný luxus, ovšem komunita z openHAB foundation provozuje i online službu myopenHAB, která instalací openHABu, která je zdarma. [14]

MyopenHAB je sice především určen k prezentačním a testovacím účelům, přesto nezakazují, využití této aplikace pro provoz osobních čidel, ale má to malé riziko. Služba negarantuje to, že bude stále fungovat nebo, že se data po čase nesmažou, zkrátka použití je na vlastní nebezpečí.

Pro účely vyvíjené termostatu nebo na testování během vývoje je optimální. Hlavně pokud budeme chtít termostat využívat spíše nárazově, jednou za čas. Poslední dobou není problém požit malý deskový počítač např. raspberryPi, který lze v domácnosti používat jako server, na kterém by mola běžet tato aplikace. V dnešní době je mnoho domů, které už takový malý domácí server mají a v budoucnu se zvyšujícím se zájmem o inteligentní domy bude takový server standart, proto by bylo dobré, aby termostat byl kompatibilní a snadno připojitelný i na tento cloudový systém. Podpora MQTT protokolu je u této aplikace samozřejmostí.

2.4 MQTT

Protokol můžeme najít pod označením ISO/IEC 20922 a jeho zkratka znamená „Message Queuing Telemetry Transport“ v překladu: „zprávu dotazující telemetrický přenos“. MQTT pracuje na sedmé aplikační vrstvě a pracuje na TCP/IP protokolu, je navržen tak aby byl lehký a moc nezatěžoval datový přenos. Hlavním cílem je publikování a přijímání zpráv mezi zařízeními, vyznačuje se obousměrností, bezztrátovostí a neprohráváním pořadím zpráv. Díky tomu se bezvadně hodí pro komunikaci mezi zařízeními stroj-stroj, nebo k nasazení do IoT zařízení, protože nezatěžuje běh zařízení a nepotřebují nebo nemají velkou šířku pásma, dokonce je odolný proti velkým latencím v síti.

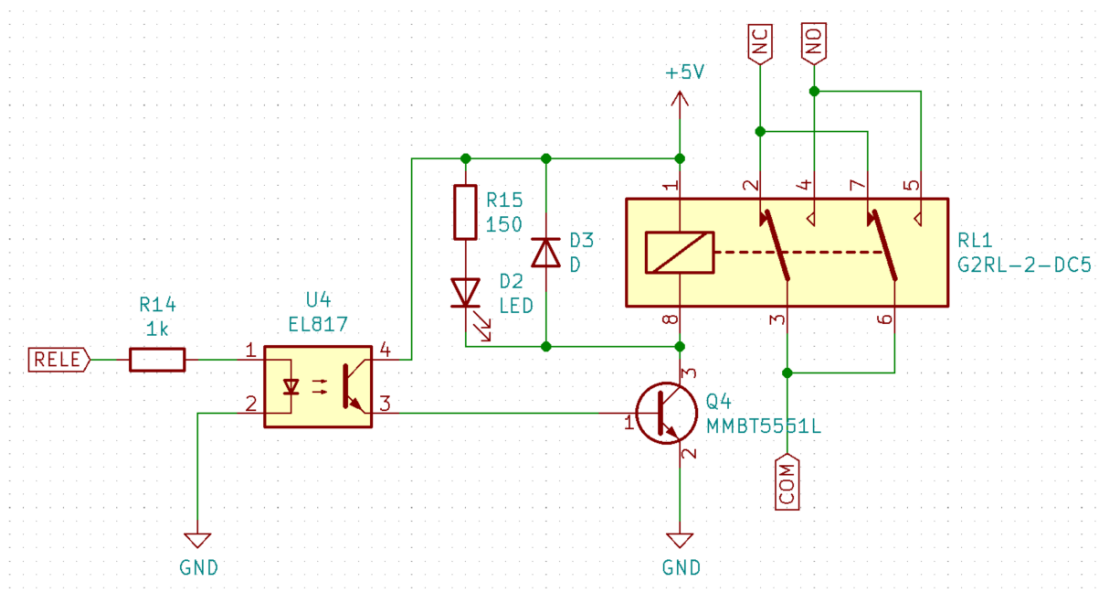
V dnešní době existuje mnoho verzí MQTT, nejaktuálnější je MQTT version 5.0. I přesto je potřeba dodat, že protokol neřeší žádnou autentizaci a bezpečnost, proto je dobré ho zkombinovat ještě s TLS. Protokol dále podporuje QoS, díky kterému můžeme zprávě přiřadit prioritu podle jak je důležitá. Priorita zpráv se dělí do tří kategorií, doručit maximálně jednou, doručit alespoň jednou a doručit pouze jednou. [15]

3. TECHNICKÉ PROVEDENÍ ZAŘÍZENÍ

3.1 Schéma zapojení a výpočty hodnot

Ze zadání projektu vyplývá, co všechno musí zařízení obsahovat a jaké parametry musí jednotlivé součástky splňovat. V tohle případě máme zadané, že zařízení má obsahovat ESP8266, což je mikrokontroler, který má v sobě implementované wifi rozhraní, kterého máme využít ke komunikaci se zařízením a pomocí, kterého mají být odesílána data do IoT cloudu. Celé schéma zapojení je v přílohách tohoto dokumentu.

Dále bychom se měli zaměřit na periferie, zařízení má být schopné spínat topení nebo nějaký výhřevný spotřebič. Existuje mnoho způsobů, kterými by tohle šlo vyřešit, například můžeme topení spínat pomocí triaku nebo vhodným zapojením tyristorů. Elegantnější a spolehlivější způsob je použití relé, sice pracuje jen ve stavech vypnuto, zapnuto, zato je galvanicky oddělené ovládací napětí od spínaných kontaktů. Při výběru by se nemělo zapomenout na to, že relé musí být schopné spínat síťové napětí 230 V a proud 16 A.



Obrázek 3.1 Schéma zapojení obvodu relé.

Na obrázku 3.1 je vidět finální obvod pro ovládání relé, jak už jste si mohli povšimnout je relé ovládané kaskádou z tranzistoru a optočlenu. Má to dva důvody, první abychom byly galvanicky odděleny od spínacího obvodu relé, které pracuje v 5 V od mikrokontroleru, který pracuje na 3,3 V. Volba tranzistoru byla provedena následovně, napětí napájecího zdroje je 5 V proto je potřeba hledat tranzistor který snese 3násobek toho napětí tedy 15 V což splňuje skoro každý, dalším důležitým parametrem je

maximální proud tranzistorem ten je vypočten v rovnici 3.1, R_{civky} je katalogová hodnota pro zvolené relé a značí odpor cívky.

$$I_{c, tranz} = \frac{U_{VCC}}{R_{civky}} = \frac{5}{62} = 81 \text{ mA} \quad (3.1)$$

Vypočtená hodnota je 81 mA ale stejně jako u pracovního napětí tuto hodnotu ztrojnásobit, je hledán tranzistor s hodnotou maximální proudu alespoň 250 mA. Proud tranzistorem může být chvilkově vyšší než teoreticky spočtený, například při zapnutí nebo vypnutí.

Výpočet potřebného proudu pro sepnutí relé je uveden v rovnici 3.2, kde β_{tranz} je zesílení tranzistoru a U_{VCC} je 5 V, poslední hodnota R_{civky} je katalogová hodnota pro zvolené relé a značí odpor cívky.

$$I_{b, tranz} = \frac{I_{c, tranz}}{\beta_{tranz}} = \frac{U_{VCC}}{\beta_{tranz} \cdot R_{civky}} = \frac{5}{80 \cdot 62} = 1 \text{ mA} \quad (3.2)$$

Z toho jasně plyne, že tranzistor je možné spínat přímo pinem na mikrokontroleru, kde je pro ESP8266 povolen proud 12 mA.

Dále jak můžete vidět je zapojena ochranná dioda, abychom nezničili tranzistor, dále je k vinutí relé paralelně připojen signalizační dioda, která bude indikovat v jaké re relé poloze. Hodnota odporu R15 je zatím orientační. Bude dopočítána podle rovnice 3.3, kde U_{VCC} je napájecí napětí 5 V, U_d a I_d jsou pracovní bod diody.

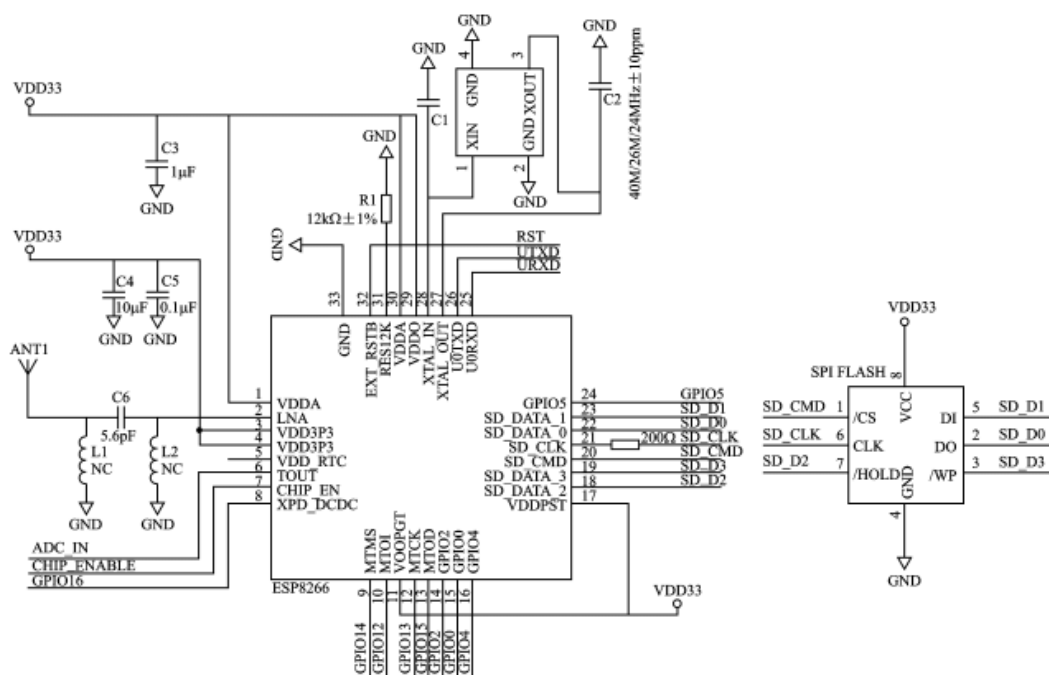
$$R_{13} = \frac{U_{VCC} - U_d}{I_d} \quad (3.3)$$

Termostat by neplnit svoji funkci, kdyby neuměl měřit teplotu, proto zařízení obsahuje konektor, do kterého můžeme připojit jedno z vše popsanych digitálních čidel. Pro univerzálnost je na desce osazen konektor RJ13 (samice 4P4C) do kterého můžeme zasunout konektor RJ10 (samec 4P4C). Z toho vyplývá, že desce bude teplotní čidlo připojeno pomocí kabelu kde na jedné straně bude čidlo a na druhém konci konektor RJ10.

Ne zcela zjevnou komponentou, kterou musí zařízení obsahovat je přepínač, díky, kterému, bude možné vybírat v jakém režimu má zařízení fungovat. Při návrhu je uvažováno se dvěma stavy, režim AP při, kterém bude zařízení fungovat jako přístupový bod na který se můžeme připojit, nebo režim klient, v kterém se zařízení připojí k předem nastavené wifi síti.

Dalším důležitou částí obvodu je USB to UART převodník Obrázek 3.2, pro ten je použit integrovaný obvod CH340G, který je použit i v mnoha vývojových deskách s ESP.[a17] Jeho výhodou je to že z jeho pouzdra vyvedeny i ovládací piny pro RS232, dva z těchto pinů se dva využívají jako řídicí signály pro přepnutí ESP do režimu bootu nebo běhu, díky tomu můžeme mikrokontroler programovat bez nutnosti nějaké jiné akce na desce, jako například přepnutí tlačítka nebo přidáním propojky.

zdroj, který je schopen dodávat až 700 mA dlouhodobě s krátkodobým zatížením až na 1 A.



Obrázek 3.3 Schéma zapojení USB převodníku na UART.

V každé z těchto destiček je osazen čip s označením ESP8266EX jedná se čip původně zamýšlený jako interface pro wifi zařízení. Jedná se plnohodnotný mikrokontroler s architekturou Tensilica L106 32-bit RISC, díky které je velice nenáročný na spotřebu energie. Navíc je v čipu rovnou implementováno celé wifi rozhraní. Dostatečný výkon toho mikrokontroleru umožnil, že sám může vykonávat program a nepotřebuje nadřazenou jednotku.

3.2 Výroba a návrh DPS

Před samotným návrhem DPS je potřeba vybrat krabičku, pro tento projekt byla vybrána krabička od firmy KRADEX s výrobním označením Z27J, která už obsahuje dva konektory jeden typu samec druhý typu samice oba pro síťové napětí 230 V, které se používají na uzení české republiky.

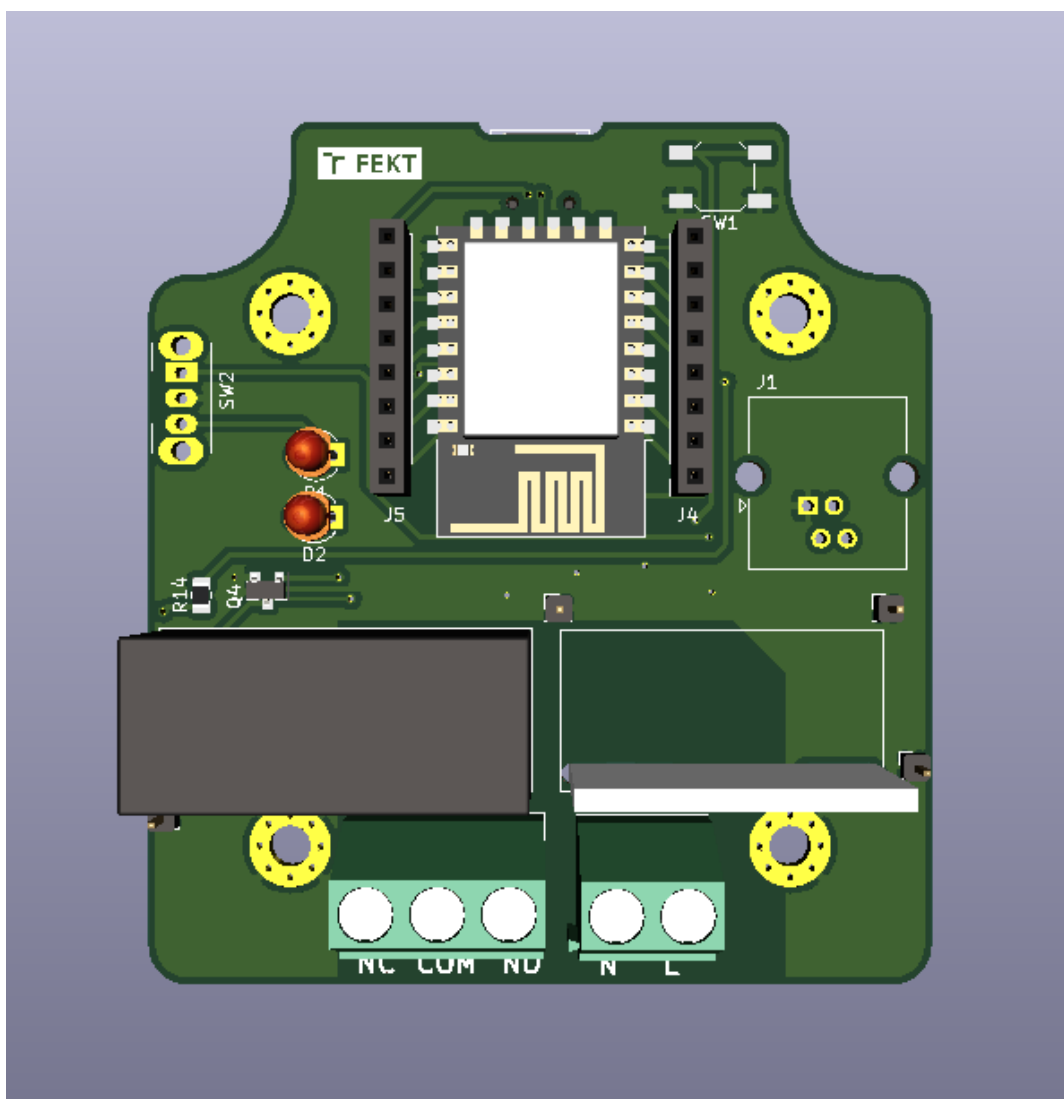
Po výběru krabičky bylo přikročeno návrhu samotné desky. Rozměry desky jsou přímo přizpůsobeny tak aby se vlezla do vybrané krabičky, tak aby seděli montážní otvory na předpřipravené plošky.

Návrh desky a kreslení schémat bylo provedeno v programu KiCAD, který byl zvolen hlavně kvůli tomu, že umožňuje exportování 3D modelu navržené desky, dalšími

výhodami programu je velká knihovna součástek a jejich snadná editace. Celý program je distribuován jako open source díky tomu existuje velká komunita lidí, kteří jsou ochotni poradit s jakýmkoli problémem, který potřebuje v programu vyřešit.

Návrh počítá s použitím SMD a vývodových součástek, a to hlavně kvůli tomu, aby se ušetřilo místo na desce, rozměry desky jsou limitovány rozměrem krabíčky. U některých prvků, především u relé, přepínače, zdrojové desky a konektorů není možné použít povrchovou montáž. U signalizačních led diod je také uvažována vývodová montáž, a to z důvodu, aby se led diody mohly namontovat do krytu krabíčky a nemusely být řešeny, světlovody, které by světlo přenášely z desky na povrch krabíčky.

Do projektu také byly přidána patice na připojení dalších prvků, pro tuto patici byl zvolen rozteč a uspořádání pinů jako na dece wemos [a17]. Díky tomu není nutné osazovat desku přímo esp deskou, ale může se využít toho, že na tuto patici se připojí deska wemos.

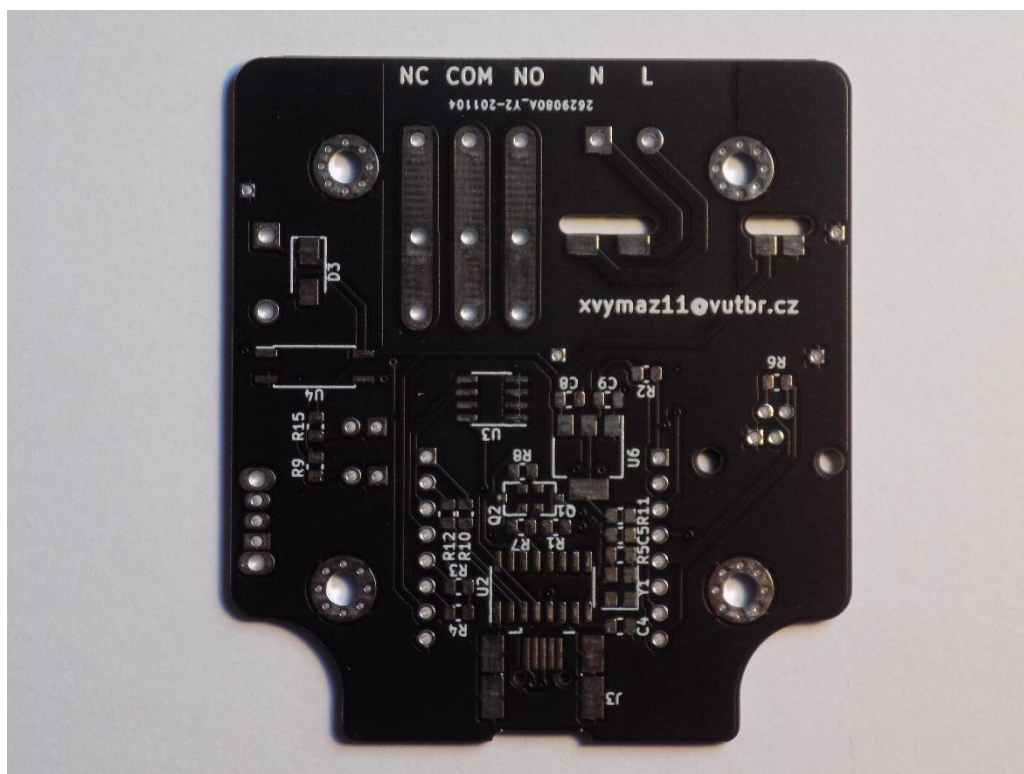


Obrázek 3.4 3D model navržené desky, export KiCad.

3.3 Osazení a oživení DPS

Dalšími nástroji použitými k osazení DPS byla mikropájka a horkovzdušná pistole, na osazení krystalu u obvodu USB to UART převodníku. Osazované součástky byly zakoupeny v e-shopu ebay.com nebo v tme.cz.

27



Obrázek 3.6 Vyrobená deska foto zadní strana

Na obrázku 3.6 je pohled na zadní stranu desky, zde jsou připraveny kontakty na připojení relé a svorkovnici, na které bude připojena spínaná zásuvka s proudem 16 A. Z norem pro návrh desek se dá vyčíst, že při tloušťce mědi 35 μm by poradovaná šířka musela mít více jak 2,5 mm, z toho důvodu se uvažuje přidání pomocného spojení pomocí cínu, a to na po celé délce cest.

3.3.1 Oživení

Deska byla postupně osazována a její periferie byly hned testovány. Díky této metodě byla hned na začátku nalezena chyba. Deska komunikovala s počítačem, ale nešel do mikrokontroleru nahrát kód. Chybu se povedlo odhalit, byla působena použitím špatného pouzdra u tranzistorů Q1 a Q2, které mají za úkol při nahrávání programu přetnout ESP do režimu bootu.

Další periferie byly také odzkoušeny, komunikace s EEPROM pamětí funguje, bez problémů, stejně tak bezproblémově funguje spínání relé. Jediný problém, který se objevil je ten, že ESP nechce komunikovat s teplotním čidlem ds18b20, které bylo provizorně připojeno. Do dnešního dne se problém nepodařilo vyřešit. Pravděpodobně bude problém se špatným kontaktem v JR10 konektoru, který primárně není určen pro slané vodiče, pomocí kterých je čidlo připojeno.

4. ZÁVĚR

Semestrální práce se v úvodu zabývá problematikou měření teploty, tato problematika je zde hodnocena z pohledu použitelnosti pro vyvíjený výrobek. Tato teorie nepřináší nic nového spíše zahrnuje celou problematiku a hledá vhodného adepta, který by se dal použít k měření teploty, těmi byli nakonec vybrány digitální čidla ds18b20 a DHT22.

V další části se práce zaměřuje na rozbor několika IoT cloudů, shrnuje jejich klady a zápory. Z této části by měla být vybrána nějaká služba, která pak bude následně použita pro ukládání dat ze zařízení. Svázání zařízení s konkrétní službou není dobrý nápad protože, není garantováno, jak dlouho budou tyto služby nabízeny nebo se na trhu může objevit nová, která bude vhodnější než ta, se kterou by zařízení bylo svázáno. Z toho důvodu je snaha, aby zařízení bylo univerzálnější a bylo schopno migrovat ze služby na službu, proto je zde nastíněn protokol MQTT, který tyto služby podporují a s velkou pravděpodobností budou podporovat i v budoucnu.

V poslední části se práce věnuje samotnému vývoji desky, kterou se povedlo vyrobit a částečně osadit. Testováním periferií byly objeveny určité problémy ty se, ale dají snadno vyřešit, jako například zrcadlově otečené tranzistory, které je potřeba při pájení otočit, aby deska fungovala zprávně.

Co práce přináší nového není myšlenka elektrického termostatu ale myšlenka připojení a regulace takového zařízení pomocí bezdrátového spojení. Většina dnešních podobných termostatů tuto možnost nemá a pro jejich regulaci k nim člověk musí přijít a ručně je přenastavit.

Budoucností toho projektu je naprogramování řídicího mikrokontroleru, a vývoj potřebných podpůrných programů, které budou potřeba pro získání plnohodnotného funkčního zařízení. Projekt by dále mohl být rozšířen i možností regulace i bez použití bezdrátového spojení, kde by se důležitá data zobrazovala na display, který by se dal připojit na patice wemos.

LITERATURA

- [1] BRZOBOHATÝ Lukáš: Měření teploty. Brno, 2011. 19s., CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.
- [2] Čidla teploty Pt 100: datasheet [online]. SENSIT HOLDING [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <http://remaxcz.com/old/katalog/snimace/teplota/kl/char/Pt100.pdf>
- [3] A
- [4] EARNSHAW, Alan and Norman Neill GREENWOOD. 1993. Chemie prvků. Přeložil František JURSIK. Praha: Informatorium, Svazek I.
- [5] Polovodiče Termistory: závody práškové metalurgie Šumperk [online]. Šumperk: obchodně technická služba a propagace s. p., 1990 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <http://www.ferity.cz/termistory/negohm.pdf>
- [6] ŠPRINGL, Vít. Měření teploty: polovodičové odporové senzory teploty. Vyvoj.hw.cz: teorie-a-praxe [online]. 19. Srpen 2004 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/mereni-teploty-polovodicove-odporove-senzory-teploty.html>
- [7] DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer: datasheet [online]. [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>
- [8] Temperature and humidity module AM2302 Product Manual: datasheet [online]. Aosong(Guangzhou) Electronics Co. [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <http://robotchip.ru/download/datasheet/AM2302-Datasheet.pdf>
- [9] Měření teploty termočlánky. Www.vutbr.cz [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=53351
- [10] JARONĚ, D. Metody identifikace teplot brzdových systémů vozidel. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 51 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Hejtmánek, Ph.D.
- [11] Video ?? LinuxDays - 3.10.2020 - IoT domov aneb pozvěte si zloděje domů (Petr Šrámek)
- [12] ThingSpeak™: Licensing FAQ [online]. 2020 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: https://thingspeak.com/pages/license_faq
- [13] Portál TMEP.cz: Mapa čidel [online]. [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: <https://tmep.cz/mapa/>
- [14] Portál: myopenHAB [online]. 2020 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://www.myopenhab.org>
- [15] ICS : 35.100.70 APPLICATION LAYER. ISO/IEC 20922:2016: Information technology — Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) v3.1.1. 2016. 2016.
- [16] SHURE, Loren. THE MATHWORKS, INC. Explore your IoT data with ThingSpeak and MATLAB: blog [online]. 2016 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://blogs.mathworks.com/loren/2016/03/23/explore-your-iot-data-with-thingspeak-and-matlab/>

- [17] Portál: EscapeQuotes [online]. 2016 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://escapequotes.net/esp8266-wemos-d1-mini-pins-and-diagram/>
- [18] Portál: JLCPCB.COM [online]. 2020 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://jlcpcb.com/>
- [19] Olovnaté a bezolovnaté pájky. Portál: KONDIK.cz [online]. 01.02.2019 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://www.kondik.cz/olovnata-a-bezolovnata-pajka>

LITERATURA

- [20] *Portál Citace.com* [online]. 2014 [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: www.citace.com
HLAVSA, Zdeněk. *Pravidla českého pravopisu*. Vydání 3. Praha: Academia, 2017. ISBN 978-80-200-2755-9.
- [21] *Směrnice č. 72/2017 Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací. VUT v Brně* [online]. Brno: VUT v Brně, 25.3.2019 [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/uredni-deska/vnitri-predpisy-a-dokumenty/smernice-72-2017-uprava-odevzdavani-a-zverejnovani-zaverecnych-praci-d161410>
- [22] *ČSN ISO 690: Informace a dokumentace - Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [23] *ČSN ISO 7144: Dokumentace - Formální úprava disertací a podobných dokumentů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1997.
- [24] *ČSN EN ISO 80000-2: Veličiny a jednotky - Část 2: Matematické znaky a značky užívané v přírodních vědách a technice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
- [25]

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A - NAMĚŘENÉ HODNOTY CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.

Příloha A - Schéma zapojení vyvíjené DPS

