

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2022

Stanislav Hajný



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

SYSTÉM AUTOMATIZOVANÉHO ZAVÍRÁNÍ NA ZÁKLADĚ SVĚTELNÝCH PODMÍNEK

AUTOMATED CLOSING SYSTEM BASED ON LIGHTING CONDITIONS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Stanislav Hajný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Hošek, Ph.D.

BRNO 2022

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Telekomunikační a informační systémy**

Ústav telekomunikací

Student: Stanislav Hajný

ID: 164273

Ročník: 3

Akademický rok: 2021/22

NÁZEV TÉMATU:

Systém automatizovaného zavírání na základě světelných podmínek

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem bakalářské práce bude návrh a vývoj automatizovaných dveří, která budou fungovat na principu snímání hladiny venkovního osvětlení. Čas zavření se tedy bude během roku měnit. Světelný senzor nesmí reagovat na krátkodobé zastínění, posvícení baterkou či svit měsíce. Navržená řídicí jednotka bude postavena na vybraném jednodeskovém počítači a měla by mít optimalizovanou spotřebu energie, aby byla zajištěna dlouhodobá výdrž při napájení z baterií. Záložní napájení bude řešeno pomocí micro-USB konektoru. Celkové provedení musí být vhodné pro instalaci do venkovního prostředí (rozsah teplot -20 °C až + 35°C).

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] LIBERG, Olof, Mårten SUNDBERG, Y.-P. Eric WANG, Johan BERGMAN a Joachim SACHS, [2018]. Cellular Internet of things: technologies, standards, and performance. San Diego, CA, United States: Academic Press, an imprint of Elsevier. ISBN 978-012-8124-581.

[2] VÁŇA Vladimír, [2009]. ARM pro začátečníky, Praha: BEN - technická literatura. ISBN 978-80-7300-2.

Termín zadání: 7.2.2022

Termín odevzdání: 31.5.2022

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Hošek, Ph.D.

prof. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
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

Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací automatizovaných dveří na základě světelných podmínek. Jako hlavní výpočetní jednotka je použit modul ESP32. Výsledný návrh se skládá z napájecí části a výpočetní části. V první části je popsána teorie IoT a solárních systémů. Dále jsou popsány jednotlivé dílčí součástky. Další část se věnuje návrhu zařízení a v poslední je popsána výsledná realizace a výsledky.

KLÍČOVÁ SLOVA

ESP32, Internet věcí, BQ24650, deska plošných spojů

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with the design and implementation of automated doors based on lighting conditions. The ESP32 module is used as the main computing unit. The final design consists of a power supply part and a computing part. The first part describes the theory of IoT and solar systems. Next, the individual subcomponents are described. The next part deals with the design of the device and the last describes the final implementation and results.

KEYWORDS

ESP32, Internet of Things, BQ24650, printed circuit board

HAJNÝ, Stanislav. *Systém automatizovaného zavírání na základě světelných podmínek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2022, 54 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Hošek, Ph.D.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení autora:	Stanislav Hajný
VUT ID autora:	164273
Typ práce:	Bakalářská práce
Akademický rok:	2021/22
Téma závěrečné práce:	System automatizovaného zavírání na základě světelných podmínek

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/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

podpis autora*

* Autor podepisuje pouze v tištěné verzi.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Jiřímu Hoškovi, Ph.D. a panu Ing. Ondřeji Krajsovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Obsah

Úvod	10
1 Teoretická část	11
1.1 IoT	11
1.2 Solární systémy	11
1.3 Koncepce práce	12
2 Výběr komponent a návrh konstrukce	13
2.1 Hardware	13
2.2 Konstrukce dvířek	20
3 Návrh zapojení	23
3.1 Blokové schéma zapojení	23
3.2 Schéma zapojení - napájecí část	24
3.3 Schéma zapojení - operační část	24
3.4 Návrh řídicího programu	29
4 Výsledný Hardware a Software	31
4.1 Programová část	31
4.2 Návrh obvodu	39
4.3 Konstrukční část	40
5 Oživení desky	44
Závěr	46
Literatura	47
Seznam symbolů a zkratk	49
Seznam příloh	50
A Přílohy	51
B Obsah elektronické přílohy	54

Seznam obrázků

2.1	ESP32-WROOM-32U	15
2.2	Optický senzor OPT3002	16
2.3	AM312	17
2.4	DS18B20	17
2.5	článek 18650	18
2.6	Konstrukční hliníkový profi	20
2.7	Osa krokového motoru s řemenicí	21
2.8	3D model konstrukce dvířek	21
2.9	3D model konstrukce dvířek, pohled z boku	22
3.1	Blokové schéma zařízení	23
3.2	ESP32 s regulátorem a bateriovou částí	24
3.3	ESP32 s DRV8833	25
3.4	senzor světla a PIR	26
3.5	senzor teploty DS18B20	27
3.6	ESP32 s tlačítky a RGB LED	28
3.7	Vývojový diagram	29
4.1	DPS	39
4.2	První řešení konstrukce dvířek	40
4.3	3D model konstrukce dvířek, druhé řešení	41
4.4	Druhé řešení konstrukce dvířek	42
4.5	Konstrukce dvířek s externími senzory	43
4.6	Vnitřní uspořádání krabičky	43
5.1	Oživení desky	44
5.2	Složená elektrikářská krabička	45
5.3	Kompletní provedení	45
A.1	Blokové schéma zařízení	51

Seznam výpisů

4.1	Funkce Setup()	32
4.2	Volba adresy I2C pro komunikaci	33
4.3	Funkce pro otevření a zavření dvířek	34
4.4	Zapsání teplot do proměnných	35
4.5	Nastavení odesílání dat	35
4.6	odesílání jednotlivých dat	36
4.7	Funkce pro otevření a zavření dvířek	37
4.8	Funkce pro otevření a zavření dvířek	38

Úvod

Cílem této práce je navrhnout dvířka, která budou automaticky otevírána či zavírána na základě světelných podmínek. Návrh se bude skládat z napájecí části, kde hlavní součástí bude modul BQ24650, a výpočetní části, kde jako hlavní výpočetní jednotka bude užit modul ESP32, který bude komunikovat s jednotlivými senzory. Díky těmto sensorům bude měřit intenzitu světla a teplotu okolního prostředí. Tato data budou odeslána do databáze prostřednictvím protokolu HTTP. Zároveň na základě intenzity osvětlení dojde k otevření či zavření dvířek. Práce je psána postupně nejprve od teoretických základů, následuje výčet a popis jednotlivých komponent a návrhem konstrukce dvířek. Dále pokračuje návrhem zapojení, po kterém následuje popis skladby programu jeho dílčích částí. V poslední části je popsán způsob řešení a následná kompletace zařízení.

1 Teoretická část

1.1 IoT

Internet věcí - Internet of Things - IoT

Pod pojmem Internet věcí lze zahrnout veškerá zařízení připojená k internetu, která mezi sebou komunikují. Díky tomu lze od jednotlivých přístrojů získávat informace, které lze dále zpracovat. Lze je využít pro domácí použití stejně jako pro průmyslovou výrobu. Zařadit zde můžeme jednoduché senzory, sofistikovaná řešení výroby, nebo také chytré telefony. V tomto pojmu nejsou obsažena pouze jednotlivá zařízení, ale i síť sloužící právě ke komunikaci mezi nimi.

Využití Internetu věcí

Hlavním smyslem a cílem využití IoT je co největší ulehčení práce člověka nebo její nahrazení za použití elektrických přístrojů. Lze to považovat za spojení fyzického a digitálního světa. Toho je možné v dnešní době docílit převážně díky cenově dostupným technologiím jako jsou levné senzory, nebo např. mikrokontrolery. Díky určitým síťovým protokolům lze zajistit výměnu dat a tedy propojit jednotlivá zařízení mezi sebou, nebo data ukládat na cloud a využít je ke strojovému učení nebo analýze.

Ve spotřebitelské oblasti jsou zařízení využity např. jako součást tzv. chytré domácnosti, kde je lze využít k měření teploty v domě, dálkovému ovládnutí vytápění či osvětlení atp. Lze se s nimi setkat i v komerční oblasti a v průmyslu. Jak již bylo zmíněno, slouží ke zvýšení efektivnosti, zjednodušení a ulehčení práce člověku. [1],[2]

1.2 Solární systémy

S rostoucí spotřebou elektrické energie a snahou snížit znečištění ovzduší se stále více lidé snaží oprostit od fosilních paliv a využívat obnovitelné zdroje. V tuto dobu se nejvíce snažíme využívat energii planety, konkrétně ve formě tepla (geotermální energie) nebo větru (větrné elektrárny). Další možností je využití energie ze Slunce, zde také tepelnou, (solární ohřev), nebo ji převést na energii elektrickou. K tomu nám slouží fotovoltaické panely. Velice oblíbeným cílem u použití panelů je dosažení částečné nebo úplné soběstačnosti a minimalizování závislosti na externí distribuci energie. V závislosti na tomto řešení je samozřejmě nutné počítat také s akumulací energie, neboť v noci dochází k minimální výrobě elektřiny. Je tedy nutné s tímto problémem počítat a během dne vyrobit dostatečné množství elektřiny a tu následně uchovat v akumulátorech.

K získávání energie ze slunce a jejího převodu na energii elektrickou slouží solární panely, přesnější termín je fotovoltaický panel. Jedná se o zařízení, které se skládá z jednotlivých článků pracujících na principu fotoelektrického jevu. Pokud na panely dopadá sluneční záření, stává se z něj zdroj elektrické energie. Tato energie je ale velice kolísavá, je zde mnoho faktorů, které ji ovlivňují. Velikost výstupního proudu je závislá na množství slunečního záření, které se mění nejen v různých ročních obdobích, ale také i změnami počasí. Například v zimě je množství záření nejmenší a může být ještě nižší díky mrakům na nebi. Největšího záření můžeme dosáhnout v létě, když je jasno. Bohužel to ale není jistotou dosažení maximální energie. Velikost výstupního napětí je totiž ovlivněno změnami teploty, tedy v létě díky velkému zahřívání panelu dochází ke snižování napětí.

Samozřejmě se nejedná o bezchybné a bezproblémové řešení. Účinnost dnešních panelů je pouze kolem dvaceti procent. V případě fotovoltaických elektráren dochází k zabírání místa, většinou polí, která by se dala využít k pěstování plodin. Dále u panelů a akumulátorů dochází vlivem času k degradaci a tedy snížení kapacity / účinnosti a problém také nastává s případnou recyklací. Vývoj ale pokročil velice dopředu a stále dochází k nalézání lepších, sofistikovanějších řešení, díky kterým se daří tento problém postupně řešit. Je důležité také zmínit, že k tomu dochází převážně díky různým nařízením vlád a zpřísněním podmínek, které nutí výrobce investovat nemalé peníze do výzkumu.

1.3 Koncepce práce

V této práci bude řešeno otvírání dvířek do kurníku na základě světelných podmínek. Zařízení se bude skládat z hlavního mikrokontroleru, který bude zajišťovat veškerou funkčnost. K němu bude připojen senzor intenzity světla, na základě čehož bude docházet k otevírání nebo zavírání dvířek. Tuto funkci bude zajišťovat krokový motor. K této základní funkci bude zařízení také snímat teplotu a data bude pomocí Wifi posílat na webovou stránku, kde bude možné si data prohlédnout. Napájení zde bude řešeno pomocí solárního panelu. Cílem je tedy dosažení samostatnosti a tedy nezávislosti na elektrickém vedení.

2 Výběr komponent a návrh konstrukce

2.1 Hardware

BQ24650

Pro získávání optimálního množství elektrické energie je nutné vybavit zařízení, napájené solárním panelem, mezičlánkem, který bude kontrolovat výkon panelu a regulovat jej. K tomu slouží regulátory dělící se podle principu funkčnosti na PWM a MPPT. PWM regulátor využívá pulzně šířkovou modulaci, kterou využije v okamžiku, kdy je baterie nabitá. Při nabíjení vede do baterie tolik proudu, kolik je schopný solární panel vyprodukovat a to tak dlouho, dokud není dosaženo cílové napětí. Pokud je hodnota napětí baterie blízko této hodnotě, regulátor pomocí PWM modulace připojuje a odpojuje baterii od panelu, tím je dosaženo nabití baterie a také jsou díky tomu chráněny proti přebíjení. MPPT regulátor je v podstatě DC/DC měnič, který je schopný optimalizovat výstupní napětí z panelů na optimální hodnotu potřebnou a bezpečnou pro nabití baterií. Přebytné napětí je převedeno na proud, dochází zde k mnohem efektivnějšímu využití energie z panelů oproti PWM regulaci a tedy k vyšší účinnosti.

Pro tuto práci byl vybrán MPPT regulátor BQ24650 od firmy Texas Instruments. Je určen pro solární panely produkující napětí v rozmezí 5 až 28 voltů. Lze jej použít k více druhům baterií. Má v sobě implementovanou vstupní přepětovou ochranu a detekci absence baterie. Hodnota vstupního napětí je snímána pinem MPPSET, který je připojen mezi dva rezistory, ve schématu označené jako $R3$ a $R4$, zapojené do série. Napětí na tomto pinu je regulováno na hodnotu 1,2 Voltů. Pomocí tohoto napětí a hodnot zmíněných rezistorů lze vypočítat velikost regulačního napětí

$$V_{MPPSET} = 1,2 \text{ V} \cdot \left(1 + \frac{R3}{R4}\right). \quad (2.1)$$

V tomto případě je hodnota rezistorů zvolena $R3 = 499k\Omega$ a $R4 = 35k\Omega$ pro napětí 18,2 V, což je hodnota napětí na solárním panelu, který zde bude použit.

Obdobným způsobem dochází k měření připojené baterie. Pin VFB je připojen mezi sériové spojení dvou rezistorů, ve schématu označené $R1$ a $R2$. Referenční napětí je v tomto případě 2,1 V. Volbou rezistorů $R1$ a $R2$ je nastaveno celkové napětí baterií podle rovnice

$$V_{BAT} = 2,1 \text{ V} \cdot \left(1 + \frac{R2}{R1}\right). \quad (2.2)$$

Pro tuto práci je hodnota rezistorů zvolena $R1 = 100k\Omega$ a $R2 = 290k\Omega$ pro napětí 8,2 V.

Maximální nabíjecí proud je nastaven hodnotou rezistoru R_{SR} . K tomuto rezistoru je připojen regulátor piny SRP a SRN. Pro maximální přesnost měření je důležité využití Kelvinovi metody. V našem případě je zde dle rovnice

$$I_{CHARGE} = \frac{40 \text{ mV}}{R_{SR}} \quad (2.3)$$

počítáno s hodnotou $R_{SR} = 40 \text{ m}\Omega$ pro maximální nabíjecí proud 1 A. [3]

ESP32

V dnešní době existuje několik možností volby mikrokontroléru. Pro tuto práci byl však vybrán modul ESP32 od společnosti Espressif Systems. Tento modul lze využít pro široké spektrum aplikací, jak pro jednoduché senzory, tak i pro komplikovanější úkoly jako je například dekodování zvuku. CPU obsahuje dvě jádra, která lze ovládat samostatně. Frekvenci lze nastavit na hodnotu 80 MHz až 240 MHz. Tento modul se také vyznačuje nízkou spotřebou. Na trhu existuje několik druhů modulu kvůli různým potřebám uživatelů. Pro tuto práci byl vybrán modul ESP32-WROOM-32U. [4]

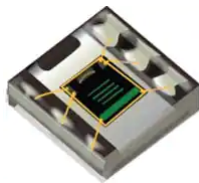


Obr. 2.1: ESP32-WROOM-32U [5]

Protokol	802,11 b/g/n, Bluetooth v4,2
Modulace	CCK, DSSS, OFDM
Kmitočet	2,4 GHz – 2,5 GHz
Datová rychlost	150 Mbps
Rozhraní	GPIO, I ² C, I2S, PWM, SDIO, SPI, UART
Anténa	konektor IPEX pro připojení externí antény
Paměť	448 kB ROM, 536 kB SRAM, 16 MB Flash
Napájecí napětí	3,0 V – 3,6 V
Provozní teplota	-40 °C – 85 °C

OPT3002

Jedná se o plně integrovaný digitální senzor světla komunikující přes I^2C sběrnici. Tento senzor lze nakonfigurovat na automatický režim nastavení rozsahu pro světelné podmínky. Lze jej využít v nepřetržitém provozu i při jednorázových měřeních.[6]



Obr. 2.2: Optický senzor OPT3002 [7]

Úroveň měření	$1,2 \text{ nW/cm}^2 - 10 \text{ mW/cm}^2$
Spektrum	300 nm – 1000 nm
Provozní proud	1,8 μA
Datová rychlost	150 Mbps
Rozhraní	I^2C
Napájecí napětí	1,6 V – 3,6 V
Provozní teplota	-40 °C – 85 °C

DRV8833

Pro řízení krokového motoru byl vybrán driver DRV8833. Obsahuje vestavěnou ochranu proti nadproudu, ochranu proti zkratu a přehřátí. Lze využít i režim spánku a tím snížit spotřebu. Vstupní napětí je v rozsahu 2,7 až 10,8 voltů, tedy je schopen pracovat při hodnotě napětí baterií 8,2 V, se kterou je v této práci počítáno. Maximální výstupní proud je 1,5 A.[8]

PIR detektor

K detekci pohybu při zavírání dveří bude použit modul s PIR senzorem AM312. Jedná se o digitální modul. Pro práci s ním není potřeba výrazných úprav obvodu. Díky nízkému provoznímu napětí a pracovnímu proudu je vhodný k ESP32. [9]



Obr. 2.3: PIR detektor AM312 [10]

Pracovní proud	$12\mu A - 20\mu A$
Pracovní napětí	2,7 V – 3,3 V
Provozní teplota	-40 °C – 85 °C

DS18B20

K měření teploty budou využity dvě čidla DS18B20. Tato čidla jsou velice oblíbená díky jejich ceně, příznivé přesnosti a také v jednoduchosti komunikace s mikrokontrolérem. Pro přenos dat využívají sběrnici 1-Wire, která je podobná sběrnici I^2C , avšak disponuje mnohem nižší přenosovou rychlostí. Nicméně pro přenos těchto čidel je dostačující.[11]



Obr. 2.4: Externí čidlo teploty DS18B20 [12]

Rozsah měření	-55 °C – 125°C
Přesnost měření	$\pm 0,5$ v rozsahu -10 °C až +85°C

Baterie

V této práci je počítáno s neustálým připojením zařízení k solárnímu panelu. Je tedy nutné zde zakomponovat bateriové články, které budou uchovávat energii a dodávat ji při nedostatečném slunečním záření, když bude zataženo nebo noc. Zároveň je ale také důležité počítat s venkovními podmínkami. V tomto případě je důležité se zaměřit hlavně na venkovní teplotu, která může klesnout i pod bod mrazu. Obecně tyto teploty žádným akumulátorům příliš nesvědčí. Nakonec byly vybrány Lithium-iontové články. Rozmezí teplot udávaných výrobcem je až do $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, tedy pro toto řešení jsou články použitelné. Celkově se bude jednat o zapojení čtyř článků. Budou zapojeny sério-paralelně. Díky sériovému zapojení bude dosaženo napájecího napětí až $8,4\text{ V}$ kvůli napájení driveru a krokovému motoru. Paralelní zapojení zaručuje vyšší proud, který v tomto případě nebude tak častý, nicméně je tímto celkovým zapojením zaručena delší životnost. V případě ztráty kapacity jednoho článku je zařízení stále schopné i nadále fungovat.



Obr. 2.5: Lithium-iontové akumulátory [13]

Typ článku	ICR18650P – 5C Doublepow
Kapacita	2600 mAh, 9,62 Wh
Pracovní napětí	2,8 V až 4,2 V

Krokový motor

Otevírání dvířek bude zajišťovat krokový motor. Ačkoli je počítáno s co nejmenší hmotností dvířek, byl pro jistotu zvolen motor s dostatečnou silou. Z důvodu největší zkušenosti byl zakoupen motor Nema-17. Přesné označení motoru je JK42HS40-1304F. Tento motor je často doporučován a používán u různých staveb 3D tiskáren. Měl by tedy být pro plánovaný mechanismus plně dostačující. Je možné na trhu sehnat motorky pracující i při nižším napětí, avšak za cenu vyššího odebíraného proudu. V této práci je uvažováno o serio-paralelním spojení čtyř akumulátorových článků pro dostatečné napětí a proud, tedy pro dostatečnou sílu motoru.

LDO

Pro napájení mikrokontroléru ESP32 a všech senzorů, tj. senzor intenzity světla, teploty a pohybu je potřeba snížit napájecí napětí. To je z důvodu napájení krokového motoru úmyslně zvýšené sériovým spojením článků, tedy na hodnotu až 8,4 V. Ačkoliv senzory jsou schopné pracovat s napětím 3,3 i 5 Voltů, ESP32 potřebuje pouze 3,3 Voltů. Z tohoto důvodu je do obvodu zakomponován lineární regulátor napětí. Bylo provedeno zapojení s využitím přímého napájení ESP32 pomocí jednoho článku LiFePO4. Bohužel toto řešení nebylo funkční a došlo ke zničení ESP32. Nejspíše se jednalo o příliš vysoké napětí díky nabíjení MPPT regulátorem. Celkově bylo od tohoto způsobu zapojení upuštěno a byl zvolen regulátor LM1117 od Texas Instruments s pevně nastavenou hodnotou výstupního napětí 3,3 Voltů, tedy není potřeba dalších externích součástek potřebných k dosažení potřebného napětí. K regulátoru postačí, na doporučení výrobce, připojit na vstup a výstup tantalové kondenzátory kvůli odezvě a stabilitě.

Tlačítka

Kromě základních TACT tlačítek, které budou použity k ovládání zařízení ze strany uživatele, jsou součástí návrhu také dva koncové spínače. Ty budou na obou stranách dvířek a jejich funkce spočívá v přerušení otvírání, respektive zavírání dvířek. Budou připojeny k mikrokontroléru připojeny vždy pomocí dvo vodičů, nebudou ale součástí zařízení, budou umístěny na konstrukci dvířek, kde bude docházet k jejich stisknutí díky „nárazu“ dvířek.

Solární panel

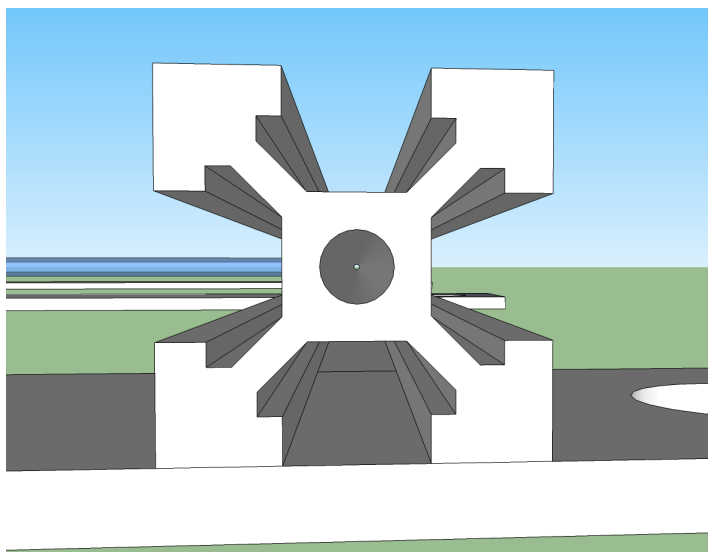
Výrobu elektrické energie bude zajišťovat solární panel, pro tuto práci byl zakoupen panel značky Solarfam. Jedná se o monokrystalický panel, tedy by měla být jeho účinnost vyšší než v případě polykrystalického. Naproti tomu monokrystalický panel bude mít horší výsledky, když bude zataženo. Vzhledem k nízkým výkonům, které je panel schopen dodat, je tento rozdíl zanedbatelný. Panel je vybaven dvěma konektory MC4 (PV-ST01). Panel se nachází v hliníkovém rámu a je zakrytý tvrzeným sklem zajišťující ochranu proti nrazu. [14]

Max. napětí naprázdno	21,5 V
Max. zkratový proud	1,98 A
Max. napětí při zátěži 30 W	18,2 V
Max. proud při zátěži 30 W	1,65 A
Max. systémové napětí	1000 V
Pracovní teplota	-40 °C – 85 °C

2.2 Konstrukce dvířek

Ačkoliv lze samotná dvířka brát jako nepodstatnou věc, opak je pravdou. Jejich návrh, respektive jejich pozdější konstrukce totiž hraje důležitou roli. Obecně je na trhu mnoho konstrukčních řešení, od klasických dvířek, které se otevírají do strany, přes výklopná až po různá řešení posuvem. Volba mechanismu je hlavní faktor, od kterého se konstrukce bude odvíjet. Lze samozřejmě k tomu přistupovat opačně a tedy mechanismus určit na základě typu dvířek. Původní myšlenka konstrukce spočívala v jednoduché plastové destičce pohybující se v kolejničkách, která se bude navíjet a tedy tím bude docházet k otevírání, respektive zavírání. S tímto způsobem se lze velice často setkat. V této práci se však využije mechanismu posunu nejčastěji užívaném například v tiskárnách.

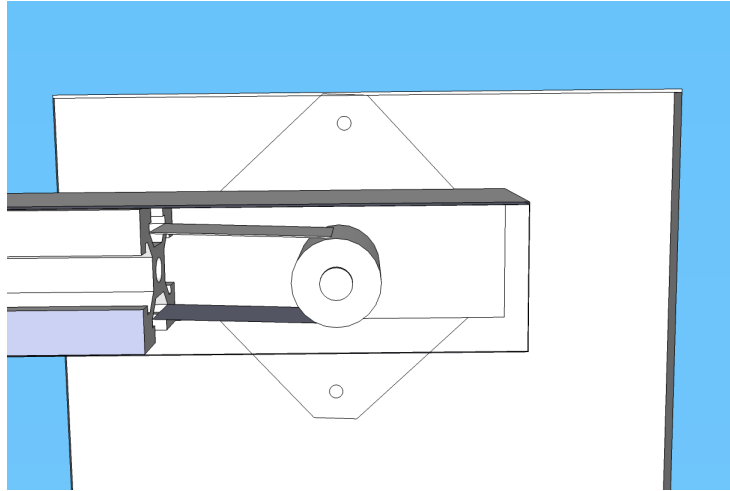
Dvířka budou vsazena do kolejnič, ve kterých se budou pohybovat. K tomu bude sloužit krokový motor, který svým otáčením přesouvá pohyb pomocí řemenu. Tento způsob bude lepší v případě, že bude potřeba otevírání dvířek do strany. Základní konstrukce, tj. rám dvířek bude složen z hliníkových profilů často užívaných při stavbě 3D tiskáren. Díky materiálu, ze kterého je vyroben je zajištěna dostatečná odolnost vůči okolnímu prostředí. Návrh konstrukce byl vymodelován v programu SketchUp verze 7 od společnosti Google.



Obr. 2.6: Konstrukční hliníkový profil

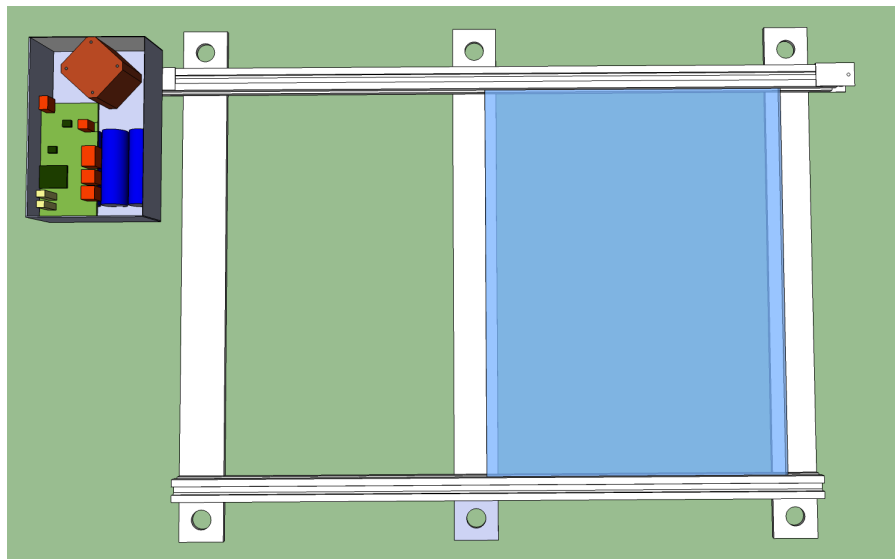
Profil má rozměry 20x20 mm s šířkou drážky 5,2 mm. Konstrukce se bude skládat ze dvou těchto profilů, dvířka budou vyrobena z plastu, aby bylo dosaženo co nejmenší hmotnosti. Budou vsazena do drážek, ve kterých se budou následně pohybovat. Zároveň k dvířkám bude připevněn řemen, pomocí kterého bude docházet

k přenosu pohybu z krokového motoru. Na následujícím obrázku je zaměřený pohled právě na tento způsob otevírání.



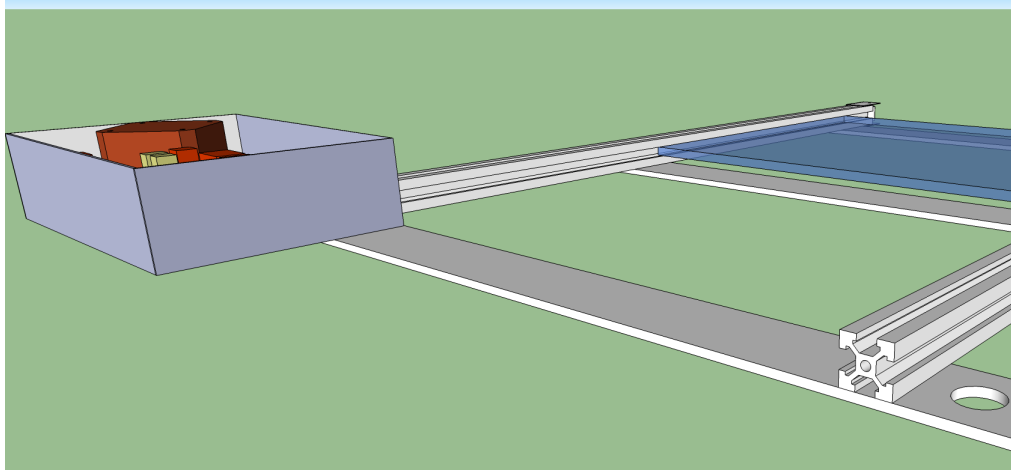
Obr. 2.7: Osa krokového motoru s řemenicí

Na následujících obrázcích je vidět celková konstrukce dvířek.



Obr. 2.8: 3D model konstrukce dvířek

Návrh konstrukce byl vyexportován do souboru ve formátu *.kmz, který lze pro nahlédnutí otevřít například v programu Google Earth.



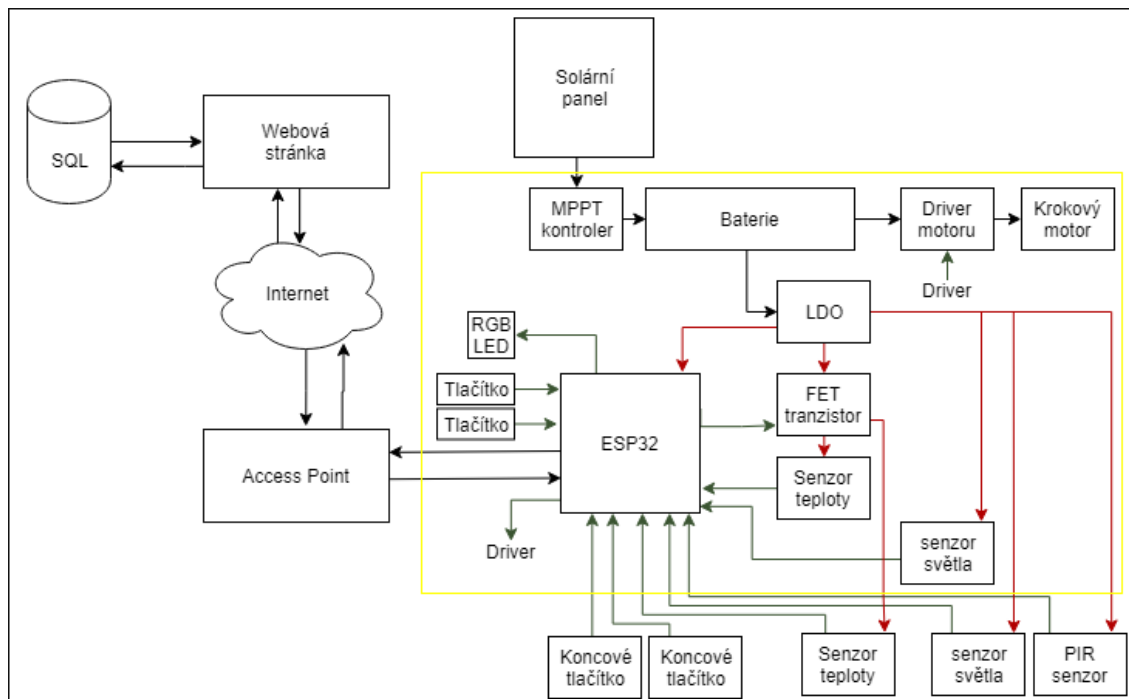
Obr. 2.9: 3D model konstrukce dvířek, pohled z boku

Oba hliníkové profily budou spojeny pomocí tří hliníkových pásů o šířce 4 centimetry a tloušťce 3 milimetry.

3 Návrh zapojení

3.1 Blokové schéma zapojení

Na následujícím obrázku je vidět základní blokové schéma zařízení.



Obr. 3.1: Blokové schéma zařízení

Zdrojem elektrické energie zde bude solární panel. Ve žlutém rámování se nachází pouze prvky, které se budou nacházet ve výsledné krabici. Jedná se o baterie, které zde slouží k uchování energie hlavně k napájení zařízení během noci, dále krokový motor ovládající mechanismus otevírání/zavírání dveří a samozřejmě DPS. DPS lze rozdělit na dvě jednotlivé části, na napájecí část, která se skládá z obvodu s BQ24650 a operační část, která se skládá z mikrokontroléru a jednotlivých periférií. Další periférie se nachází mimo krabici, jedná se o externí senzor osvětlení, teploty, PIR detektor a koncová tlačítka sloužící k zastavení otevírání, resp. zavírání dveří.

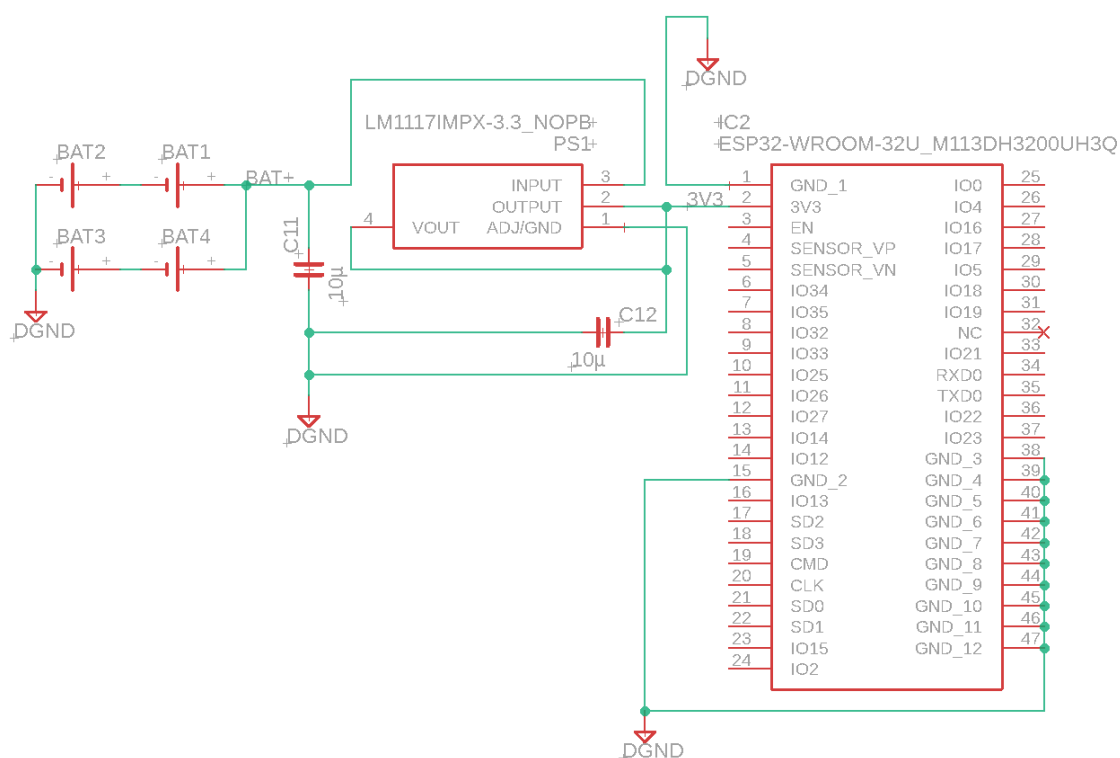
3.2 Schéma zapojení - napájecí část

Při vytváření schématu s BQ24650 se vycházelo z doporučeného návrhu od výrobce, hodnoty součástek byly voleny tak, aby odpovídaly požadavkům výsledného zařízení. Výsledné schéma zapojení viz. přílohy.

3.3 Schéma zapojení - operační část

V této části bude popsán návrh jednotlivých bloků operační části.

ESP32, LDO a baterie



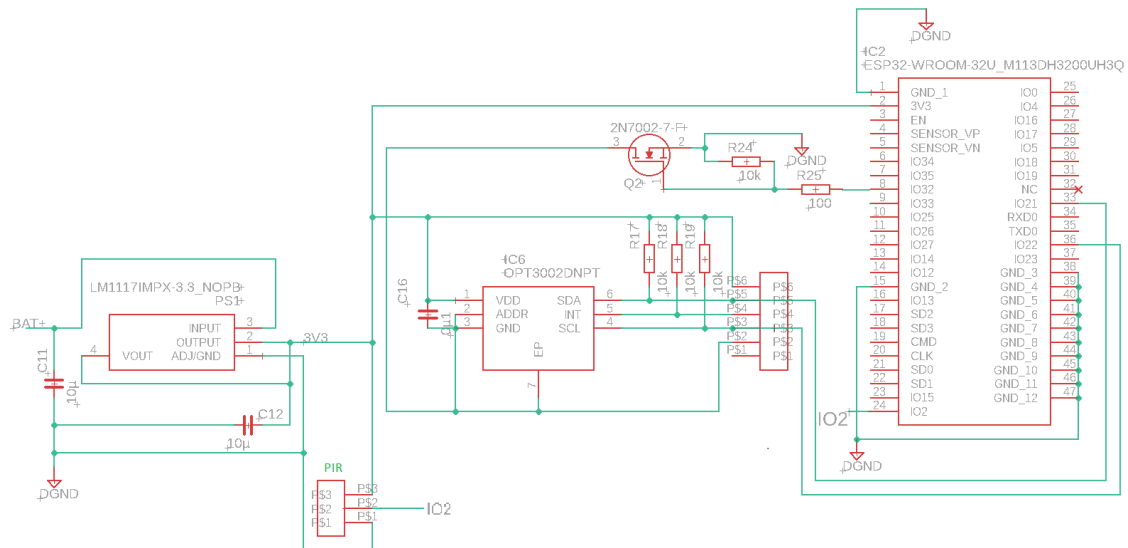
Obr. 3.2: ESP32 s regulátorem a bateriovou částí

Většina senzorů použitých u tohoto návrhu je schopna pracovat s napětím 3,3 a 5 voltů. Zařízení ESP32 pracuje pouze s napětovou úrovní 3,3 voltů. Tato hodnota také bude u všech částí v obvodu využívána. Vyjimku zde tvoří driver motoru. Kvůli napájení této části bylo zvoleno vyšší napětí, konkrétně na 7,2 voltů. Toho docílíme sériovým spojením dvou článků. V návrhu je dále pro zvýšení kapacity použito dvou těchto spojení. Napětí je stále 7,2 voltů, avšak je docíleno vyšší kapacity a také ochrany v případě ztráty kapacity jednoho článku. K té může dojít, neboť u článků vlivem

Na obrázku je vyznačena část schématu znázorňující připojení ESP32 a driveru motoru. Je vycházeno ze schématu výrobce. Na pin 12 driveru je přivedeno napájení baterie. Řídící vstupy AIN1 a AIN2 jsou připojeny k pinům IO16 a IO17 u ESP. Vstupy BIN1 a BIN2 potom k pinům IO19 a IO18. Výstupní pin NFAULT zde slouží k proudové ochraně. V normálním stavu je na pinu logická nula. Pokud dojde k detekci nadměrného proudu nebo přehřátí, úroveň se změní. Pin NSLEEP je také vstupní, slouží ke spuštění driveru. Pokud je na tento pin přivedena logická 1, dojde k jeho spuštění, v opačném případě je driver v úsporném režimu, kdy odebírá minimální proud. Rezistory R11 a R12 zde slouží ke stanovení prahové hodnoty proudu. Pro nastavení proudu na 1,3 A byla zvolena hodnota $150m\Omega$ podle rovnice

$$I_{CHOP} = \frac{200mV}{R_{ISENSE}}. \quad (3.1)$$

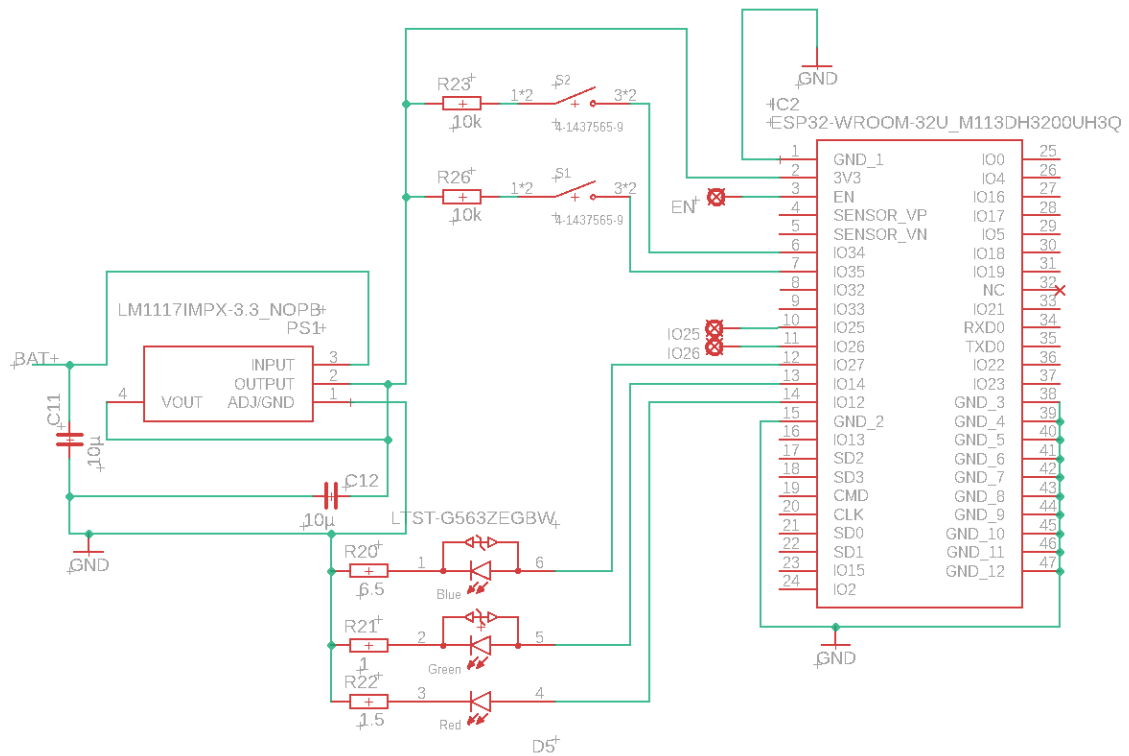
ESP32, senzor světla a PIR detektor



Obr. 3.4: schéma zapojení ESP32 se senzorem světla a PIR

Na obrázku je zobrazená část schématu znázorňující připojení ESP32 se senzorem světla a PIR detektorem. PIR detektor se bude nacházet mimo krabičku zařízení, tedy je zde znázorněn pouze konektor, pomocí kterého bude připojen. Pro připojení je potřeba tří vodičů, dva slouží k napájení, tedy 3,3 V a GND, a jeden je pro data. PIR detektor bude měnit logickou úroveň na základě detekce. Tento pin je připojen na pin IO33 u ESP. Optický senzor využívá ke komunikaci sběrnici I^2C , piny SDA a SCL jsou tedy připojeny k pinům IO21 a IO22 u ESP, které jsou výchozí pro komunikaci pomocí I^2C . Pin IO21 pro SDA a pin IO22 pro SCL. V návrhu je

ESP32 a tlačítka

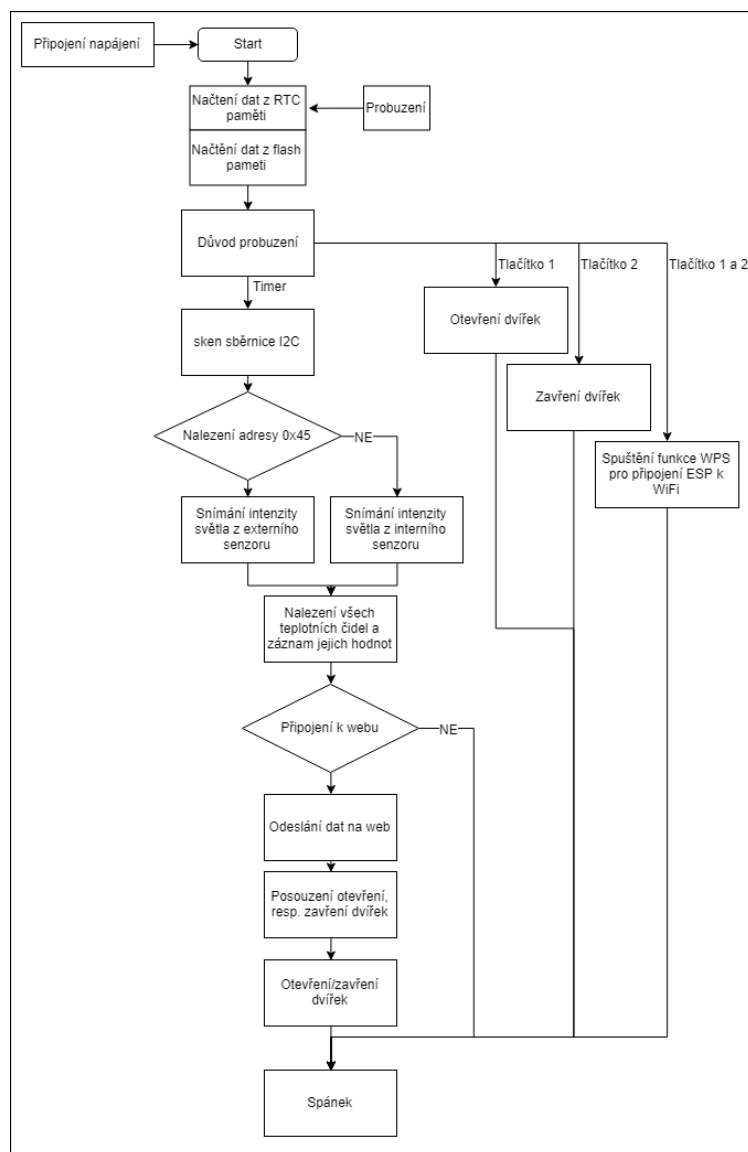


Obr. 3.6: schéma zapojení ESP32 s tlačítky a RGB LED

Na obrázku je zobrazená část schématu, která znázorňuje připojení ESP32, tlačítek a RGB LED. Přímou na desce budou dvě tlačítka, která budou sloužit k ovládní zařízení ze strany uživatele. Dále jsou ve schématu znázorněny piny, ke kterým budou připojena další dvě tlačítka. Ta se budou nacházet mimo krabičku, jejich funkce bude spočívat v zastavení otevírání, respektive zavírání dvířek. Konektor BT1 bude na DPS umístěn vedle konektoru EN a pomocí jumperu bude možné uvést ESP32 do provozu.

3.4 Návrh řídicího programu

Na následujícím obrázku je vidět základní vývojový diagram, podle kterého se bude zařízení řídit.



Obr. 3.7: Vývojový diagram

Po spuštění zařízení, resp. po připojení napájení dojde v prvním kroku k načtení dat z RCT paměti a následně z paměti FLASH. Následuje definice způsobu probuzení. V případě, že došlo k probuzení pomocí časovače, dojde nejprve se skenování sběrnice I^2C . Pokud k zařízení bude připojeno externí čidlo, dojde ke snímání intenzity pomocí něj. V opačném případě bude použito čilo interní. V dalším kroku dojde nejprve k nalezení všech teplotních čidel, kromě interního bude možné při-

pojit i přídatný. Následně dojde k záznamu jedné, popř. dvou hodnot. Dále dojde k pokusu o navázání spojení s webovou stránkou a pokud bude pokus úspěšný, dojde k odeslání dat na tuto stránku. V další části dojde k vyhodnocení intenzity osvětlení. Zařízení se bude probouzet každých 15 minut. V každém tomto úseku dojde ke změření intenzity osvětlení. Pokud úroveň bude nad nastavenou hodnotou, tedy bude intenzita větší a budou zavřená dvířka, dojde k jejich otevření. Pokud bude naopak úroveň menší než nastavená hodnota a dvířka budou otevřená, dojde následně k jejich zavření. Nakonec zařízení přejde do režimu spánku. Na desce se budou nacházet dvě tlačítka, která budou sloužit k obsluze zařízení. Pokud dojde ke stisku prvního z nich, dojde k otevření dvířek. Pokud dojde ke stisku druhého tlačítka, dojde naopak k zavření dvířek. Pokud budou stisknuta obě tlačítka současně, dojde ke spuštění funkce WPS, pomocí které bude možné připojit zařízení k AP pomocí WiFi.

4 Výsledný Hardware a Software

4.1 Programová část

Současně s návrhem konstrukce DPS a dvířek byl testován a vyvíjen program, který následně má být použit k nahrání do mikrokontroléru. K testování byla použita vývojová deska NodeMCU, která obsahuje čip ESP32, převodník USB/UART a napěťový regulátor. Napájena je pomocí USB, pomocí kterého lze i programovat. Programování bylo po celou dobu testování řešeno pomocí samostatného USB/UART převodníku z důvodu co nejvěrnější simulace výsledného zařízení. Konektor USB zde byl použit pouze k napájení. Samotný program byl psán ve frameworku Arduino IDE. K vytvoření výsledného programu byly využity postupy a knihovny volně dostupné na internetu, nejčastěji z databáze prostředí Platform.io. Všechny jsou distribuovány pod GNU nebo MIT licencí.

Použité knihovny

WiFi.h Knihovna využívána k veškeré práci spojení s WiFi

eps_wps.h Knihovna k připojení zařízení k WiFi pomocí technologie WPS

Stepper.h Knihovna k ovládání krokového motoru

OneWire.h Knihovna k využití komunikace pomocí sběrnice OneWire

DallasTemperature.h Knihovna k získávání dat z teplotního senzoru

HTTPClient.h Knihovna pro vytváření HTTP požadavků (GET, POST, PUT)

Wire.h Knihovna potřebná pro komunikaci pomocí sběrnice I2C

ClosedCube_OPT3002.h Knihovna pro senzor snímání intenzity světla

Funkce Setup()

Základní program se skládá ze dvou funkcí. První je funkce Setup() a druhou je funkce Loop(). Při spuštění programu se nejprve provede operace Setup() a je provedena pouze na začátku a to pouze právě jednou. Druhá funkce Loop() je následně prováděna stále dokola. V tomto návrhu využita pouze první z těchto možností, neboť v návrhu bude využíváno uspání zařízení. Na následujícím výpisu je znázorněný obsah této funkce. V prvním kroku zde dochází k definování IO12, IO14 a IO27, které budou využity pro RGB LED a piny SLEEP a FAULT, které jsou nastavené pro IO4 a IO5. Následně dochází k volání jednotlivých funkcí, které vykonávají potřebné operace. Funkce snimani() slouží k zaznamenání hodnoty světla. K tomu využívá knihovnu Wire.h kvůli komunikaci pomocí sběrnice I^2C a ClosedCube_OPT3002.h pro kalibraci senzoru a výčet hodnoty.

Výpis 4.1: Funkce Setup()

```
void setup(){
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(14, OUTPUT);
  pinMode(27, OUTPUT);
  pinMode(SLEEP, OUTPUT);
  pinMode(FAULT, INPUT);
  snimani();
  jakje();
  teplota();
  sql();
  ++bootCount;
  print_wakeup_reason();      // funkce důvodu probuzení

  esp_sleep_enable_ext1_wakeup(...);
  esp_sleep_enable_timer_wakeup(...);
  esp_deep_sleep_start();
}
```

Volba adresy I^2C

Výsledné zařízení bude využívat dva senzory světla. První se bude nacházet přímo na desce a druhý bude možné připojit externě. Pokud bude ale připojen externí senzor, je nutné, aby se data vyčítala pouze z něj. Funkce snimani() byla tedy upravena o podmínku, ve které dojde ke zvolení adresy určené ke komunikaci.

Výpis 4.2: Volba adresy I2C pro komunikaci

```
    if (adresa == 69) {                                     // 0x45 Hexadecimálně
        Serial.println("externí_senzor\n");
#define OPT3002_ADDRESS 0x45                             // adresa sebzoru 0x45
        ...
        configureSensor();
        ...
    }
    else {
        Serial.println("interní_senzor\n");
#define OPT3002_ADDRESS 0x44                             // adresa senzoru 0x44
        ...
        configureSensor();
        ...
    }
    OPT3002 result = opt3002.readResult(); // čtení hodnoty
    printResult("OPT3002", result);
    delay(500);
}
```

Ve funkci dojde nejprve k proskenování sběrnice a nalezení všech připojených zařízení. Interní čidlo intenzity má adresu nastavenou na 0x44 a externí na 0x45. Na výpisu výše je znázorněna právě podmínka, jejímž výstupem je nastavení potřebné adresy. Pokud je připojeno externí čidlo, dojde k nalezení adresy 0x45, což je hodnota 69 decimálně, a ta je následně definována ke komunikaci. V opačném případě je nastavena adresa 0x44 určená ke komunikaci s interním čidlem. Po nastavení adresy již program pokračuje dále, nejprve dojde ke kalibraci senzoru a následně ke čtení hodnoty. Tato hodnota je zapsána do proměnné, která bude dále využita.

Vyhodnocení úrovně intenzity světla

Pro toto řešení byla vytvořena proměnná, která zpracovává hodnotu změřené intenzity světla, ke které došlo ve funkci snimani(). Pro tuto operaci byly vytvořeny dvě proměnné, prom1 a prom2. Prom1 mění svou hodnotu pouze mezi nulou a jedničkou. Pokud je proměnná nula, znamená to že dvířka jsou otevřená, v opačném případě zavřená. Prom2 je použita jako čítač, dosahující hodnoty 0 až 3. Na následujícím výpisu je znázorněná funkce, která tyto proměnné vyhodnocuje.

Výpis 4.3: Funkce pro otevření a zavření dvířek

```

void jakje(){
    if((intenzita>30000)&&(prom1==1)){ // porovnání proměnných
        prom2++; // přičtení jedničky
    }
    else if ((prom2==3)&&(prom1==1)){
        otevreni();
        prom2=0;
    }
    if((intenzita<2000)&&(prom0==0)){
        prom2++;
    }
    else if ((prom2==3)&&(prom1==0)){
        zavreni();
        prom2=0;
    }
}

```

Pokud je hodnota intenzity větší než 30000, hodnota je v nW/cm^2 , a zároveň je proměnná prom1 rovna jedné, znamená to, že intenzita okolního prostředí značí den. Aby ale nedošlo k otevření dvířek vlivem náhodného osvětlení například baterkou, dochází nejprve k navýšení proměnné prom2 o číslo jedna. Následně je porovnána hodnota proměnných. Pokud je proměnná prom2 rovna hodnotě 3 a zároveň hodnota prom1 je rovna jedné, znamená to, že již třikrát po sobě došlo k detekci vysokého osvětlení. Vzhledem k tomu, že modul ESP32 se bude probouzet a provádět měření každých 30 minut, lze předpokládat, že již je den a tedy je volána funkce otevreni() a dochází k zapsání hodnoty nula do proměnné prom2, tedy k vynulování čítače. Druhá část funkce pracuje obdobně. Porovnáva hodnotu intenzity, která pokud je pod $2000 nW/cm^2$ značí tmu, respektive stmívání. Pokud jsou ale dvířka otevřená, je nejprve využito čítače, tedy k zavření dvířek dojde až po třiceti minutách pomocí funkce zavreni(). Tyto funkce budou vysvětleny v následujících kapitolách.

Měření teploty

Po odhadnutí stavu na základě venkovního osvětlení následuje funkce teplota(). Zde je využito nejprve knihovny OneWire.h k detekci a nastavení komunikace pomocí sběrnice OneWire a následně díky knihovně DaLasTemperature.h dochází ke snímání tepoty z čidla. Opět i zde je počítáno s možností připojení externího čidla. Nemusí zde ale docházet k žádným volbám mezi čidly, jediná úprava, která byla provedena spočívá v připsání zaznamenané hodnoty, popřípadě hodnot do dvou pro-

měnných.

Výpis 4.4: Zapsání teplot do proměnných

```
for(int i=0;i<numberOfDevices; i++){
    if(sensors.getAddress(tempDeviceAddress, i)){
        ...
        float tempC = sensors.getTempC(tempDeviceAddress);
        if(i==0){
            tempC0 = tempC;
        }
        else{
            tempC1 = tempC;
        }
        ...
    }
}
...
}
```

Tyto dvě proměnné, označené tempC0 a tempC1 budou následně využity v další funkci, která po této následuje.

Zápis do databáze

Existuje několik způsobů zpracování dat. Mohou být využity lokálně, tedy operace provede samotné ESP32, nebo je lze odeslat k dalšímu zpracování. V této práci slouží čip ESP pouze ke snímání hodnot, které nijak nezpracovává či neuchovává. Posílá je ale pomocí protokolu HTTP na web. V tomto řešení je pouze popsán základní princip odesílání dat na web a následné jejich zobrazení.

Výpis 4.5: Nastavení odesílání dat

```
const char* serverName = "http://164273.9e.cz/zapis.php";
// URL pro odesílání dat
String apiKeyValue = "84k414r5k4pr4c3";
// unikátní klíč k ověření zařízení
String sensorName = "OPT3002";
String sensorLocation = "Kurník";
```

Na výpisu výše je vidět základní nastavení spojení s webovou stránkou, kam budou data odesílána. Kromě konkrétní URL je důležitá také hodnota apiKeyValue, která obsahuje unikátní klíč, který si lze zvolit. Je ale třeba jej nastavit i ve zdrojovém kódu webové stránky. Pro tuto práci byla vytvořena webová stránka u poskytovatele domén Endora.cz. Tento portál umožňuje také vytvoření databáze, která byla také

vytvořena. Na následujícím výpisu je znázorněná část kódu, kde jsou zobrazené jednotlivé informace odesílané pomocí protokolu HTTP na webovou stránku. To dělá kvůli vyšší bezpečnosti prostředníka mezi zařízením a databází. Nejprve tedy data přijme a následně dojde k jejich zápisu do databáze. V příloze k této práci se nacházejí jednotlivé kódy, které byly použity k vytvoření stránky. K psaní stránek byl využit programovací jazyk PHP.

Výpis 4.6: odesílání jednotlivých dat

```
String httpRequestData = "api_key=" + apiKeyValue +
    "&sensor=" + sensorName +
    "&location=" + sensorLocation
    + "&value1=" + float(intenzita)
    + "&value2=" + float(tempC0)
    + "&value3=" + float(tempC1) + "";
```

Probuzení tlačítkem

Čip po provedení výše popsaných operací přejde do režimu spánku, díky čemuž je spotřeba zařízení snížena na minimum. V této práci jsou využity dvě možnosti probuzení. První je probuzení pomocí časovače, ke kterému dochází pravidelně každých deset minut. V těchto intervalech dochází ke snímání a vyhodnocení intenzity světla, dále ke změření teploty a odeslání dat do databáze. Další možností je probuzení pomocí tlačítka. V návrhu jsou použita celkem dvě. Ta jsou připojena k IO36 a IO39. V následujícím výpisu jsou znázorněné jednotlivé operace, které se provedou.

Výpis 4.7: Funkce pro otevření a zavření dvířek

```

switch(wakeup_reason)
{
    case ESP_SLEEP_WAKEUP_EXT1 : Serial.println("RTC_CNTL");
pin36 = digitalRead(36);          // I036 nastaven na čtení
pin39 = digitalRead(39);          // I039 nastaven na čtení
if((pin36==HIGH)&&(pin39==HIGH)){ // stisk obou tlačítek
    WiFi.onEvent(WiFiEvent);      // volání funkce WPS
    WiFi.mode(WIFI_MODE_STA);
    digitalWrite(27,HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(27,LOW);
    delay(1000);
    digitalWrite(27,HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(27,LOW);
    delay(1000);
    Serial.println("Starting WPS");

    wpsInitConfig();
    esp_wifi_wps_enable(&config);
    esp_wifi_wps_start(0);
    delay(120000);
}
if((pin34==HIGH)&&(pin35==LOW)){ // stisk jednoho tlačítka
    otevreni();                  // volání funkce otevření
}
if((pin34==LOW)&&(pin35==HIGH)){ // stisk druhého tlačítka
    zavreni();                    // volání funkce zavření
}

break;

```

V případě, že jsou stisknutá obě tlačítka současně, je zahájeno volání funkce sloužící k připojení k AP pomocí funkce WPS. Tato operace je znázorněna LED diodou, která zabliká dvakrát modře. Během dvou minut je nutné zapnout funkci i na směrovači. V případě úspěšného připojení dochází k zápisu dat do paměti RTC, nedojde tedy k jejich smazání při přechodu zařízení do režimu spánku. Pokud je stisknuté pouze jedno tlačítko, dochází k volání funkce otevreni(), respektive zavreni(), které jsou popsány v další části.

Ovládání krokového motoru

Funkce `otevreni()` a `zavreni()` slouží k ovládání krokového motoru. K tomu využívá knihovnu `Stepper.h`. Na následujícím výpisu jsou znázorněny tyto funkce. Nejprve dochází k nastavení rychlosti otáčení krokového motoru. Následně je změněna hodnota `SLEEP`, což odpovídá pinu `IO4`, na hodnotu `1`. Tím je aktivován driver `DRV8833`. Následně je nastaven pin `IO14` pro čtení, k němu je totiž připojené tlačítko, které je na konci konstrukce a bude stisknuté v okamžiku dojetí dvířek na konec. Dále již dochází k využití knihovny `Stepper.h` a k pohybu motoru.

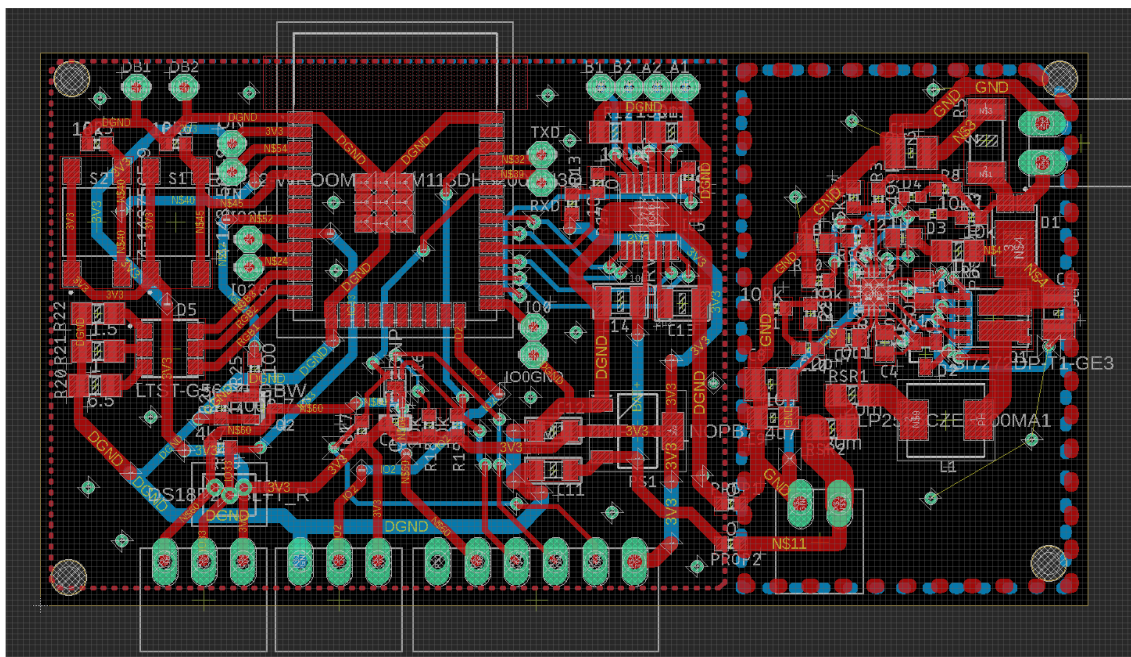
Výpis 4.8: Funkce pro otevření a zavření dvířek

```
void otevreni(){
    stepper.setSpeed(300);
    pinMode(SLEEP, OUTPUT);
    digitalWrite(SLEEP, HIGH);    // IO4 hodnota 1
    pin25 = digitalRead(25);      // čtení IO25
    for ( i=0; i<40; i++ ) {
        if(pin25==HIGH){
            pin25 = digitalRead(25);
            stepper.step(STEPS);
            delay(1);
            prom1=0;    // proměnná otevření
        }
    }
    digitalWrite(SLEEP, LOW);    // IO4 hodnota nastavena na 0
}

void zavreni(){
    stepper.setSpeed(300);
    digitalWrite(SLEEP, HIGH);    // IO4 nastaven na 1
    pin26 = digitalRead(26);      // čtení IO26
    for ( i=0; i<40; i++ ) {
        if((pin26==HIGH)&&(pin12==LOW)){
            pin26 = digitalRead(26);
            stepper.step(-STEPS);
            delay(1);
            prom1=1;
        }
    }
    digitalWrite(SLEEP, LOW);
}
```

4.2 Návrh obvodu

Návrh obvodu byl proveden v programu Eagle od firmy Autodesk. Tento program je ve společnosti velice populární, jedná se o jeden z nejstarších programů a je neustále vyvíjen. Výsledný návrh je součástí příloh, nejen jako projekt, který lze naimportovat a dále jej utvářet. Při návrhu by cíleno na oddělení napájecí a operační části. K propojení jsou součástí návrhu dva nulové odpory, které lze na desce sloužit jako propojovací piny mezi jednotlivými částmi. U návrhu napájecí části bylo postupováno s využitím doporučení výrobce kontroléru. Na následujícím obrázku je vidět výsledný návrh obvodu.

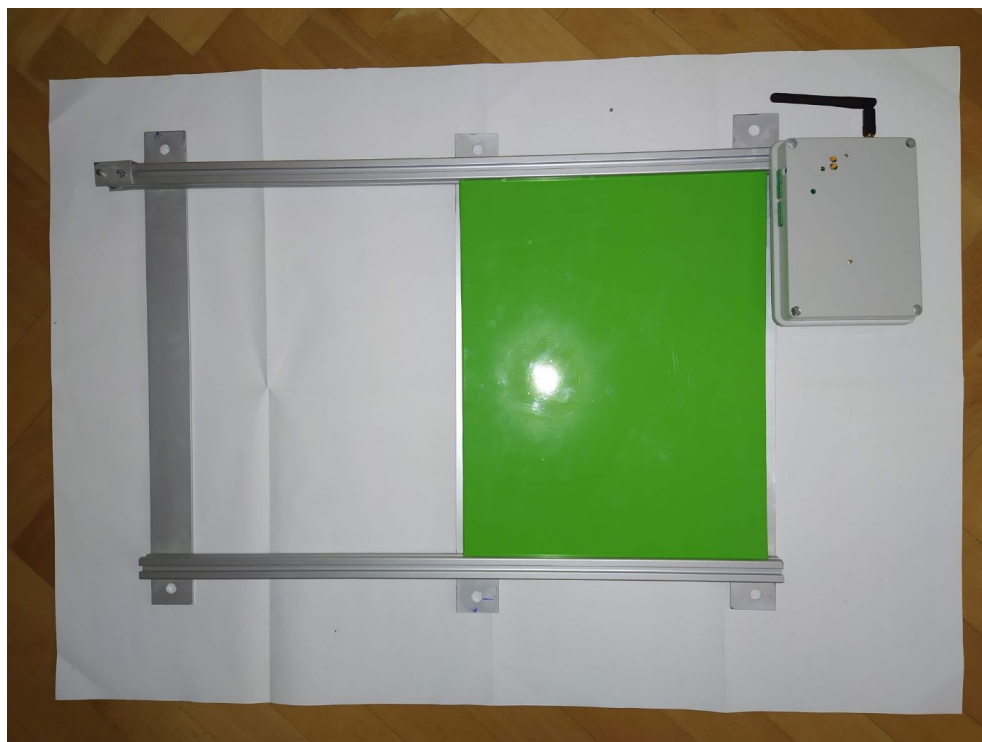


Obr. 4.1: DPS

4.3 Konstrukční část

První řešení

Byla sestavena dvířka podle návrhu. Tento způsob řešení má výhodu v otevírání do stran, lze tedy dvířka užít ve stísněných prostorech. Obecně se ale jedná o složitou konstrukci.

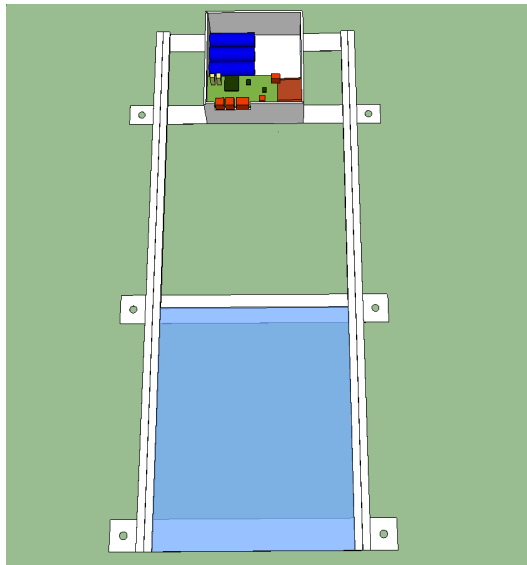


Obr. 4.2: První řešení konstrukce dvířek

Docházelo zde k problémům se zavíráním. Tento problém vznikal častými nánosy nečistot do spodní kolejničky. Díky tomu docházelo k zasekávání dveří při zavírání. Bylo také potřeba značně upravit kryt elektroniky, díky čemuž vznikly netěsnosti, které bylo třeba řešit zalepením.

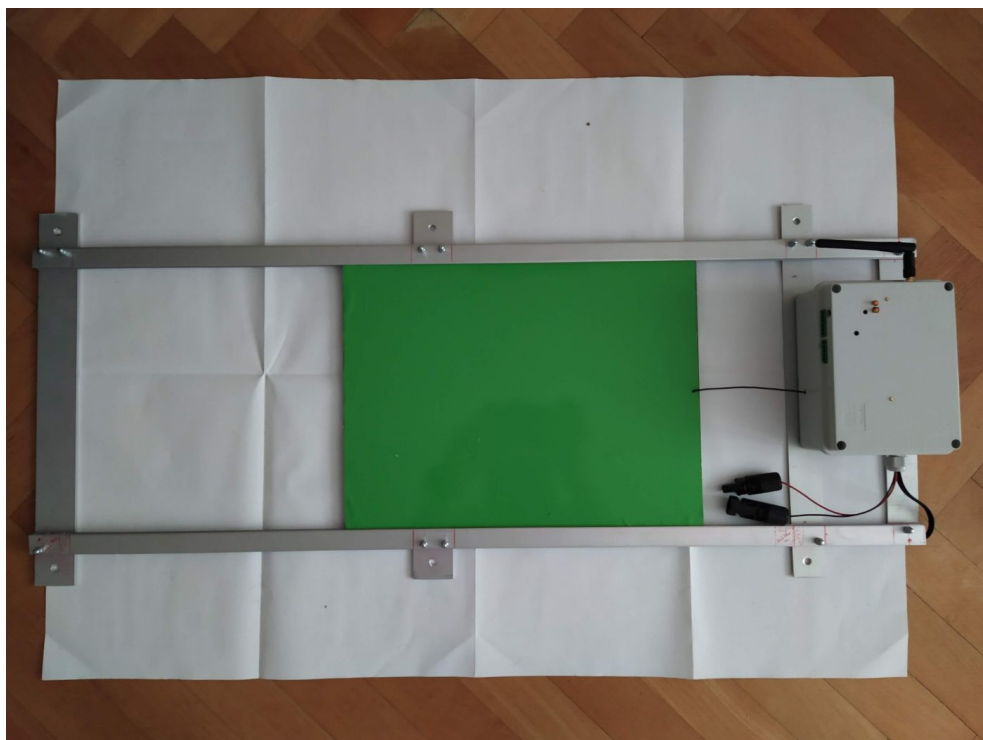
Druhé řešení

Byl proveden nový návrh konstrukce dvířek. Tentokrát se uvažovalo o častějším a jednodušším způsobu otevírání, respektive zavírání. Dva hliníkové profily, umístěné nikoliv horizontálně jako v prvním případě, ale vertikálně. Mezi nimi dochází k posunu dvířek, opět ve formě plastové desky, nahoru a dolů. Tento návrh je mnohem jednodušší, lze zde docílit jednoduchosti stavby a nižších finančních a časových nákladů na výrobu.



Obr. 4.3: 3D model konstrukce dvířek, druhé řešení

U druhého řešení bylo použito levnějších materiálů, samozřejmě se stále dostatečnou pevností.

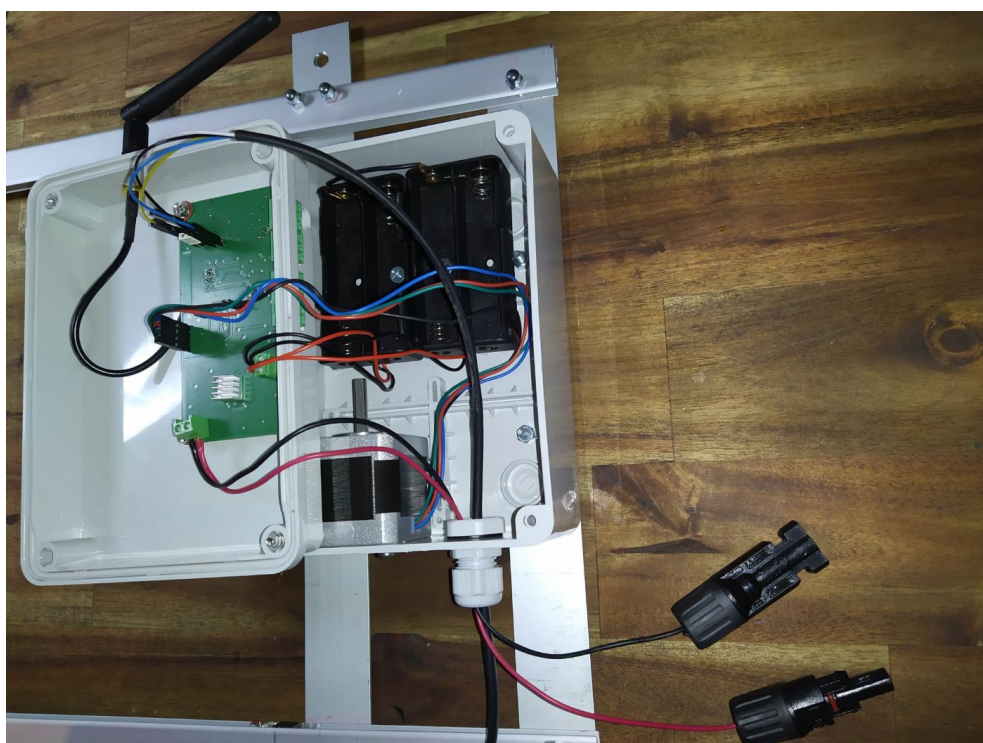


Obr. 4.4: Druhé řešení konstrukce dvířek

Veškerá elektronika byla vložena do elektrikářské krabičky a nebylo nutné ji více upravovat. Byly zde pouze vyvrtány potřebné otvory pro konektory. U tohoto řešení je vše dostatečně chráněné.



Obr. 4.5: Konstrukce dvířek s externími senzory

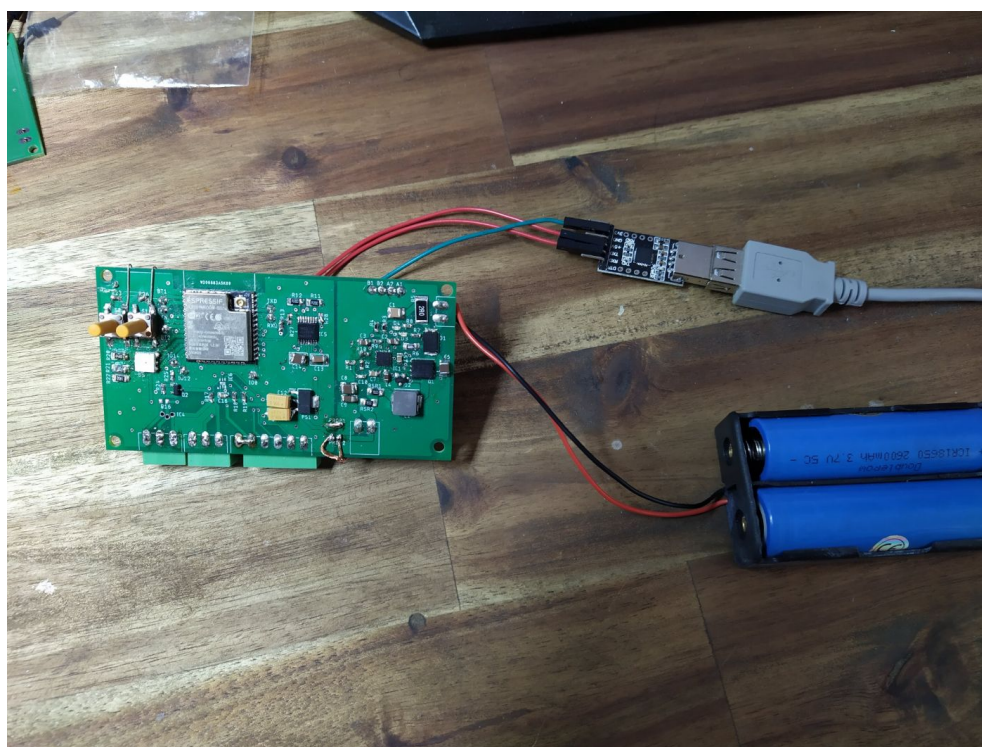


Obr. 4.6: Vnitřní uspořádání krabičky

5 Oživení desky

Byly vyrobeny desky od dvou různých výrobců. V případě první byly čip BQ24650 a tranzistor osazeny pracovníkem VUT. Zbylé součásti, převážně rezistory a kondenzátory byly osazeny v domácích podmínkách. Druhá deska byla osazena kompletně v domácích podmínkách. U první desky napájecí část zprvu neprojevovala žádnou činnost. Bylo to způsobeno špatným připájením rezistoru R3, díky čemuž regulátor detekoval nízké napětí a proto se baterie nedobíjela. Po přepájení rezistoru napájecí část funguje v pořádku. U operační části byl problém s nahráváním programu pomocí vývojového prostředí Arduino IDE. Nakonec byl tento problém vyřešen přeinstalací prostředí a k nahrání byl použit jiný TTL převodník.

Druhou desku se nepodařilo zprovoznit. Napájecí část neprojevuje žádnou aktivitu, nejspíše je to způsoben špatným připájením regulátoru. U operační části došlo k dodání vadného kusu lineárního regulátoru, který má dodávat 3,3 V, nicméně zde dodával 4,3 V. Až při druhé výměně regulátoru, výrobce stejný ale jiný dodavatel, byl modul napájen správně 3,3 V. Nicméně se ESP32 nepodařilo již zprovoznit.



Obr. 5.1: Oživení desky



Obr. 5.2: Složená elektrikářská krabička



Obr. 5.3: Kompletní provedení

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vytvoření konstrukce automatizovaných dvířek, u který bude ovládání řešeno na základě světelných podmínek. V návrhu je pracováno s myšlenkou vytvoření samostatného zařízení, které k napájení využívá solární energii a je tedy samostatně funkčním celkem. Práce popisuje kompletní proces realizace. Nejprve jsou popsány vlastnosti dílčích částí, které byly k návrhu použity. Poté je popsán i teoretický princip konstrukce a materiál použitý k její stavbě. Dále se práce zabývá jednotlivými částmi obvodu, které jsou součástí výsledného řešení. V další části je popsána realizace programu, který byl vyvíjen postupně během průběhu návrhu, osazení a oživování DPS. Je zde odzkoušeno snímání jednotlivých měřených veličin, odesílání těchto dat do databáze i ovládání krokového motoru. V průběhu tvorby práce došlo k přepracování konstrukce z důvodu nespolehlivosti prvotního řešení.

Výsledkem je zařízení sloužící k automatickému otevírání a zavírání dvířek. Toho dosahuje pomocí měření intenzity osvětlení. Dále je doplněno o funkci měření teploty a připojení k WiFi. Díky tomu je možné data odesílat na webovou stránku a ukládat je do databáze pro další zpracování. Nicméně tyto funkce, tedy měření teploty, připojení k Wifi a odesílání dat, jsou pouze doplňkové. Jejich výpadkem nedochází k přerušení základní činnosti zařízení, tedy otevírání a zavírání dvířek. Senzory pro snímání intenzity osvětlení a teploty jsou interně uvnitř zařízení. Zároveň je zde možnost připojení externích senzorů. Díky tomu je zde umožněna jistá variabilita umístění dvířek. Mohou se díky tomu nainstalovat uvnitř kurníku. Následně při připojení externího snímače osvětlení je tento senzor detekován a měření je řešeno pomocí něj.

Všechny informace, které se v této práci nacházejí mohou posloužit nejen k dalšímu vývoji řešení tohoto konkrétního tématu, ale také mohou být cenné při návrzích jiných obvodů s modulem ESP32.

Literatura

- [1] *What is the Internet of Things? WIRED explains | WIRED UK. WIRED UK - The Latest in Technology, Science, Culture and Business* [online]. Copyright © Condé Nast Britain 2021 [cit. 20. 07. 2021]. Dostupné z URL: <<https://www.wired.co.uk/article/internet-of-things-what-is-explained-iot/>>.
- [2] *What Is the Internet of Things (IoT)? | Oracle Česká Republika.* [online]. Copyright © Oracle 2021 [cit. 20. 07. 2021]. Dostupné z URL: <<https://www.oracle.com/cz/internet-of-things/what-is-iot/>>.
- [3] Portál Texas Instruments *BQ34650 datasheet.* [online]. [cit. 20. 07. 2021]. Dostupné z URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq24650.pdf?ts=1627650741398&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F>.
- [4] Portál Espressif *ESP32 datasheet.* [online]. [cit. 20. 07. 2021]. Dostupné z URL: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf>.
- [5] Portál SOS electronic s.r.o. 1991 *eshop.* [online]. [cit. 20. 07. 2021]. Dostupné z URL: <<https://www.soselectronic.cz/products/espressif/esp32-wroom-32u-esp32-wroom-32u-16mb-287426>>.
- [6] Portál Texas Instruments *OPT3002 datasheet.* [online]. [cit. 20. 07. 2021]. Dostupné z URL: <<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/opt3002.pdf?ts=1627630134540>>.
- [7] Portál Mouser Electronics *eshop.* [online]. [cit. 20. 07. 2021]. Dostupné z URL: <<https://cz.mouser.com/new/texas-instruments/ti-opt3002-sensor/>>.
- [8] Portál Texas Instruments *DRV8833 datasheet.* [online]. [cit. 20. 07. 2021]. Dostupné z URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/drv8833.pdf?ts=1627624507265&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F>.
- [9] Senba Optoelectronic *AM312 datasheet.* [online]. [cit. 20. 07. 2021]. Dostupné z URL: <<https://drive.google.com/file/d/1z-Ni9ebEjoxDKRnMG1141pxKL1xhjP20/view>>.

- [10] Portál Pájeničko.cz *eshop*. [online]. [cit. 20. 07. 2021]. Dostupné z URL:
<<https://pajenicko.cz/miniaturni-pir-senzor-pohybu-am312>>.
- [11] Maxim Integrated Products, Inc. *DS18B20 datasheet*. [online]. [cit. 20. 07. 2021].
Dostupné z URL:
<<https://drive.google.com/file/d/1z-Ni9ebEjoxDKRnMG1141pxKL1xhjP20/view>>.
- [12] portál hwkitchen.cz *eshop* [online]. [cit. 20. 07. 2021]. Dostupné z URL:
<<https://www.hwkitchen.cz/teplotni-cidlo-dalls-original-ds18b20-vodotesne/>>.
- [13] portál dratek.cz *eshop* [online]. [cit. 20. 07. 2021]. Dostupné z URL:
<<https://dratek.cz/arduino/5127-baterie-18650-3-7v-2600-mah-inr18650.html>>.
- [14] portál Hadex.cz *eshop* [online]. [cit. 20. 07. 2021]. Dostupné z URL:
<<https://www.hadex.cz/navody/g946.pdf>>.
- [15] GILMORE, W. J. *Velká kniha PHP 5 a MySQL: kompendium znalostí pro začátečníky i profesionály..* Přeložil Jan POKORNÝ. Brno: Zoner Press, 2005. Encyklopedie webdesignera. ISBN 80-86815-20-x.
- [16] PONKRÁC, Miloslav. *PHP a MySQL: bez předchozích znalostí.* . Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1758-3.
- [17] ŠANDERA, Josef. *Návrh plošných spojů pro povrchovou montáž.* . Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-181-0.

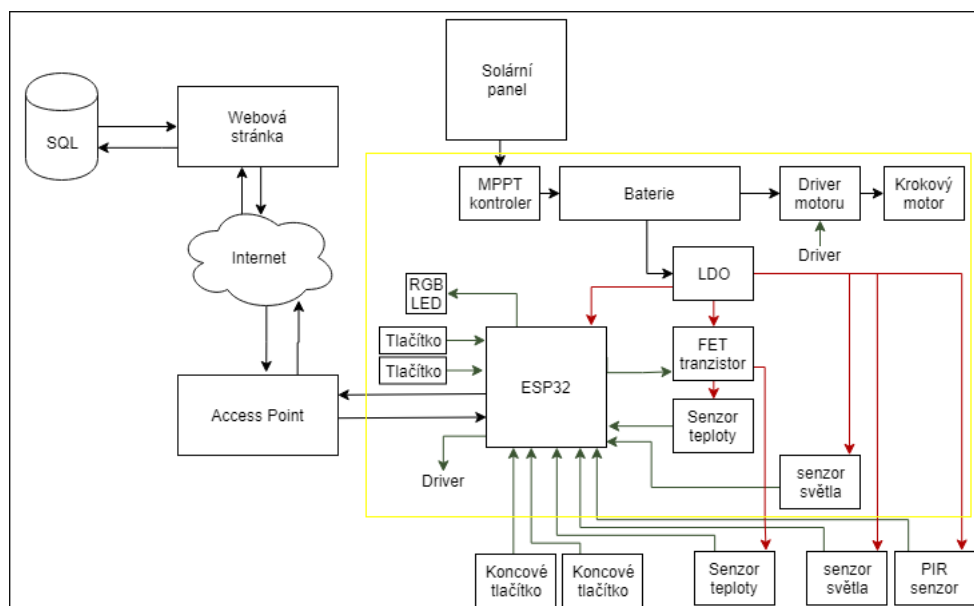
Seznam symbolů a zkratek

ESP32	programovatelný mikroprocesor
IoT	Internet of Things–Internet věcí
I2C	komunikační sběrnice
AP	Access point–Přístupový bod
WPS	WiFi Protected Setup
USB	Univerzální sériová sběrnice
HTTP	Internetový protokol

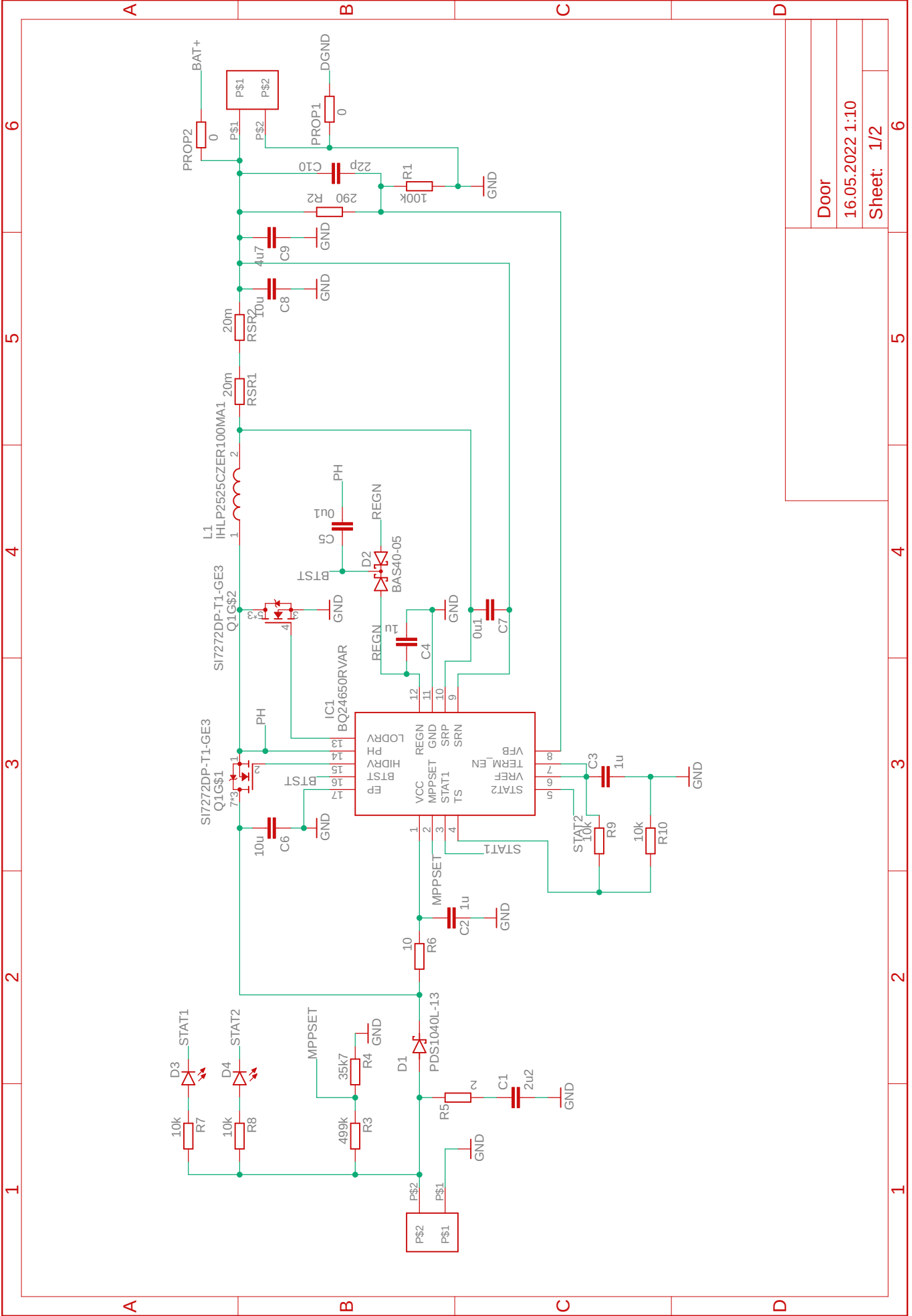
Seznam příloh

A Přílohy	51
B Obsah elektronické přílohy	54

A Přílohy



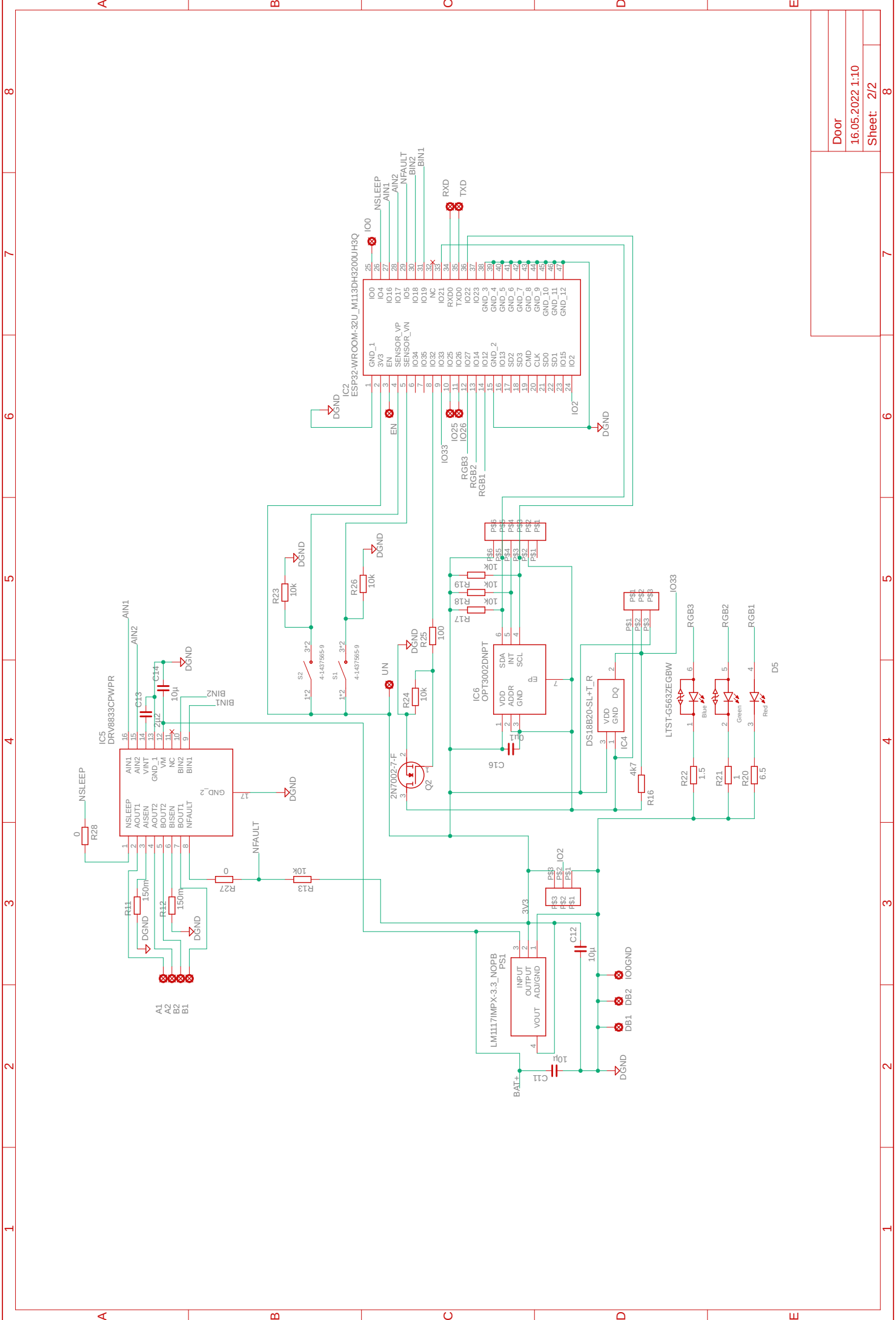
Obr. A.1: Blokové schéma zařízení



Door

16.05.2022 1:10

Sheet: 1/2



Door	8
16.05.2022 1:10	7
Sheet: 2/2	6

1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E

B Obsah elektronické přílohy

V hlavním kořenovém adresáři se kromě bakalářské práce nachází celkem pět složek. Ve složce Datasheets se nacházejí všechny datasheety, ze kterých bylo při realizaci této práce čerpáno. Ve složce Eagle se nachází návrh schématu a DPS z programu Eagle a .gbr data využitá při objednání výroby DPS. Také jsou zde knihovny, které byly využity při vytváření schématu. V další složce s názvem Endora se nachází zdrojové soubory, které jsou nahrány na webových stránkách, které byly pro tuto práci vytvořeny. V následující složce jsou uloženy projekty z programu Arduino IDE. Projekt teplota obsahuje kód pro detekci teplotních čidel a k záznamu hodnot z nich. Druhý projekt LUX_a_scanI2C_aSQL obsahuje kód pro detekci optických čidel, připojení a odeslání dat do databáze. Poslední projekt final obsahuje finální verzi programu. Ve složce soucastky se nachází vyexportovaný nákupní košík z objednávky součástek, které byly objednány u firmy Farnell. Složka Sketchup obsahuje uložený projekt návrhu konstrukce dvířek a vyexportovaný soubor sloužící k otevření v prohlížeči. Poslední složka obsahuje fotografie výsledné konstrukce dvířek a jedné osazené DPS.