

Bakalářská práce



ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA TEORIE OBVODŮ

ELEKTRONICKÁ OCHRANA A ŘÍZENÍ INTELIGENTNÍHO DOMU

Autor práce: Matyáš Matouš

Vedoucí práce: prof. Ing Miroslav Husák, CSc.

Studijní program: Lékařská elektrotechnika a bioinformatika

Studijní obor: Lékařská elektrotechnika a bioinformatika

Praha 2021



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Matouš** Jméno: **Matyáš** Osobní číslo: **486982**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra teorie obvodů**
Studijní program: **Lékařská elektronika a bioinformatika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Elektronická ochrana a řízení inteligentního domu

Název bakalářské práce anglicky:

Electronic Security and Control of a Smart House

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte rešerši řešení elektronické ochrany a řízení inteligentního domu, zaměřte se zejména na ochranu dveří, oken, unikajícího zemního plynu, popř. jiných plynů, vody. Proveďte též rešerši managementu elektrické energie včetně „solární“ a jejího ukládání v bateriovém úložišti.
2. Navrhněte elektronický systém pro řízení a kontrolu vybraných funkcí inteligentního domu a elektronického zabezpečení dveří a oken, zaměřte se na ochranu před unikajícím zemním plynem, popř. jinými plyny, vodou a dále na management elektrické energie včetně vyrobené „solární“ a jejího ukládání v bateriovém úložišti. Dále se zaměřte na automatizaci základních funkcí využívajících vstupů ze senzorů vnějších i vnitřních.
3. Zjistěte základní parametry realizovaného systému.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Merz, H.; Hansemann T.; Hubner, C. Automatizované systémy budov. 1. vydání, Grada Publishing, a.s. 2007
- [2] Kůtka, Michal. Návrh elektronického zabezpečovacího systému (EZS) s prvky inteligentní domácnosti. FEKT VUT v Brně, 2016. <http://hdl.handle.net/11012/60418>
- [3] Kenichi, T. et al, Optimal operation of DC smart house system by controllable loads based on smart grid topology, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148111004095>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. Ing. Miroslav Husák, C.Sc., katedra mikroelektroniky FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **11.02.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **13.08.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2022**

prof. Ing. Miroslav Husák, C.Sc.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Radoslav Bortel, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 13. 8. 2021

Klíčová slova

Inteligentní dům, mikro počítač, solární systém, bateriové úložiště, ESP 8266, elektro instalace, automatizace, mikrokontroler, MQTT, ESP-NOW, Home Asistent, Raspberry Pi

Abstrakt

Tato práce se zabývá problematikou elektronické ochrany a řízení chytrého domu. V prvních kapitolách je obecně pojednáno o typech senzorů a jejich možném dělení do skupin dle použití. Následující kapitoly řeší jak vlastní návrh komponent systémů a jejich software propojení, tak návrh a realizaci ostrovního řešení napájení systému. Poslední kapitoly se věnují finanční rozvaze mnou navrženého řešení a jeho možnému rozvoji do budoucna.

Poděkování

Rád bych vyjádřil poděkování vedoucímu mé bakalářské práce panu prof. Ing. Miroslavu Husákovi, Csc. za odborné vedení, ochotu a trpělivost, kterou mi v průběhu tvorby mé práce věnoval.

Seznam obrázků

Obrázek 1: blokové schéma součinnosti systému	2
Obrázek 2: blokové schéma energetického systému	3
Obrázek 3: blokové schéma nodu.....	4
Obrázek 4: blokové schéma meteostanice	4
Obrázek 5: MQTT součinnosti broker	9
Obrázek 6: MQTT QoS [6]	10
Obrázek 7: UART přijímání paralelních dat [9]	13
Obrázek 8: UART konvertující data [9].....	13
Obrázek 9: UART sériová komunikace [9].....	13
Obrázek 10: UART konverze dat [9].....	14
Obrázek 11: UART odesílání dat paralelně [9]	14
Obrázek 12: ESP8266 [15].....	15
Obrázek 13: Součinnost energetického systému.....	17
Obrázek 14: Komunikační hierarchie nodů.....	18
Obrázek 15: rozdělení nodů podle funkcí a prostředí	19
Obrázek 16: řídicí systém posloupnost.....	20
Obrázek 17: Zapojení systému a jejich součinnost	20
Obrázek 18: Blokový diagram kódu nastavitelného vypínače	23
Obrázek 19: Blokové schéma zapojení nastavitelného vypínače	24
Obrázek 20: Blokové schéma kódu vysílače	29
Obrázek 21: blokové schéma zapojení termostatu a HUB	31
Obrázek 22: Blokové schéma kódu detektoru vody	32
Obrázek 23: Blokové schéma zapojení detektoru vody.....	33
Obrázek 24: Blokové schéma kódu nastavitelného relé.....	36
Obrázek 25: Blokové schéma zapojení nastavitelného relé	37
Obrázek 26: Blokové schéma kódu spotřeby a kvality energie	38
Obrázek 27: blokové schéma zapojení meteostanice	42
Obrázek 28: Blokové schéma kódu meteostanice	43
Obrázek 29: Blokové schéma kódu detektoru pohybu.....	46
Obrázek 30: Blokové schéma zapojení detektoru pohybu	47
Obrázek 31: Magnetický kontakt	49
Obrázek 32: Blokové schéma kódu bezpečnostního senzoru oken a dveří.....	49
Obrázek 33: Diagram On-Grid solárního systému [41]	52
Obrázek 34: Diagram Off-Grid solárního systému [41].....	53
Obrázek 35: Diagram hybridního solárního systému [41]	54
Obrázek 36: Srovnání PWM a MPPT systému [44]	56
Obrázek 37: Srovnání různě napěťových bateriových úložišť [44]	57
Obrázek 38: Ukázka automatizace v NODE RED	62

Seznam tabulek

Tabulka 1: Cenový odhad nastavitelného vypínače.....	24
Tabulka 2: Cenový odhad termostatu s HUB.....	30
Tabulka 3: Cenový odhad detektoru vody.....	34
Tabulka 4: Cenový odhad nastavitelného relé.....	37
Tabulka 5: Cenový odhad senzoru spotřeby a kvality energie.....	39
Tabulka 6: cenový odhad meteostanice.....	44
Tabulka 7: cenový odhad detektoru pohybu.....	47
Tabulka 8: Cenový odhad bezpečnostního senzoru oken a dveří.....	50
Tabulka 9: Tabulka příkladu spotřeby.....	59
Tabulka 10: Tabulka srovnání kontrolérů.....	59
Tabulka 11: Tabulka srovnání solárních panelů.....	60
Tabulka 12: Tabulka celkových nákladů projektu.....	64

Seznam rovnic

6.1: Vzorec výpočtu energie.....	57
6.2: Výpočet velikosti solárního pole při 12 V.....	57
6.3: Výpočet velikosti solárního pole při 24 V.....	57
6.4: Celkový výkon solárního pole.....	58

Seznam zkratek

HA	-	Home Assistant
AC	-	Alternating current (střídavý proud)
DC	-	Direct Current (Stejnoseměrný proud)
IoT	-	Internet of Things
SoC	-	System on Chip
GPIO	-	General Purpose input / output
SDIO	-	Secure Digital Input Output
SPI	-	Serial Peripheral Interface
UART	-	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
DCXO	-	Digital Controlled Crystal Oscillator
WEP	-	Wired Equivalent Privacy
WAPI	-	WLAN Authentication and Privacy Infrastructure
AES	-	Advanced Encryption Standard
TKIP	-	Temporal Key Integrity Protocol
APSD	-	Automatic Power-Save Delivery
QoS	-	Automatic Power-Save Delivery
RAM	-	Random-access memory
QSPI	-	Queued Serial Peripheral Interface
ADC	-	Analog-to-Digital Converter
I2C	-	Inter-Integrated Circuit
MQTT	-	Message Queue Telemetry Transport
TCP	-	Transmission Control Protocol
IP	-	Internet Protocol Address
LDO	-	low-dropout regulator
LCD	-	liquid-crystal display
PLA	-	Polylactic acid
NN	-	Nízké napětí
PV	-	Photovoltaic
PWM	-	Pulse-width modulation
MPPT	-	Maximum power point tracking
VCC	-	Common Collector Voltage
GND	-	GROUND (země)
RST	-	RESET (restart)
IDE	-	Integrated development environment

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Systémové shrnutí.....	2
2.1. Energetický systém	2
2.2. Senzorové nody.....	3
2.2.1. Nody vnějšího prostředí.....	4
2.2.2. Nody vnitřního prostředí.....	5
2.2.3. Bezpečnostní nody	5
2.3. Řídicí systém	5
3. Základní rozdělení ovládacích řešení	6
3.1 Po vodiči.....	6
3.2 Bezdrátové	7
3.3 Shrnutí.....	7
4. Software.....	9
4.1 MQTT.....	9
4.2 QoS.....	10
4.2. ESP-NOW.....	11
4.3. UART.....	11
4.4. Arduino IDE	14
5. Hardware	15
5.1. ESP8266.....	15
6. Vlastní řešení.....	16
6.1. Obecný úvod	16
6.1.1 Energetický systém	16
6.1.2 NODY.....	17
6.1.3 Řídicí systém.....	20
6.2 Nody.....	21
6.3 Vnitřní nody	21
6.3.1 Nastavitelný vypínač	21
6.3.2 Termostat.....	25
6.3.3 Senzor úniku vody	31
6.3.4 Nastavitelné relé	34

6.3.5	Nod spotřeby a kvality energie	37
6.4	Vnější nody.....	40
6.4.1	Meteostanice	40
6.5	Bezpečnostní nody.....	45
6.5.1	PIR pohybový NOD.....	45
6.5.2	Senzor zabezpečení oken a dveří	47
6.6	Elektro instalace.....	51
6.6.1	Solární systém	51
6.6.2	Druh systému	52
6.6.3	Solární pole a panely.....	55
6.6.4	Kontrolér	55
6.6.5	Baterie.....	57
6.6.6	Vlastní návrh	58
6.7	Řídicí systém a automatizace.....	60
6.7.1	Hardware.....	61
6.7.2	Software	61
6.7.3	Ukázka automatizace	62
7.	Rozvoj do budoucna.....	63
8.	Ekonomika řešení.....	64
9.	Závěr.....	66
	Literatura	68
	Přílohy	71

1. Úvod

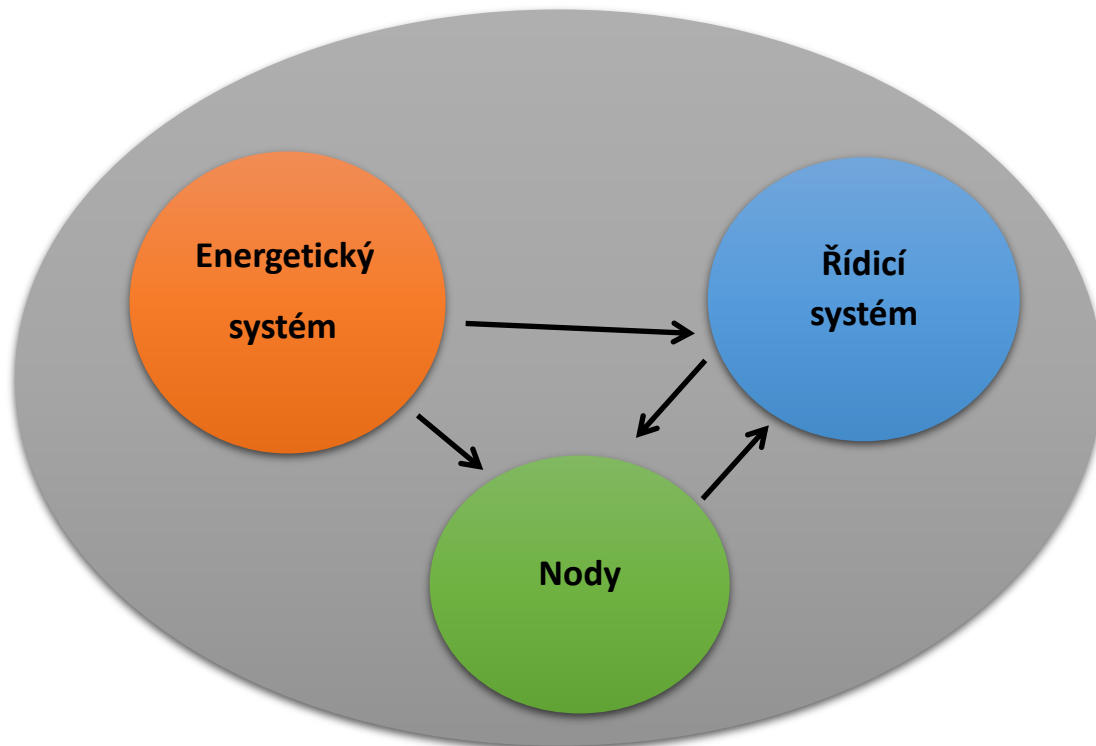
V dnešní přehnaně rychlé a stresující době, kdy nejen že musí člověk zvládat svoji práci, ale také se musí starat o chod domácnosti, ztrácí člověk stále více a více času, který by mohl vynaložit na zajištění své psychické a fyzické spokojenosti. To mě vedlo k návrhu inteligentního domu, který umožní člověku relaxovat a zpříjemní svým obyvatelům jeho obývání, jak jen to bude možné. Dům, kde různá elektronická zařízení a spotřebiče mohou být dálkově ovládána z počítače či z mobilního telefonu, tak usnadní obyvatelům užívání objektu a uvolní jim čas, který by jinak museli vynaložit na údržbu domu, pro odpočinek.

Cílem práce je navrhnout elektronický systém pro řízení a kontrolu vybraných funkcí inteligentního domu. Do návrhu je zahrnuta ochrana před unikajícím zemním plynem, unikající vodou a dále také management elektřiny, měření vyrobené (solární) elektřiny, její ukládání v bateriovém úložišti. V návrhu se také zaměřuji na automatizaci základních funkcí domu, k tomu využívám vhodné typy vnějších a vnitřních senzorů. Součástí návrhu je řešení zabezpečení otevřených dveří/oken.

2. Systémové shrnutí

Celý systém sestává ze tří částí (viz obrázek 1), které se vzájemně doplňují, a to:

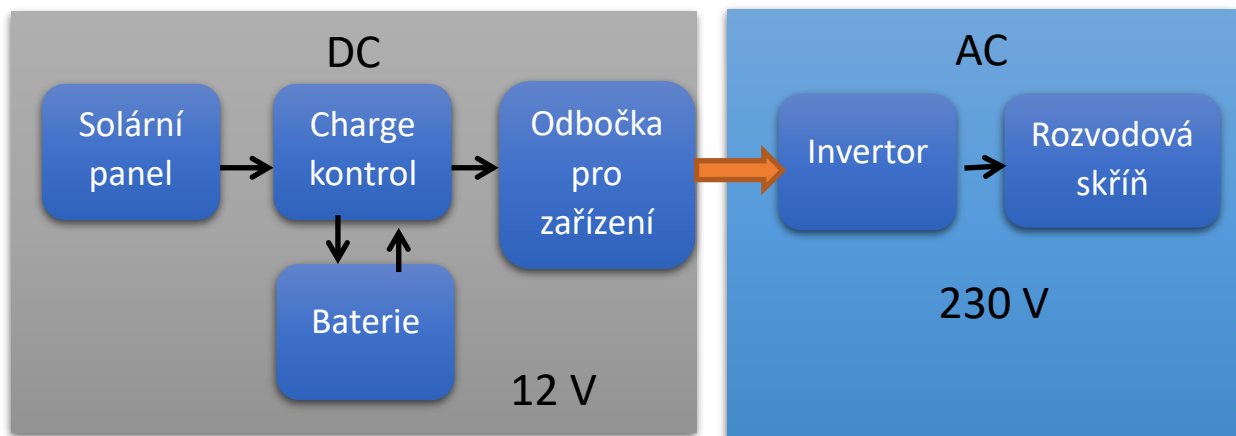
- 1) **Elektronický řídicí systém**, který zpracovává příchozí data z nodů a na základě jejich vyhodnocení provede určitou akci nebo je zobrazí.
- 2) **Energetický systém**, který celému domu dodává energii vyrobenou v solárních panelech. Tuto energii je pak taky schopen uložit v bateriovém úložišti.
- 3) **Senzorové nody**, které systému dodávají informace o vnitřním a vnějším prostředí, spotřebě energie, na jejichž základě je pak řídicí systém schopný vykonávat různé úkony.
- 4) **Aktuátorové nody**, které dané úkony provedou.



Obrázek 1: blokové schéma součinnosti systému

2.1. Energetický systém

Energetický systém zajišťuje rozvod, uchovávání a tvorbu elektrické energie. Skládá se z několika částí, a to ze solárního panelu, který vyrábí energii, charge kontroléru, který dobíjí baterii a dodává dále do systému stabilní proud, z baterie pro úschovu energie, odbočky pro napájení serveru řídicího systému a z některých nodů, invertoru a rozvodové skříně s jističi. Mezi panelem, kontrolérem, baterií a invertorem je stejnosměrné napětí 12 V a od invertoru dále, tedy mezi invertorem a rozvodovou skříní, je pak střídavé napětí 230 V při 50 Hz. Na obrázku 2 je toto zapojení znázorněno.

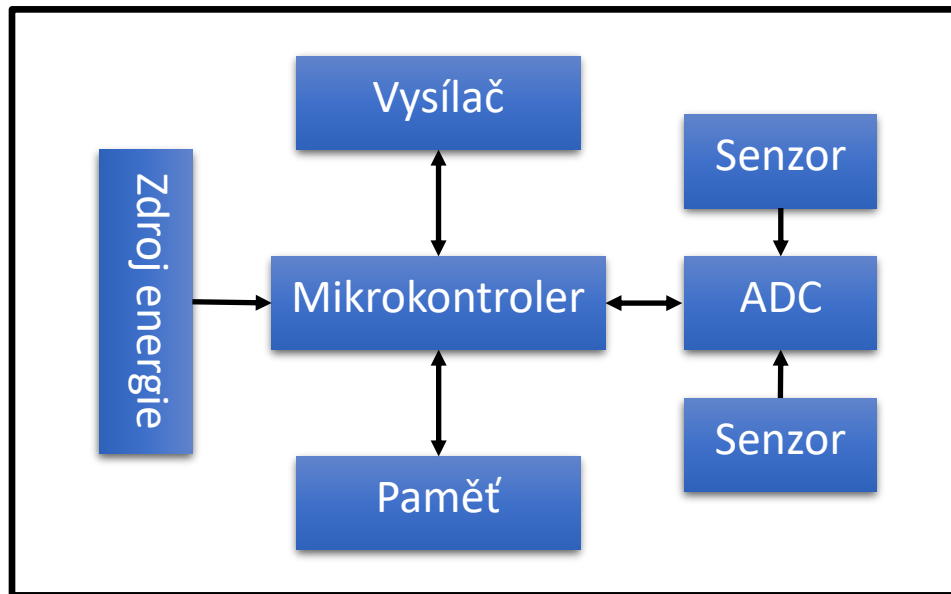


Obrázek 2: blokové schéma energetického systému

2.2. Senzorové nody

Aby řídicí systém mohl vykonávat svoji funkci, a to zpracovávat data a na jejich základě vykonávat různé funkce, a tak zjednodušit svému obyvateli život, potřebuje takzvané nody, které mu budou daná data poskytovat. Obrázek 3 znázorňuje blokové zapojení nodu.

- 1) **Nod** je jakýkoliv fyzický prvek, který je součástí sítě. Toto zařízení je schopné vysílat, přijímat nebo přeposílat data, v některých případech je schopné dělat i kombinaci těchto úkonů. Nod se obvykle skládá z několika částí, a to z mikrokontroleru, vysílače, energetického zdroje a senzoru.
- 2) **Mikrokontroler** zodpovídá za vykonávání úkonů a částečné nebo úplné zpracování dat z připojených senzorů. Jedná se o soustavu elektrických převodníků.
- 3) **Vysílač** dává nodu možnost komunikovat bezdrátově. V této práci všechny nody komunikují na frekvenci 2,4 GHz, ale je i mnoho dalších frekvencí, na kterých mohou nody komunikovat jako například 433 MHz, 868 MHz a další. Senzory také mohou komunikovat opticky, nebo pomocí infračerveného záření.
- 4) **Energetický zdroj:** nod může být napájen z baterie nebo kabelem.
- 5) **Senzory** se používají k zachycení změn v energetických/signálových doménách okolního reálného prostředí. V podstatě se jedná o převodník z neelektrické veličiny na elektrickou.

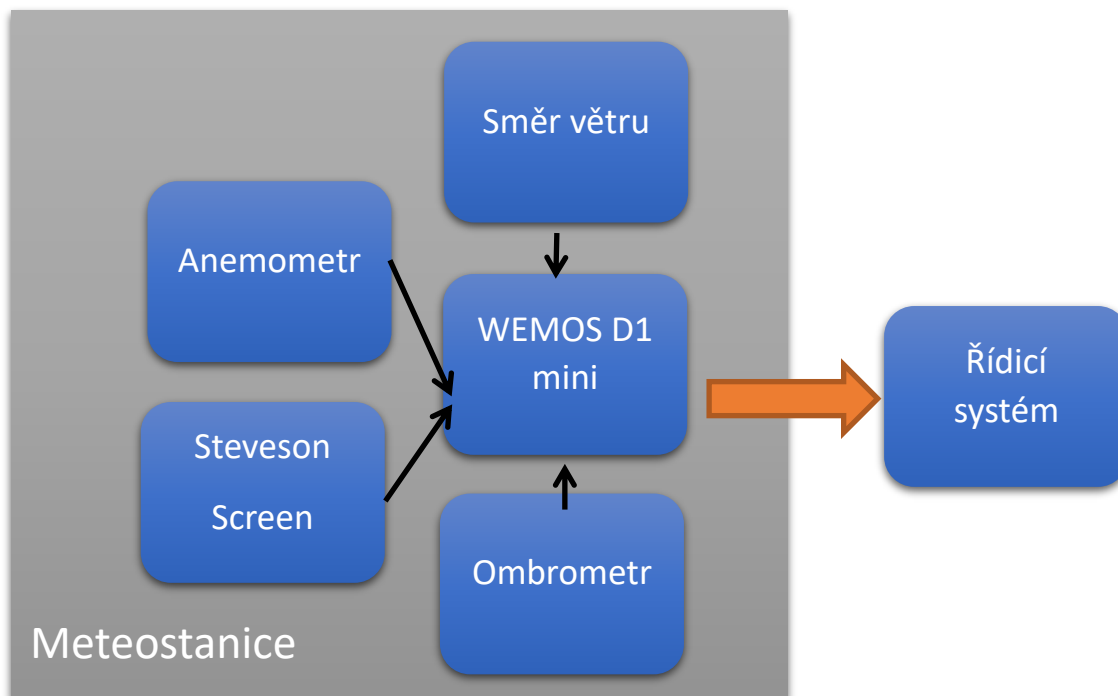


Obrázek 3: blokové schéma nodu

Nody můžeme dále dělit podle toho, kde se nacházejí, a podle funkce. V této práci jsem nody rozdělil do tří skupin, a to na **vnější, vnitřní a bezpečnostní nody**.

2.2.1. Nody vnějšího prostředí

Vnější nody jsou takové, které se nenacházejí uvnitř budovy, a proto musí být schopné odolat počasí. V této práci je jeden takový nod, a to meteostanice, která se skládá ze čtyř senzorových částí, a to z ombrometru, anemometru, Stevenson screen, který v sobě uchovává teploměr, barometr, hygrometr, a ukazatele směru větru. Obrázek číslo 4 znázorňuje součinnost jednotlivých prvků meteostanice.



Obrázek 4: blokové schéma meteostanice

2.2.2. Nody vnitřního prostředí

Vnitřní nody nemusí odolávat vlivům vnějšího prostředí. V této práci do nich zařazuji termostat, elektroměr, přepínače, monitor vnitřního prostředí (měří teplotu, vlhkost, tlak, únik plynu) a aktuátory.

2.2.3. Bezpečnostní nody

Celý objekt by měl být taky nějakým způsobem zabezpečený, a proto jsem navrhl bezpečnostní systém skládající se z nodů na detekci pohybu a nodů na sledování stavu oken a dveří (otevřeno/zavřeno) využívajících magnetický kontakt. Uživatel bude mít možnost zapnout alarm, a když systém vyhodnotí narušení perimetru, bude uživatel informován emailem.

2.3. Řídicí systém

Řídicí systém inteligentního domu zajišťuje hladký chod domácnosti a ulehčuje uživateli život v ní. Systém se stará o zpracovávání dat z periferních nodů a na základě jejich zpracování a vyhodnocení buď dojde k nějaké předem definované akci, nebo k zobrazení již zpracovaných dat. Hardware, na kterém je spuštěný řídicí systém, je Raspberry pi 4 a software zvolený pro automatizace je HomeAssistant.

3. Základní rozdělení ovládacích řešení

[1]–[4]

Pro monitorování a ovlivňování vnějšího a vnitřního prostředí chytrého domu musí být zvolen druh ovládacího řešení, a to:

- **po vodiči**
- **bezdrátové**
- **hybridní**

Důležité je také brát v potaz to, že ani jedno z řešení není zpravidla lepší než druhé a každé má svůj účel. Kde řešení po vodiči může být ideálním pro nějakou určitou skupinu senzorů v jedné místnosti nebo části objektu, tak bezdrátové řešení může být vhodnou alternativou v jiné části objektu.

3.1 Po vodiči

Výhody

- **Bezpečnost:** Jedna z předností drátového řešení je jeho bezpečnost. Senzor je fyzicky propojen s monitorovacím zařízením, a to je pak následně připojeno do lokální sítě, která se nachází za firewall a switch. Nevzniká žádná komunikace, která by mohla být rušena, odposlouchávána nebo jinak ovlivněna.
- **Spolehlivost:** Jedná se o starou technologii, která je neustále vylepšována. Téměř při ní nedochází k rušení, existují ale extrémní případy, kdy může rušení vzniknout. Při vzniku chyby ve vedení je jednoduché ji najít a odstranit.
- **Modulárnost sítě:** Síť může být modulární s dostatečným plánováním do budoucna.
- **Rychlost:** Drát nemá téměř žádné omezení, co se týče rychlosti přenosu dat, a jediné, na čem rychlost přenosu závisí, je šířka pásma zvoleného kabelu a schopnost vysílače a přijímače posílat a přijímat data.

Nevýhody

- **Mobilita:** Drátové řešení se musí plánovat důkladně a s vizí do budoucna. Předělávání již zabudovaného drátového řešení může narušit infrastrukturu budovy a také být finančně náročné.
- **Cena:** Cena se odvíjí od metráže kabelů, které je potřeba vést. Velké projekty tak mohou být ekonomicky náročné.
- **Realizace:** Drátové řešení je vhodné při stavbě nových budov, v nichž je vedení kabelů pro senzorový systém detailně naplánováno. Problém nastává u zabudování

drátového řešení do již postavených objektů, ve kterých se, jak bylo uvedeno výše, musí zasáhnout do infrastruktury objektu. Jiná možnost je vést kabely v lištách po stěnách, ale to není z estetického hlediska žádoucí. Toto řešení je nevhodné zvláště pokud se jedná o historický objekt, v němž je jakýkoliv zásah do infrastruktury objektu nepřípustný.

3.2 Bezdrátové

Výhody

- **Jednoduchost:** Hlavní výhodou bezdrátového řešení je jeho jednoduchá instalace bez nutnosti zásahu do infrastruktury již postavených objektů. Jeho instalace v již postaveném objektu je finančně méně náročná než instalace drátového řešení.
- **Modulárnost:** Oproti drátovému řešení můžeme bez větších problémů síť nodů zvětšovat a zmenšovat podle naší momentální potřeby.
- **Bezpečnost a připojení:** V dnešní době jsou bezdrátová zařízení všude, např. bezpečnostní kamery, mobily apod. Všechna tato zařízení jsou širokopásmá a citlivá na zpoždění, přesto fungují spolehlivě. Automatizace budov spočívá v aplikaci úzkopásmových zařízení, která nejsou tak citlivá na zpoždění, což znamená, že jsou více než schopná daný úkol zvládnout.

Nevýhody

- **Baterie:** Existují dva druhy bezdrátových nodů: powered a selfpowered. Powered potřebují pro svůj chod baterie a je tak potřeba je v pravidelných intervalech měnit, což může způsobovat problémy, když se v monitorovaném objektu nachází nadměrné množství takovýchto nodů. Selfpowered pak berou energii například z malých změn teploty, tlaku, světla nebo vibrace, což je vlastně dělá téměř bezúdržbovými.
- **Rušení, dosah:** K rušení signálu může docházet, pokud je nod v blízkosti generátoru nebo elektrického motoru a podobných zařízení, která generují elektromagnetická pole. Nody se mohou rušit navzájem při komunikaci (v dnešní době už téměř vůbec záleží na tom, na jaké komunikují frekvenci a jaký používají komunikační protokol). V silně zastavěném prostoru může nastat problém s kvalitou a dosahem signálu.

3.3 Shrnutí

Při výběru ovládacího řešení je vždy dobré položit si několik otázek:

- 1) Jakou plochu musí senzory pokrýt?

- 2) Jaké použít množství senzorů pro dostatečné pokrytí oblasti? Kam jednotlivé senzory umístit? V případě bezdrátových, kde budou umístěné přijímače?
- 3) Jaké jsou v prostoru překážky, jež mohou snižovat kvalitu přenosu nebo ho znemožnit (v příp. bezdrátového řešení)?
- 4) Může dojít k poškození nodu v určeném místě?
- 5) Může dojít k poškození kabelu senzoru (v příp. drátového řešení)?
- 6) Lze očekávat změny v blízké budoucnosti, kvůli kterým bychom museli předělat celý systém (v příp. drátového řešení)?
- 7) Jak bezpečné je bezdrátové spojení? Může být rušeno nebo odposloucháváno (v příp. bezdrátového spojení)?
- 8) Jak dlouho vydrží systém udržovat energii (v příp. bezdrátového spojení)?

Drátové senzory se vyplatí vybrat ve chvíli, když ještě daná budova není postavena a může se tak celý systém navrhovat na míru včetně různých rozšíření do budoucnosti, nebo v případě, že jde o např. montážní halu a nebude nám tak vadit vést senzorové linky po stěnách (to ale může samozřejmě zvýšit riziko úrazu nebo poškození kabelu).

U bezdrátových senzorů nezáleží na tom, jestli je daný objekt postavený nebo ne, ale spíše na tom, jestli nám více vyhovují. Určitě bude vždy levnější a jednodušší monitorovat a automatizovat budovu bezdrátově, když už je postavená. Většina problémů spjatých s přenosem a bezpečností signálu nebo s cenou senzorů a komponent jsou už v podstatě součástí minulosti, protože v dnešní době jsou tyto technologie naprosto spolehlivé a bezpečné a s narůstajícím počtem výrobců bezdrátových senzorů i levné. Celkově se bezdrátové senzory hodí víc k ideu IoT.

4. Software

4.1 MQTT

[5], [6], [7]

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) je lehký publish/subscribe síťový protokol, který zajišťuje přenos zpráv mezi zařízeními. Podle aplikační hierarchie se nachází nad TCP a IP. MQTT definuje dva typy entit, a to **MQTT broker** a **MQTT Client**.

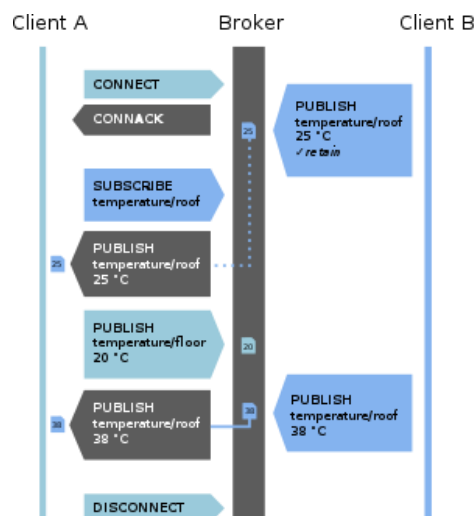
MQTT Client

Jedná se o jakékoliv zařízení, které obsahuje MQTT knihovnu, v tomto případě senzorový nod, a je schopné se připojit k MQTT Broker a odeslat nebo přijmout zprávu. Client má několik režimů, a to publish a subscribe. Publish režim odesílá zprávy. Zpráva má v sobě téma (topic). Tato zpráva je odeslána MQTT broker, který zprávu odešle dál. Subscriber přijímá zprávy na základě určeného topick. Může také přijímat zprávy z více topick naráz.

MQTT Broker

Jedná se o software běžící na počítači nebo serveru. MQTT broker přijímá všechny odeslané zprávy a přesměrovává je k zařízení, které odpovídá topick. Ve chvíli, kdy MQTT broker obdrží zprávu na topick, který žádný klient nepřijímá, je zpráva vymazána, nebo ponechána, a to v případě, pokud má broker retain message vlastnost. MQTT broker je schopný mít k sobě připojeno až 100 zařízení. Obrázek číslo 5 znázorňuje fungování MQTT broker.

MQTT je asynchronní, kompaktní protokol, který má podporu kvality služeb (**QoS**), ty jsou znázorněny na obrázku číslo 6.



Obrázek 5: MQTT součinnosti broker

4.2 QoS

QoS je rozděleno na 3 úrovně, a to:

- **QoS0** At most once
- **QoS1** At least once
- **QoS2** Exactly once

QoS0

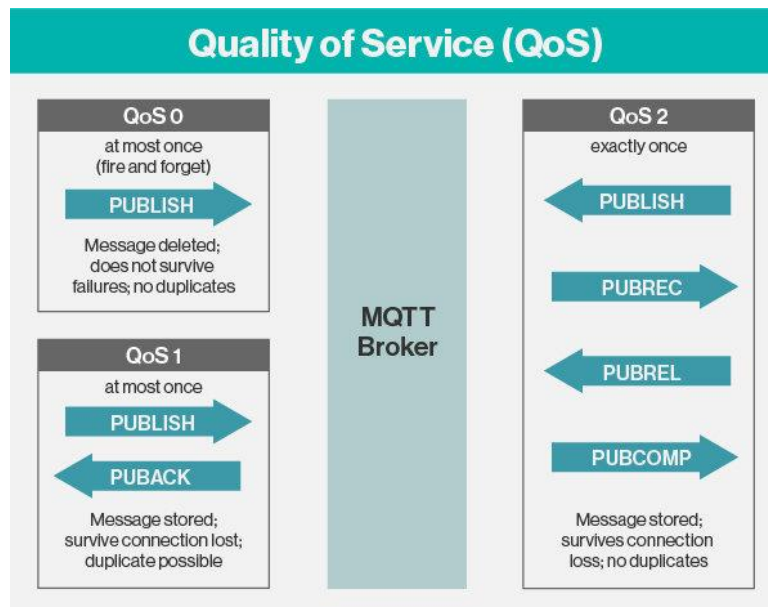
V této konfiguraci publisher odešle zprávu pouze jednou a nečeká na žádnou odpověď. Zpráva tak nemusí dojít. Tento způsob přenosu je velmi rychlý, ale hrozí nedoručení zprávy. Tato konfigurace se hodí pro systémy, v nichž výpadek jedné hodnoty není problém.

QoS1

V této konfiguraci publisher odešle zprávu a čeká na zpětné potvrzení od MQTT broker. V situaci, kdy není zpětná zpráva zachycena, publisher znovu odešle svoji zprávu. To se opakuje do doby, než dostane zpětné potvrzení o přijetí zprávy. I v případě výpadku bude zpráva odeslána. Může však dojít k duplikaci zprávy.

QoS2

V této konfiguraci je vždy zaručené doručení zprávy subscriber právě jednou. Nikdy nedojde k duplikaci zprávy. Jedná se o nejpomalejší, avšak nejbezpečnější způsob přenosu zpráv.



Obrázek 6: MQTT QoS [6]

4.2. ESP-NOW

[8]

ESP-NOW je komunikační protokol vyvinutý společností Espressif. Protokol dovoluje komunikaci mezi zařízeními, a to bez potřeby využití Wifi.

ESP-NOW aplikuje IEEE802.11, IE funkce, které byly vyvinuty Espressif, spolu s CCMP enkryptující technologií. Toto vše dohromady vytváří bezpečný komunikační systém.

Vlastnosti

- enkryptovaná a neenkryptovaná unicast komunikace
- mix enkryptovaných a neenkryptovaných zařízení
- maximální payload 250byte
- callback funkce, která informuje aplikační vrstvu o úspěchu nebo neúspěchu přenosu

Limitace

- počet enkryptovaných zařízení je omezen na 10 ve station modu a na 6 v SoftAP
- počet peer zařízení je limitován na 20, toto číslo zahrnuje už i předešlý počet enkryptovaných zařízení
- maximální payload 250byte

4.3. UART

[9], [10]

UART znamená Universal Asynchronous Receiver/Transmitter. UART komunikace přímo propojuje dvě zařízení dohromady. Vysílající UART obdrží data od kontrolního zařízení jako je například CPU. Tato data dostane v paralelní formě a pro jejich přenos je nutné je překonvertovat do sériové formy. Takto překonvertovaná data jsou pak odeslána druhému UART zařízení, které se chová jako přijímač. To obdržená data překonvertuje zpět do paralelní formy a předá dále kontrolnímu zařízení. Pro umožnění komunikace jsou potřeba pouze dvě linky.

UART je asynchronní komunikace. To znamená, že nevyužívá žádné hodiny pro synchronizaci komunikace, ale na začátek zprávy je přidán start bit a na konec zprávy pak stop bit. Tyto bity pak definují začátek a konec zprávy, takže koncové zařízení ví, kdy má začít a přestat číst.

Ve chvíli, kdy přijímací zařízení obdrží start bit, začne číst příchozí bity na určité frekvenci. Tato frekvence je známá jako baud rate. Baud rate je měrná rychlost datového toku. Udává se v bitech za sekundu. Obě zařízení musí pracovat na stejné frekvenci a být nastavena pro vysílání a přijímání stejných datových struktur.

Data odesílaná skrze UART jsou uspořádána do takzvaných paketů. Tyto pakety se skládají z jednoho start bitu, 5 až 9 data bitů a 0 až 1 parity bitu a 1 až 2 koncových bitů. Příklad takovéto komunikace je znázorněn na obrázcích číslo 7 až 11.

Start bit

Komunikační linky jsou obvykle drženy pod napětím (HIGH) po dobu, kdy se nevyužívají. Ve chvíli, kdy má dojít ke komunikaci, je linka vztažena k zemi na délku jednoho cyklu. V momentě, kdy přijímací UART zaznamená tuto změnu v napětí na komunikační lince, začne číst příchozí bity při frekvenci, která je stanovena baud rate.

Data bity

Jedná se o vlastní data, která jsou posílána z jednoho zařízení druhému. Délka dat je 5 až 8 bitů pokud je využit parity bit. Pokud není využitý parity bit, tak je délka dat 5 až 9 bitů.

Parity bit

Parity bit je možnost přijímacího zařízení, jak zkontrolovat, že datový přenos proběhl úspěšně a data nebyla při přenosu změněna nebo poškozena. Kontroluje sudost nebo lichost HIGH datových bitů. Když je Parity bit nastaven jako 0, tak součet všech HIGH datových bitů musí být sudý, když je bit nastaven jako 1, tak jejich součet musí být lichý.

Stop bit

Pro ukončení datového přenosu a signalizaci konce paketu bude vysílající UART držet přenosovou linku v napěťovém stavu HIGH po dobu trvání 2 a více bitů.

Výhody

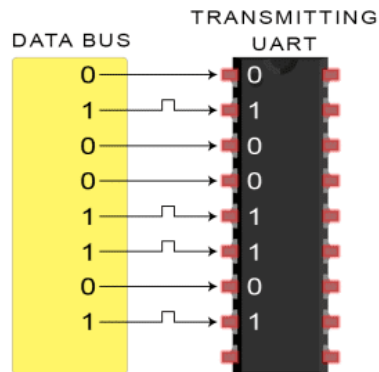
- využívá pouze dvě linky
- není potřeba žádný clock signál
- je dobře dokumentovaný a často využívaný
- nabízí možnost kontroly chyby přenosu
- struktura data paketu může být změněna, musí být ale změněna u obou zařízeních

Nevýhody

- velikost přenášených dat je 9 bitů
- umožňuje komunikaci pouze mezi dvěma zařízeními
- zařízení musejí mít stejný baud rate

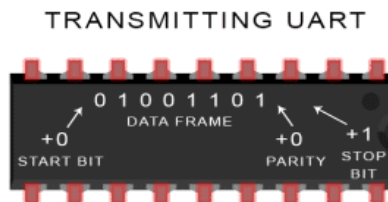
Příklad

1) Vysílající UART obdrží data



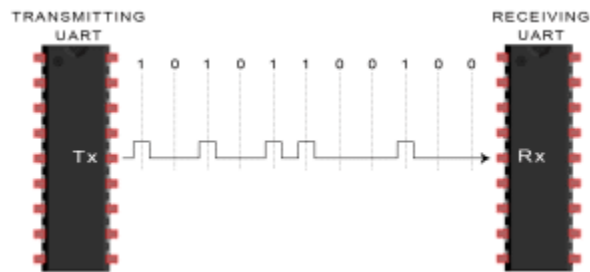
Obrázek 7: UART přijímání paralelních dat [9]

2) Vysílající UART přidá start, stop a parity bit



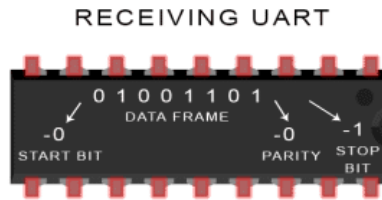
Obrázek 8: UART konvertující data [9]

3) Data jsou sériově odeslána



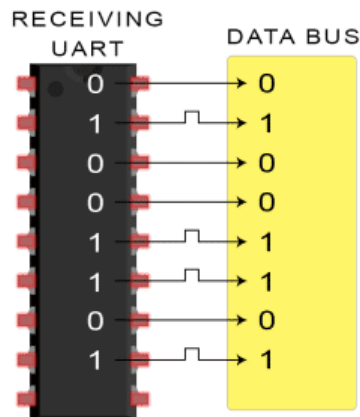
Obrázek 9: UART sériová komunikace [9]

4) Přijímací UART se zbaví start, stop a parity bitu



Obrázek 10: UART konverze dat [9]

5) Sériová data jsou překonvertována zpět na paralelní a předána dále



Obrázek 11: UART odesílání dat paralelně [9]

4.4. Arduino IDE

Arduino IDE je open source, crossplatform software, který funguje na Windows, macOS a Linux. Arduino IDE podporuje psaní kódu v C a C++. Jedná se o aplikaci, ve které se píší programy pro mikrokontrolery a jiná zařízení. IDE podporuje kontrolu kódu, jeho nahrání na kontroler.[11], [12]

5. Hardware

5.1. ESP8266

[13]–[16] [17]

Základem všech Nodů je ESP8266 SoC (System on a Chip) vyrobené firmou Espressif Systems. ESP8266 poskytuje plné připojení k internetu, je osazené procesorem Tensilica Diamond Standard 106 Micro. ESP8266 používá 3,3 V logiku. GPIO piny netolerují 5 V. Umožňuje nastavení digitálních pinů jako input nebo output. Je schopný zpracovat analogový vstup. ESP8266 disponuje 17 programovatelnými GPIO piny.

Parametry ESP8266:

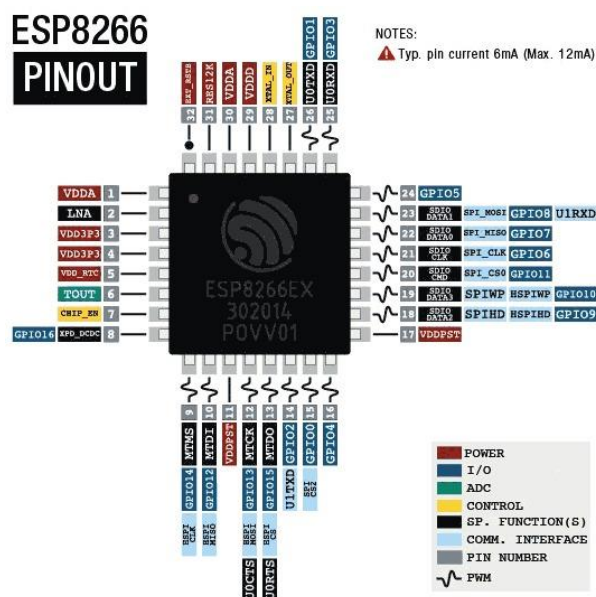
- SDIO 2.0, SPI, UART
- 32pin QFN pouzdro
- integrovaný RISC procesor, on-chip paměť a externí paměťové rozhraní
- možnost programovat pomocí AT příkazů
- QOS management
- integrované šifrování a zabezpečení WEP, TKIP, AES, a WAPI
- podporuje APSD pro VoIP aplikace

Paměť

- 32 KiB instrukcion RAM
- 80 KiB user-data RAM
- 16 KiB ETS system-data RAM
- External QSPI flash

Vstup/výstup jsou znázorněny na obrázku číslo 12.

- ADCs, I^2S , I^2C , UART, SPI



Obrázek 12: ESP8266 [15]

6. Vlastní řešení

6.1. Obecný úvod

V této kapitole obecně popisují fungování celého systému, bloky, ze kterých se skládá, a součinnost mezi nimi. V dalších kapitolách je následně detail jednotlivých bloků a prvků, které je tvoří. Obrázek 17 pak znázorňuje celkové fungování systémů.

Celý systém se skládá ze tří hlavních bloků viz obrázek 1, a to:

- energetický systém
- nody
- řídicí systém

6.1.1 Energetický systém

Energetický systém poskytuje energii všem nebateriovým zařízením a elektrickým spotřebičům. V obrázku číslo Obrázek 13 je zobrazeno schéma součinnosti energetického systému a jednotlivých prvků, které pohání. Energetický systém se skládá ze 2 hlavních bloků, a to:

- AC blok
- DC blok

AC blok

AC blok pohání domácí elektrické spotřebiče, jako jsou například světla. Skládá se ze dvou částí, a to z invertoru, který mění stejnosměrný proud na střídavý proud, a jističů.

DC blok

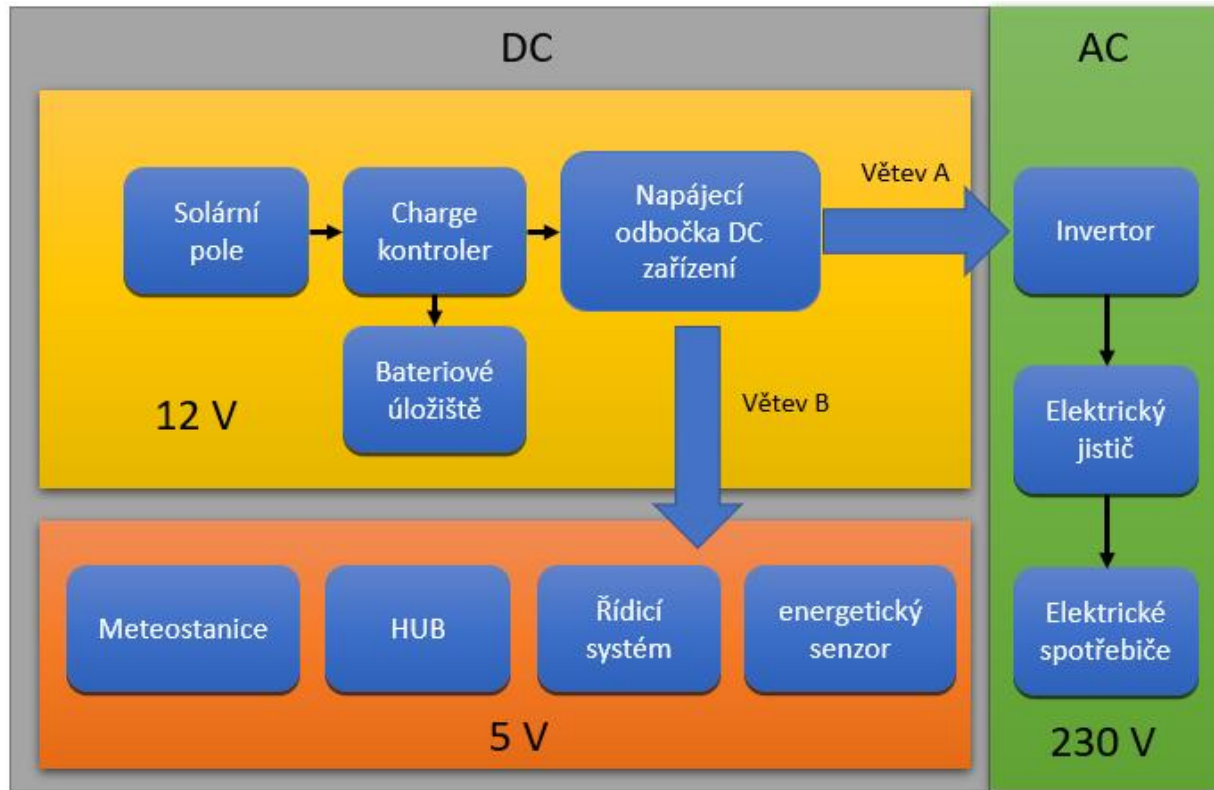
DC blok má se skládá z dalších dvou sekundárních bloků, a to z 12 V bloku a 5 V bloku.

12 V blok

Tato část systému se skládá ze solárních polí, která vyrábí energii, charge kontroléru, který vyrobenou energii vyrovnává na 12 V a rozvádí dál do bateriového úložiště a první rozvodní skříň. V této skříni se vedení rozděluje do dvou větví, na větev A a větev B.

Větev A pokračuje dále do AC bloku, kde vede do invertoru.

Na větvi B je pak sníženo napětí z 12 V na 5 V pomocí napěťových měničů. Tato větev pak pohání hlavní řídicí systém, meteostanici, energetický senzor a HUB.



Obrázek 13: Součinnost energetického systému

6.1.2 NODY

Nody řídicímu systému dodávají informace o vnitřním a vnějším prostředí a spotřebě energie, na jejichž základě je pak řídicí systém schopný vykonávat různé úkony. Nody v této práci můžeme rozdělit podle dvou kritérií, a to podle komunikační hierarchie a protokolu a pak podle umístění v objektu a jejich funkce.

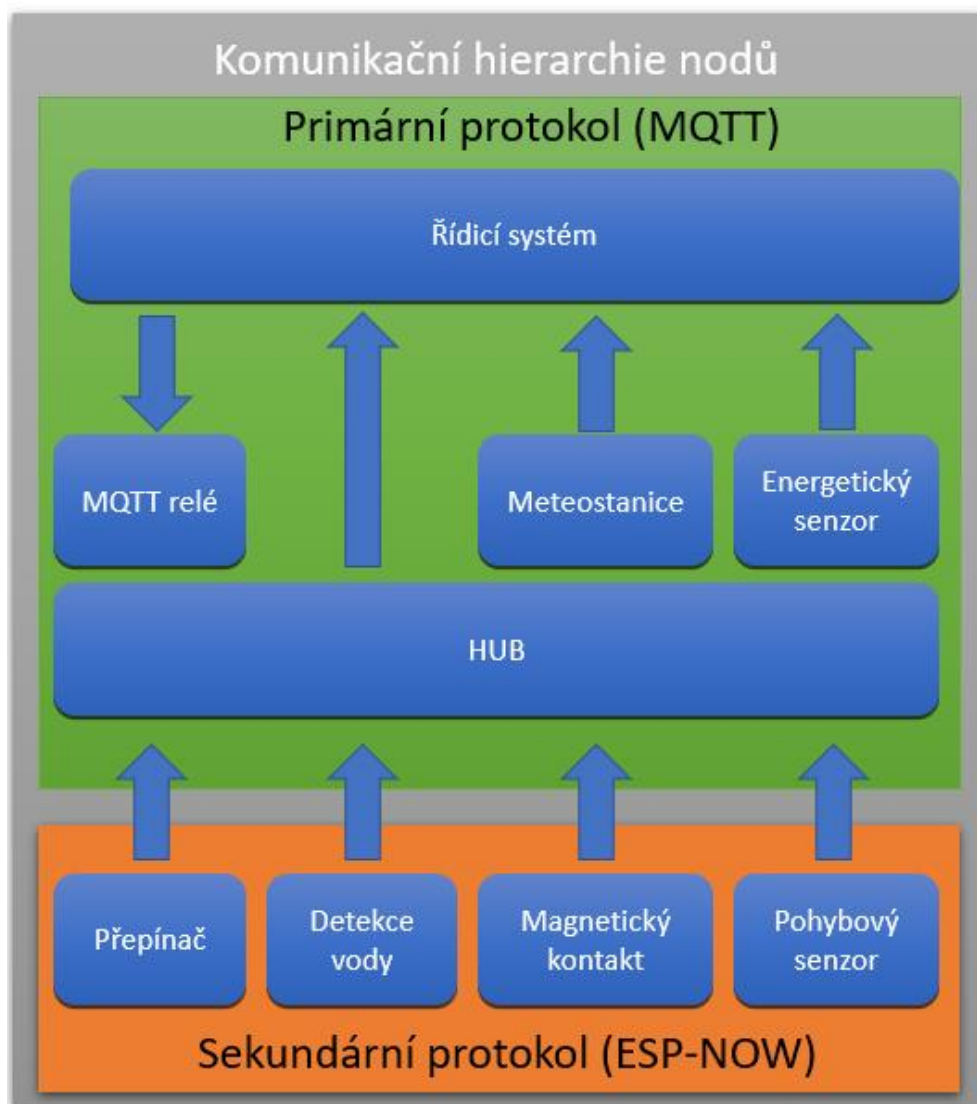
Jednotlivé nody, jejich funkce, software a hardware diagramy včetně ekonomické náročnosti jsou popsány v nadcházejících kapitolách.

Rozdělení podle komunikační hierarchie

Tato část textu odkazuje na obrázek číslo 14, v němž je znázorněna komunikační hierarchie v závislosti na komunikačním protokolu. Bezdrátová komunikace je zajištěna pomocí 2 komunikačních protokolů, a to ESP-NOW a MQTT (více k těmto protokolům viz v kapitole 4 Software). Podle těchto protokolů jsou senzory rozděleny do jednotlivých bloků. Čím je větší počet překladů zprávy před doručení řídicímu systému, tím níže je protokol v hierarchii.

Primární komunikační protokol je mnou zvolené označení pro protokoly, které nepotřebují pro svoji komunikaci překládací prvek, jakým je například HUB, a komunikují s řídicím systémem přímo pomocí jednoho komunikačního protokolu. Primární komunikační protokol pro celý systém je MQTT. Nody v MQTT bloku jsou nody, které jsou konstantně zapnuté a nejsou tak ovlivněny delším startovacím časem MQTT protokolu.

Sekundární komunikační protokol je mnou zvolené označení pro protokoly, které nekomunikují s řídicím systémem přímo, ale zpráva je nejprve odeslána HUB, kde je převedena do jiného protokolu, který je řídicí systém schopen přijmout. Sekundární komunikační protokol zvolený v této práci je ESP-NOW. Nody označené v tomto bloku potřebují komunikační hub, který zajistí předání zprávy řídicímu systému. Nody využívající tento protokol jsou bateriové. Protokol byl zvolen díky rychlému obnovení komunikace při resetu zařízení a malé energetické a náročnosti.



Obrázek 14: Komunikační hierarchie nodů

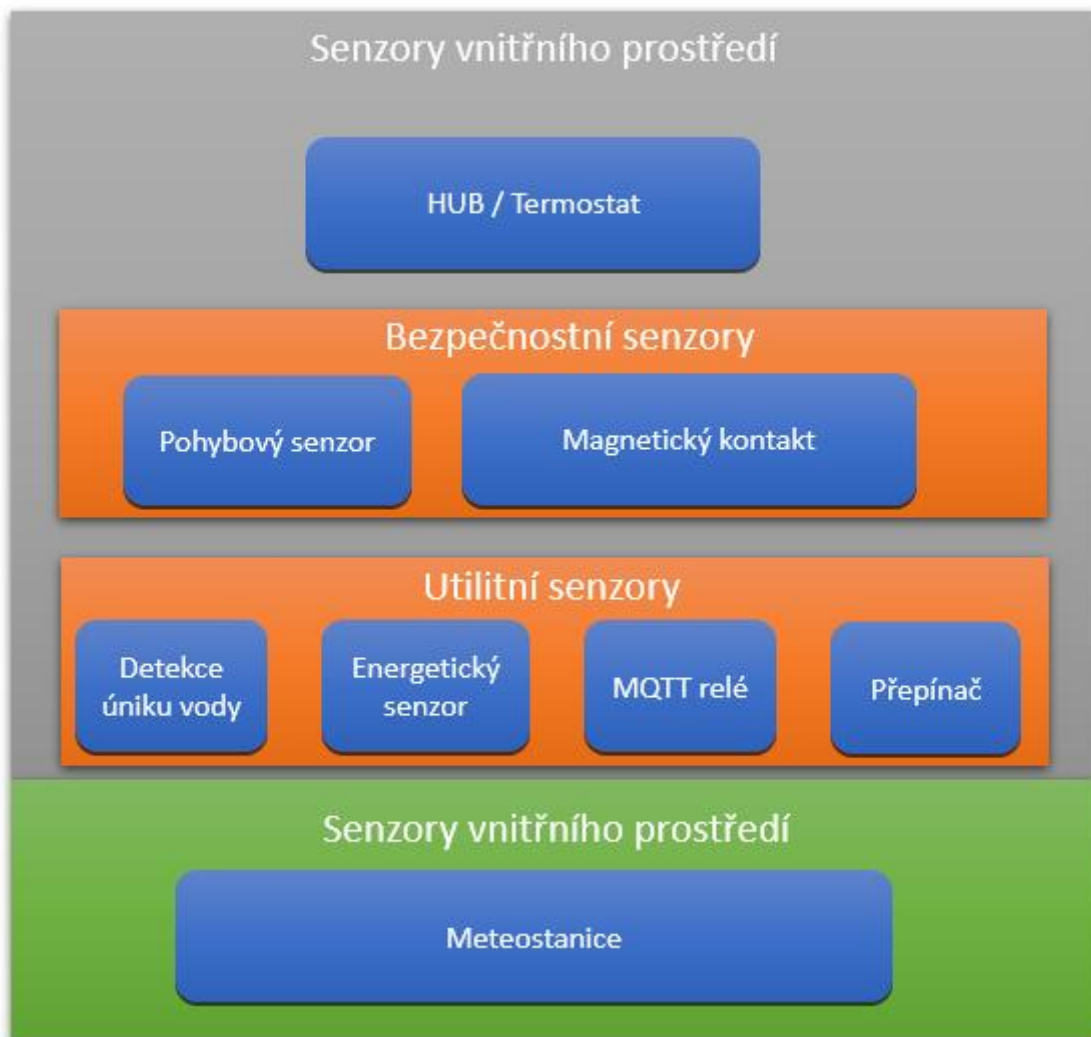
Rozdělení podle funkce a umístění

Podle umístění

Senzory můžeme také rozdělit podle funkce a umístění viz obrázek 15. Senzory vnějšího prostředí jsou navrženy tak, aby byly schopné odolat vnějším podmínkám, jako jsou déšť, přímé vystavení slunečnímu záření, různým teplotním výkyvům a povětrnostním okolnostem. Zatímco vnitřní senzory nemusí splňovat takové požadavky.

Podle funkce

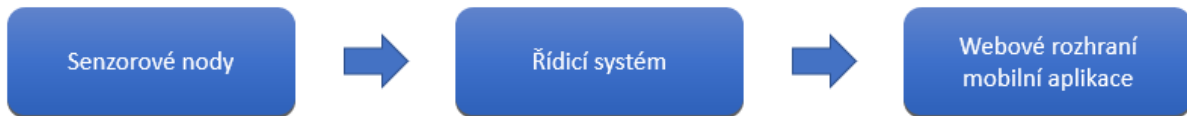
Senzory rozdělujeme do několika kategorií, a to na utilitní, bezpečnostní a senzory prostředí, kde do každé kategorie spadají různé senzory viz obrázek 15. Více k tomuto rozdělení v kapitole 2.



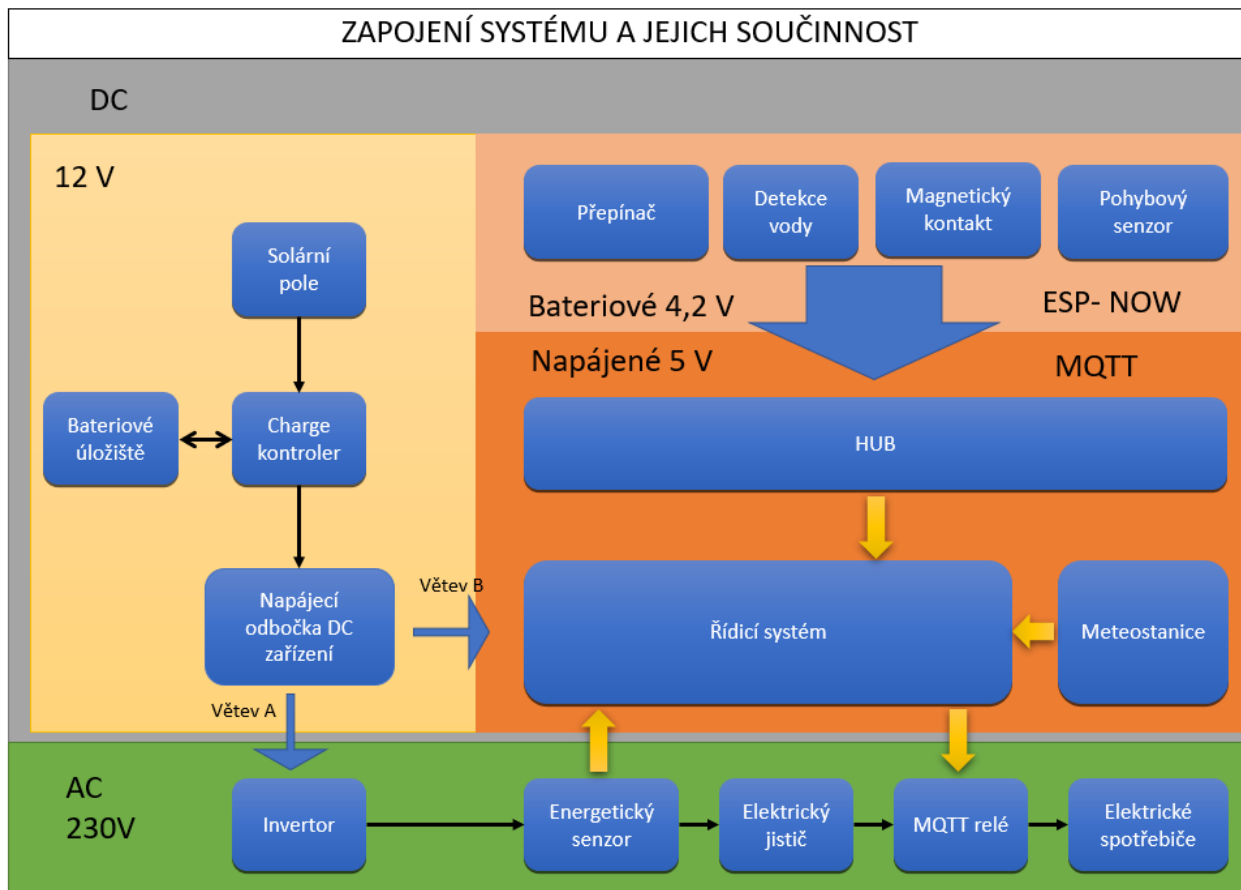
Obrázek 15: rozdělení nodů podle funkcí a prostředí

6.1.3 Řídicí systém

Řídicí systém inteligentního domu zajišťuje hladký chod domácnosti a ulehčuje uživateli život v ní. Systém se stará o zpracovávání dat z periferních nodů a na základě jejich zpracování a vyhodnocení buď dojde k nějaké předem definované akci, nebo k zobrazení již zpracovaných dat na webovém rozhraní nebo v mobilní aplikaci. Systém je napájen větví B viz obrázek 13, v komunikační hierarchii je na vrcholu viz obrázek 14.



Obrázek 16: řídicí systém posloupnost



Obrázek 17: Zapojení systému a jejich součinnost

6.2 Nody

Tato kapitola popisuje potřebu pro vytvoření jednotlivých nodů a jejich konstrukci. V této kapitole jsou 3 hlavní podkapitoly, které se věnují jednotlivým skupinám nodů.

- Vnitřní
- Vnější
- Bezpečnostní

Senzorové nody jsou předem rozdělené do 3 hlavních skupin podle místa instalace a ve speciálních případech podle funkce.

6.3 Vnitřní nody

Vnitřní nody jsou rozmístěny uvnitř objektu v místech, která jsou nepřístupná vnějším podmínkám a zároveň vhodná pro jejich používání. Systém vnitřních nodů se skládá z následujících 5 zařízení:

- Nastavitelný vypínač
- Termostat/HUB
- Senzor úniku vody
- Ovládací relé
- Měření spotřeby energie

Každé zařízení plní specifickou funkci pro chod objektu.

6.3.1 Nastavitelný vypínač

Nastavitelný vypínač v této práci slouží jako přepínač světel spolu s využitím dálkového relé (bude rozvinuto dále v příští kapitole). Účel přepínače se dá změnit na základě programu v HOME asistentu.

Hardware

Hlavní obvod se skládá z pěti částí, a to:

- Baterie
- ESP-12f
- Power cutoff circuit
- Battery power measurment
- LDO

Baterie

Celý systém je napájen z Li-ion baterie 18650, která plně nabitá a na vstup přivádí 4,2 V. Tuto baterii jsem zvolil kvůli její dostupnosti a kapacitě.

ESP-12f

ESP-12f je wifi modul, který je vystavěný na SoC ESP8266, který je popsán v kapitole 1.1, se zabudovanou 32Mbit Flash pamětí. Modul má na svém PCB rovněž vyleptanou anténu. [13]–[16]

Power cutoff circuit

Skládá se ze dvou hlavních částí, a to z p-kanálového MOSFET a 6x6x5 mikrospínače. Po stisknutí mikrospínače se aktivuje MOSFET, který propojí obvod a spustí tak ESP-12f. Pin D1 je nastavený jako output s hodnotou LOW a chová se tak jako zem, která po puštění mikrospínače drží MOSFET stále sepnutý a ESP-12f je tak stále aktivní.

- MOSFET: MOSFET, který jsem zvolil pro tento obvod je IRLML6302PBF. Jedná se o P-kanálový MOSFET. MOSFET je v pouzdře SOT-23 a disponuje velmi nízkým RDS(on), které je pouze 0.60 Ω . Maximální gate to source napětí je pak +/- 12 V.[18]
- Mikrospínač: Standardní mikrospínač o rozměrech 6x6x5 mm.

Battery power measurment

Jedná se o dělič napětí skládající se ze dvou SMD rezistorů. Hardware byl analogový pin na chipu esp8266 navržen tak, že maximální napětí, které je schopný na vstupu mít, je v rozpětí od 0 V až 1 V. Rezistory byly vybrány tak, že plně nabitá Li-ion baterie s napětím 4,2 V bude viděna na vstupu jako 1 V.

Funkce tohoto obvodu je měření napětí baterie. Tato informace je pak odeslána spolu se stavem spínače a dále zobrazována v HA. Slouží také k vyslání varování nízkého napětí a potřebě výměny baterie.

LDO

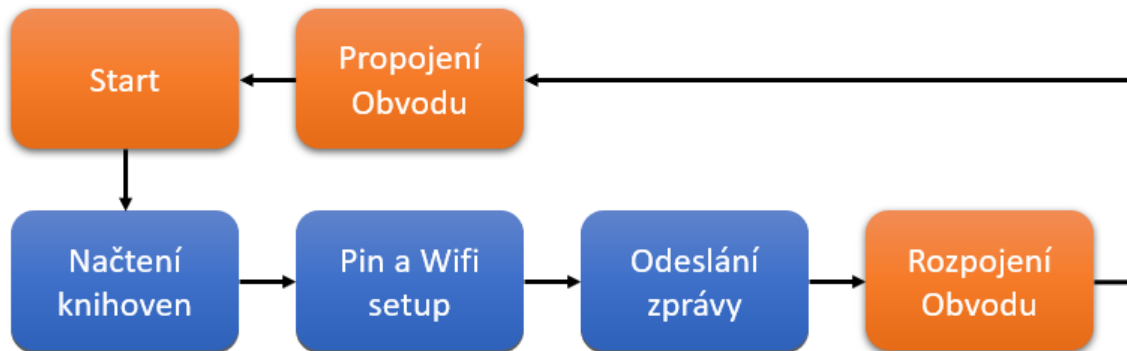
Některé desky, jako například výše zmíněné ESP-12f, jsou hardwarově navrženy tak, že na jejich vstupu může být napětí pouze 3,3 V. Vyšší napětí než 3,3 V by mohla desku zničit nebo zapříčinit její zhoršenou funkčnost. Protože byla při návrhu senzoru vybrána Li-ion baterie, bylo také potřeba zahrnout do návrhu i LDO regulátor.[19]

Zvolený regulátor pro tento obvod je MIC5365-3.3YD5-TR, který je v pouzdře SOT23-5. Maximální proud, který je schopný poskytnout, je 150 mA a má velmi nízké výpadkové napětí a malou spotřebu proudu pro vlastní chod.[7]

FUNKCE

V neaktivním režimu je baterie MOSFET odpojena od ESP-12f a setrvá tak až do doby, kdy je stisknut mikrospínač. Po stisknutí mikrospínače se aktivuje MOSFET, který propojí obvod a spustí tak ESP-12f. Pin D1 je softwarově nastavený jako output s hodnotou LOW a chová se tak jako zem, která po puštění mikrospínače drží MOSFET stále sepnutý a ESP-12f je tak stále aktivní. V aktivním stavu ESP-12f odešle zprávu o svém stavu a napětí baterie HUB, který ji vyhodnotí a upraví. Upravená zpráva je pak dále předána HA. Na základě této zprávy pak můžeme ovládat jiná zařízení, například světla, větrák, kompresor nebo mnoho dalších. Po odeslání zprávy se pin D1 přepne do stavu HIGH, MOSFET tak přestane být aktivní a obvod odpojí od baterie. Tímto způsobem je dosažena dlouhá životnost spínače. Diagram zapojení se nachází na obrázku číslo 19.

Software a struktura programu



Obrázek 18: Blokovaný diagram kódu nastavitelného vypínače

Načtení knihoven

V této sekci kódu zahrnuji do programu všechny knihovny, které jsou potřeba pro fungování napsaného kódu a nejsou zahrnuty už v samotném Arduino IDE.

Pin a Wifi setup

Tato část kódu je odpovědná za nastavení zvoleného pinu jako output a jeho následné nastavení jako LOW a bezdrátové připojení k HUB. V případě, že nastane chyba a zařízení se nepodaří připojit k HUB, vypíše zařízení chybovou hlášku na sériovou linku.

Rozpojení obvodu

Dochází k němu po odeslání zprávy.

Aby došlo k rozpojení obvodu, je zvolený pin nastaven jako HIGH a MOSFET, který je pinem ovládán, se tak vypne a rozepne napájecí obvod. To vede k vypnutí celého systému.

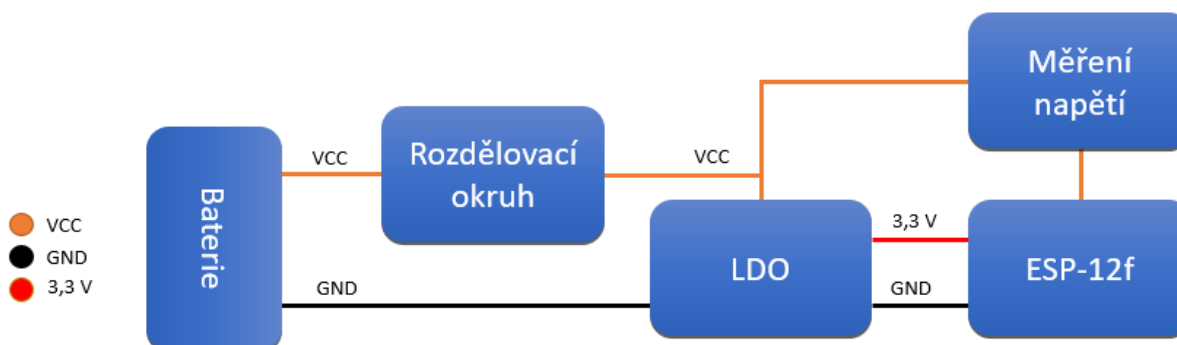
Finance

Cena se týká jednoho finálního produktu. V ceně není zahrnuté poštovné pro jednotlivé součástky nebo cla. Jednotlivé komponenty by byly levnější, kdyby se jednalo o systémovou výrobu, a ne o sérii 5 zařízení. Cenu by se dalo snížit objednávkou ESP-12f z Číny, a ne od českého prodejce. Tabulka číslo 1 ukazuje jednotlivé ceny a cenu konečnou.

Tabulka 1: Cenový odhad nastavitelného vypínače

komponenta	Cena [Kč]
ESP-12f	108
Baterie	46,53
Držák baterie	8,29
PCB (bez poštovného a cla)	21,49
Mikrospínač	2
Kondenzátor	1
Rezistory	1
LDO	6,3
Mosfet	6,5
CELKEM	201,11

Schéma



Obrázek 19: Blokové schéma zapojení nastavitelného vypínače

6.3.2 Termostat

HUB

HUB je zařízení, které propojuje sensorovou síť spolu s řídicím systémem. Jedná se o bod, ke kterému se mohou připojit senzory a aktuátory z prostředí, v němž se nachází. Sensorová síť je navržena tak, že jednotlivé senzory komunikují mezi sebou a HUB skrze ESP-NOW komunikační protokol. HUB komunikuje s řídicím systémem pomocí MQTT protokolu.

Hub se skládá ze 2 ESP-12f, kde jedno zodpovídá za přijímání zpráv od sensorové sítě přes ESP-NOW a druhé za jejich odesílání skrze MQTT. Tato dvě ESP jsou propojena a komunikují skrze UART.

TERMOSTAT [20], [21]

Termostat je zařízení, které se používá k automatizaci vytápění prostor. Funguje tak, že srovnává námi zadanou teplotu prostoru s okamžitou teplotou tohoto prostoru. Ve chvíli, kdy je teplota prostoru menší, než námi zadaná optimální hodnota, je vyslán signál. Na základě tohoto signálu se sepne relé, které spustí topný prvek pro daný prostor.

Termostaty můžeme rozdělovat podle mnoha vlastností. Dělí se například podle způsobu vedení signálu k topnému prvku, a to na drátové a bezdrátové, pak také podle toho, jestli je daný termostat digitální nebo mechanický. Další možný způsob dělení je podle počtu zón, ve kterých je termostat schopný měřit teplotu, na jedno zónové a více zónové.

Výhodou digitálního termostatu ve srovnání s mechanickým je jeho schopnost mít měřicí člen mimo svoji konstrukci. To dodává flexibilitu možnostem umístění termostatu na místa, kde by jinak jeho měření mohla být ovlivněna.

Termostat by měl být správně umístěn ve výšce minimálně 1,5 m a v místech, v nichž nedojde k ovlivnění měření. Místa nevhodnými pro umístění termostatu jsou místa v blízkosti oken a dveří nebo místa vystavená přímému slunečnímu záření. Také by se neměl umisťovat do blízkosti topných nebo chladicích jednotek v měřeném prostoru.

V této práci jsem se rozhodl pro návrh a výrobu bezdrátového digitálního termostatu. Termostat bude schopný zobrazovat teplotu, nastavenou teplotu, vlhkost vzduchu a tlak. Aktuální údaje o prostředí budou zobrazovány na termostatu pomocí LCD display. Další možnost pro zobrazení aktuální teploty je v řídicím systému. Termostat předá hodnoty systému pomocí MQTT. Aktivní prvek sloužící pro nastavení optimální teploty monitorovaného prostoru je rotační enkodér. Termostat slouží také k měření koncentrace hořlavých plynů nacházejících se v prostoru. K tomu využívá MQ-2 plynový senzor.

Hardware

Hlavní obvod se skládá ze 6 následujících obvodů:

- ESP-NOW přijímač
- MQTT vysílač
- Digitální vstupy a výstupy pro periferie
- Analogový vstup
- Zdroj
- Programovací a komunikační kanál.

ESP-NOW přijímač

Jedná se o hlavní přijímací jednotku pro senzorovou síť. Hlavní komponenta tohoto obvodu je ESP-12f viz předchozí kapitoly. Spolu s EPS-12f tvoří tento pod obvod ještě dva další pod obvody, a to obvod pro restart ESP a obvod pro FLASH ESP. Ty jsou využívány pro programování a debugging.

ESP je pouze odpovědné za přijímání dat z ESP-NOW sítě a jejich následné předání druhému ESP skrze UART. Nedochází zde k žádné úpravě nebo předzpracování dat.

MQTT vysílač

Hlavní komponenta tohoto obvodu je ESP-12f viz předchozí kapitoly. Spolu s EPS-12f tvoří tento pod obvod ještě dva další pod obvody, a to obvod pro restart ESP a obvod pro FLASH ESP. Ty jsou využívány pro programování a debugging. Dochází zde k částečnému zpracování dat, která ESP obdrží skrze URAT od přijímače, a tím ke snížení výpočetní náročnosti pro řídicí systém. Na základě vyhodnocení doručených dat dojde k odeslání krátké MQTT zprávy řídicímu systému.

K vysílači jsou dále připojeny digitální a analogová periferie:

- BMP280
- MQ-2
- LCD display
- Rotační enkodér

Zdroj

Některé desky, jako například výše zmíněné ESP-12f, jsou hardwarově navrženy tak, že na jejich vstupu může být napětí pouze 3,3 V. Vyšší napětí než 3,3 V by mohlo desku zničit nebo zapříčinit zhoršenou funkčnost.[19]

Zvolený regulátor pro tento obvod je MIC5365-3.3YD5-TR, který se nachází v pouzdře SOT23-5. Maximální proud, který je schopný poskytnout, je 150 mA a má velmi nízké výpadkové napětí a malou spotřebu proudu pro vlastní chod.[7]

Digitální vstupy a výstupy pro periferie

Jde o 3 vstupy realizované pomocí odhalených pinů, na které se daná zařízení mohou připojit. S ESP pak komunikují pomocí I2C protokolu.

BMP280

BME-280 je digitální senzor pro měření hodnot okolního prostředí. Tento senzor je schopný měřit teplotu, tlak, vlhkost a nadmořskou výšku. Se senzorem můžeme komunikovat pomocí SPI nebo I2C komunikačního protokolu. Senzor podporuje 3 módy provozního režimu, a to:

- Deep sleep
- Normal mode
- Forced mode

Senzor obsahuje 3,3 V regulátor, může být tím pádem napájen 3,3 až 5 V. Škála pro měření teploty je od -40 °C až po 80 °C s přesností +/- 1 °C. Škála pro měření vlhkosti je začíná od 0 % a končí na

100% s přesností na 3 %. Škála pro měření tlaku začíná na 300 hPa a končí na 1100 hPa s přesností +/- 1 hPa.[22]–[24]

LCD display

LCD display slouží k zobrazování naměřených hodnot. Velikost displaye je 20 x 4, přičemž 20 znamená 20 znaků na řádek a 4 je počet řádků. Takovýto LCD display obvykle potřebuje 16 pinů, aby mohl plnit svoji funkci. Toto množství ale převyšuje počet pinů, které má deska ESP-12f mini k dispozici. Proto jsem k display nainstaloval přídatnou desku, která dovoluje programovat a užívat display přes I2C sběrnici.

Rotační enkodér [25], [26]

Jedná se o aktivní prvek termostatu sloužící pro ovládání a nastavování teploty. Toto zařízení sleduje otáčivý pohyb osy, ten následně převede na analogový nebo digitální výstup. Rozlišujeme dva hlavní druhy rotačních enkodéru, a to absolutní a inkrementální.

- Absolutní enkodér

Je schopen udržet informaci o své pozici i po odpojení od zdroje energie. Skládá se z disku, ve kterém jsou děrované prstence. Rozměry otvorů se liší prstenec od prstence. Každý otvor má vlastní binární hodnotu. Podle této hodnoty jsme schopni sledovat absolutní pozici rotačního enkodéru.

- Inkrementální enkodér

Inkrementální enkodér sleduje pouze okamžitou změnu pohybu. Nesleduje ale okamžitou polohu osy.

Fungování enkodéru

Enkodér se skládá ze 3 pinů, a to z pinu A, B, C. Piny A a B jsou samostatné, zatímco pin C je jim společný. Na disku enkodéru jsou rozmístěné plošky společného pinu C. Ve chvíli, kdy se začne otáčet diskem, začnou piny A a B tvořit a přerušovat kontakt se společným pinem C. To vytváří pulzy, které můžeme zaznamenat. Z těchto pulzů pak můžeme vyvodit aktuální pozici osy enkodéru. Tyto pulzy nám také říkají, jakým směrem se osa otáčí, a to jestli po nebo proti směru hodinových ručiček.

Analogový vstup

Analogový vstup je napěťový dělič. Na vstup je dovedeno napětí ze senzoru plynového MQ-2.

MQ-2

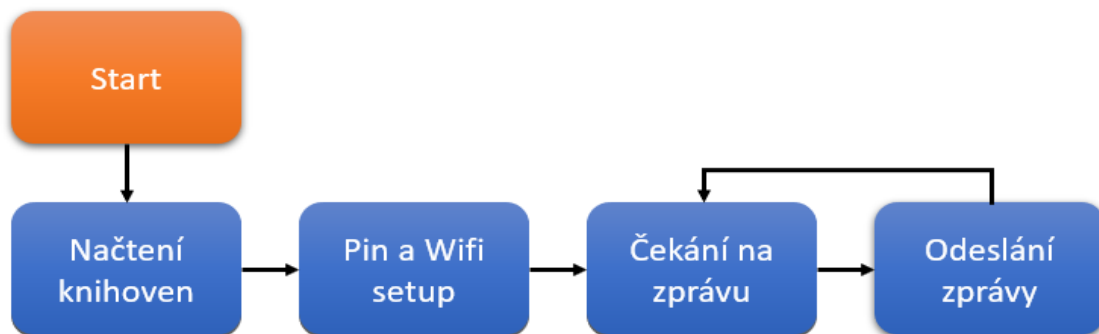
Jedná se o plynový senzor se schopností detekce hořlavých plynů. MQ-2 zvládne detekovat LPG, metan, butan, alkohol, propan, vodík a jiné jim podobné plyny. Jde o elektrochemický senzor, který funguje na principu změny vodivosti. Jako testovací plyn je uvnitř senzoru SnO₂, který když se nachází v čistém ovzduší, má nízkou vodivost, jakmile se ale začne v ovzduší nacházet některý

z plynů uvedených výše, jeho vodivost vzrůstá. Tyto změny jsme schopni zachytit a vyhodnotit. Na základě výsledku můžeme informovat obyvatele a rozhodnout, jestli se jedná o únik. [27]–[29]

Fungování termostatu

BME-280 a MQ-2 měří hodnoty z prostředí, ve kterém se nachází. Tyto hodnoty předá řídicímu prvku, v tomto případě ESP-12f. To je vyhodnotí a následně zobrazí na display a odešle pomocí MQTT řídicímu systému. Hodnoty ze senzoru MQ-2 nejsou zobrazovány na display, ale pouze odeslány řídicímu systému. Rotačním enkodérem jsme pak schopni nastavit teplotu, podle které se bude spouštět topení nebo klimatizace. Tato hodnota je zobrazována na display a je také odeslána řídicímu systému skrze MQTT.

SOFTWARE



Obrázek 20: Blokové schéma kódu přijímače

KOD přijímače

Načtení knihoven

V této sekci kódu zahrnuji do programu všechny knihovny, které jsou potřeba pro fungování napsaného kódu a nejsou zahrnuty už v samotném Arduino IDE.

Pin a Wifi setup

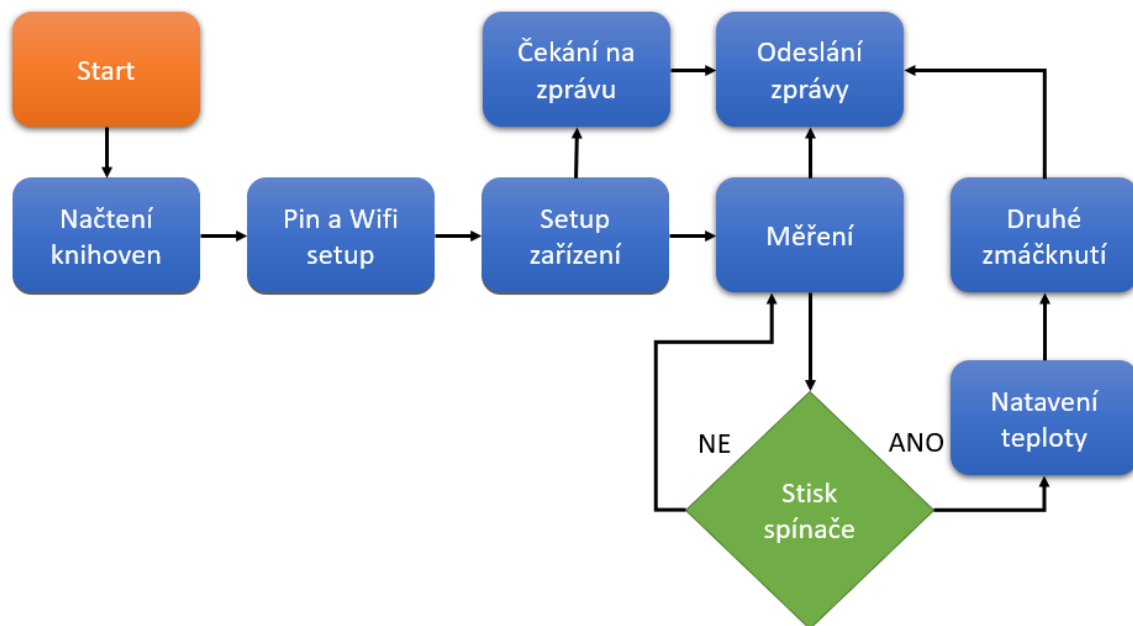
Tato část kódu je odpovědná za nastavení zvolených pinů a bezdrátového připojení. V této části jsou vytvořeny struktury. Tyto struktury slouží jako šablony, do nichž jsou uložena příchozí data od vysílajících senzorů.

Čekání na zprávu

Tato část kódu zpracovává příchozí zprávy vysílajících senzorů. Zprávy chodí pomocí komunikačního protokolu ESP-NOW. Příchozí zprávy jsou uloženy do předem připravených struktur vytvořených v části setup zařízení.

Odeslání zprávy

Zprávy uložené do struktur jsou vhodně konvertovány pro UART komunikaci a následně odeslány.



Obrázek 20: Blokové schéma kódu vysílače

Kód vysílače

Načtení knihoven

V této sekci kódu zahrnuji do programu všechny knihovny, které jsou potřeba pro fungování napsaného kódu a nejsou zahrnuty už v samotném Arduino IDE.

Pin a Wifi setup

Tato část kódu je odpovědná za nastavení zvolených pinů jako input a output a bezdrátové připojení k řídicímu systému. V tuto chvíli je taky přiřazen zařízení správný MQTT public topick, díky kterému je pak schopné komunikovat s řídicím systémem. V případě, že nastane chyba a zařízení se nepodaří vytvořit stabilní Wifi spojení, vypíše pak zařízení na sériovou linku chybovou hlášku.

Setup zařízení

Probíhají zde následující procesy: příprava komunikace přes I2C a vytváření struktur, které jsou potřeba pro přijímání zpráv pomocí UART komunikace.

Toto ESP-12f má k sobě připojené další zařízení. Tato zařízení komunikují s ESP pomocí I2C sběrnice. Takováto zařízení mají vlastní unikátní adresu, kterou ESP vidí. Na základě této adresy je pak s nimi

schopno komunikovat. Po spuštění komunikačního kanálu začne ESP v časech určených pro měření přebírat data od těchto periférií a zobrazovat je na display.

Zprávy přicházející skrze UART přijdou ve tvaru struktury. Tato struktura je dána v nastavení nodu, který zprávu odeslal. Každý nod má specifickou strukturu. Aby bylo ESP schopno přijmout takovou zprávu, potřebuje, aby byla stejná struktura vytvořena i v jeho kódu. Tuto vytvořenou strukturu pak využívá jako šablonu, do které přicházející data ukládá. Prvky následující tuto část jsou v opakující se části programu.

Měření

ESP čte hodnoty na svých vstupech, které pak předzpracuje a připraví k odeslání. Po ukončení měření zařízení chvíli vyčká a začne měřit znovu. Měření je nezávislé na části čekání na zprávu.

Stisk spínače

Ve chvíli, kdy dojde ke stisku spínače, dojde ke změně obrazovky a dostaneme se tak k možnosti nastavení teploty, kterou bychom si přáli ve zvolené místnosti udržovat. K nastavení dojde pomocí otáčení enkodéru. Pro potvrzení zvolené teploty je potřeba spínač enkodéru znovu stisknout.

Čekání na zprávu

Tato část kódu zpracovává příchozí zprávy od přijímacího ESP-12f, které tvoří druhou část HUB. Zprávy přichází pomocí UART komunikace přes sériovou linku. Příchozí zprávy jsou uloženy do předem připravených struktur vytvořených v části setup zařízení. Čekání na zprávu je nezávislé na měření a nastavování termostatu. Dojde tak ihned k odeslání přijaté zprávy.

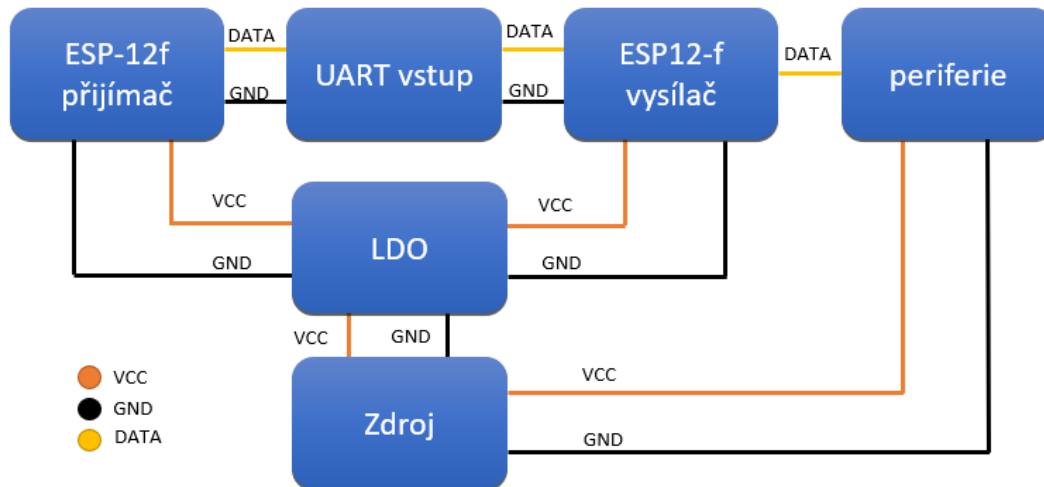
Finance/HUB

Termostat není finančně náročný na zhotovení. Skládá se z minimálního počtu komponent, které jsou všechny běžně dostupné. Proto není problém vybavit každou místnost tímto zařízením. Tabulka číslo 2 ukazuje jednotlivé ceny a cenu konečnou.

Tabulka 2: Cenový odhad termostatu s HUB

Komponenta	Cena [Kč]
ESP-12f 2x	2 x 108
LCD display	71.87
Rotační enkodér	32.78
MQ-2	21
MBO-280	100
Mikrospínač 4x	4 x 2
Rezistory	6.4
kondenzátory	8.2
LDO	18.2
celkem	482.45

Schéma



Obrázek 21:blokové schéma zapojení termostatu a HUB

6.3.3 Senzor úniku vody

Senzor úniku vody slouží k informování majitele/uživatele objektu v případě úniku vody. Tento senzor se umístí na strategicky zvolené místo, kde je zvýšená šance úniku nebo se jedná o špatně přístupné místo pro rutinní inspekci. Obvod se skládá z 5 hlavních částí, a to:

- ESP-12f
- Baterie
- 3.3 V LDO regulátor
- měřící kontakt
- Battery power measurment

ESP-12f

ESP-12f je wifi modul, jenž je vystavěný na SoC ESP8266, který je popsán v kapitole 5.1, se zabudovanou 32Mbit Flash pamětí. Modul má na svém PCB rovněž vyleptanou anténu.

Baterie

Celý systém je napájen z Li-ion baterie 18650, která plně nabitá na vstup přivádí 4,2 V. Tuto baterii jsem zvolil kvůli její dostupnosti a kapacitě.

LDO

Některé desky, jako například výše zmíněné ESP-12f, jsou hardwarově navrženy tak, že na jejich vstupu může být napětí pouze 3,3 V. Vyšší napětí než 3,3 V by mohlo desku zničit nebo zapříčinit zhoršenou funkčnost. Protože byla při návrhu senzoru vybrána Li-ion baterie, bylo také potřeba zahrnout do návrhu i LDO regulátor.[19]

Zvolený regulátor pro tento obvod je MIC5365-3.3YD5-TR, který je v pouzdře SOT23-5. Maximální proud, jenž je schopen poskytnout, je 150 mA a má velmi nízké výpadkové napětí a malou spotřebu proudu pro vlastní chod.[7]

Měřící kontakt

Jedná se o odhalenou vyleptanou síť cest. Síť se skládá z výstup dvou pinů, které však nejsou propojené. K jejich propojení dojde ve chvíli, kdy na odhalené linky dopadne kapalina a tak je propojí.

Battery power measurement

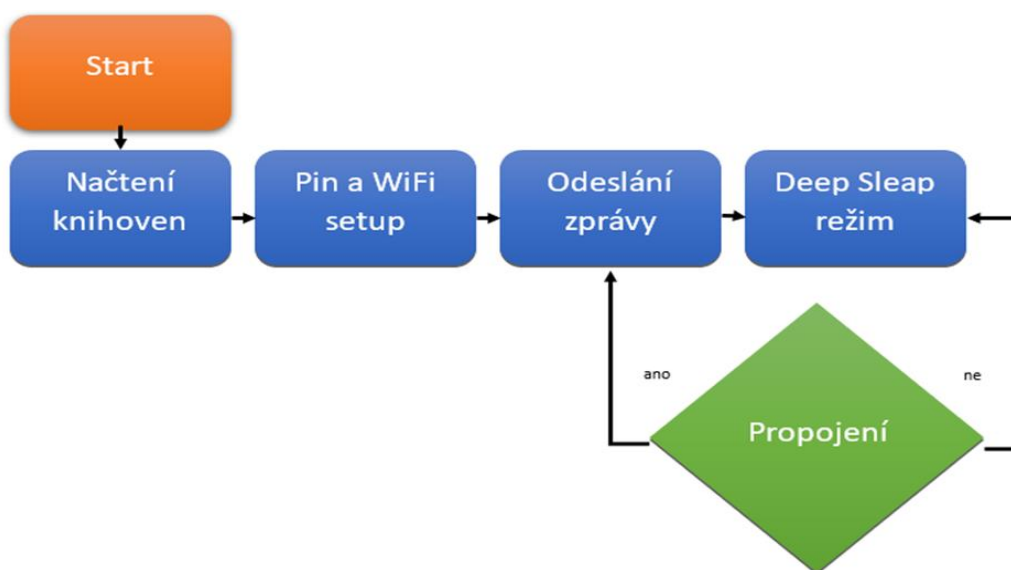
Jedná se o dělič napětí skládající se ze dvou SMD rezistorů. Hardware byl analogový pin na chipu esp8266 navržen tak, že maximální napětí, které je schopen na vstupu mít, je v rozpětí od 0 V až 1 V. Rezistory byly vybrány tak, že plně nabitá Li-ion baterie s napětím 4,2 V bude viděna na vstupu jako 1 V.

Funkce tohoto obvodu je měření napětí baterie. Tato informace je pak odeslána spolu se stavem spínače a dále zobrazována v HA. Slouží také k vyslání varování nízkého napětí a potřebě výměny baterie.

Fungování

V klidovém režimu se nod nachází v Deep Sleep režimu a šetří tak baterii. Aby senzor mohl plnit svoji funkci, je potřeba změnit režim senzoru z klidového na aktivní. K tomu slouží odhalená síť kontaktů, která po namočení uzavře obvod. Uzavření obvodu je zaznamenáno ESP-12f a to změní režim na aktivní. V aktivním režimu odešle nod informaci o svém stavu, a to 1 nebo 0. Informace je odeslána nejprve HUB skrze ESP-NOW a pak přímo řídicímu systému skrze MQTT. Na základě této informace je řídicí systém schopen upozornit majitele/obyvatele objektu o vzniklém úniku vody a zabránit tak vzniku velkých finančních škod.

Software



Obrázek 22: Blokové schéma kódu detektoru vody

Pin a Wifi setup

Tato část kódu je odpovědná za nastavení zvoleného pinu jako input a bezdrátové připojení k HUB. Je zde zanesena adresa HUB, na kterou senzor pak odesílá v jiné sekci data. Pokud nastane chyba a zařízení se nepodaří připojit k HUB, vypíše zařízení chybovou hlášku na sériovou linku.

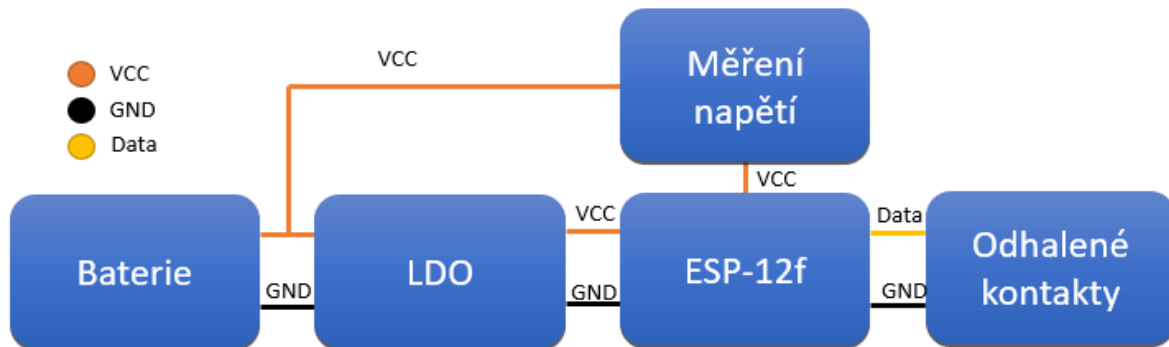
Odeslání zprávy

V této části kódu je zanesena zpráva, kterou senzor odešle ve chvíli, kdy dojde k propojení kontaktů RST pinu a GND pinu. Senzor odesílá zprávy tak dlouho, dokud není problém úniku kapalin adresován a vyřešen.

Deep sleep režim

Vyřešení úniku kapaliny dovolí senzoru se přepnout do Deep sleep režimu. V tomto režimu vyčkává do chvíle, než je kontakt znovu propojen a celý cyklus začne znovu.

Schéma



Obrázek 23: Blokové schéma zapojení detektoru vody

Finance

Cena se týká jednoho finálního produktu. V ceně není zahrnuté poštovné pro jednotlivé součástky nebo cla. Jednotlivé komponenty by byly levnější, kdyby se jednalo o systémovou výrobu, a ne o sérii 5 zařízení. Cenu by se dalo snížit objednávkou ESP-12f z Číny, a ne od českého prodejce. Tabulka číslo 3 ukazuje jednotlivé ceny a cenu konečnou.

Tabulka 3: Cenový odhad detektoru vody

komponenta	Cena [Kč]
ESP-12f	108
Baterie	46,53
Držák baterie	8,29
PCB (bez poštovního a cla)	21,49
Kondenzátor	1
Rezistory	1
LDO	6,3
CELKEM	192,61

6.3.4 Nastavitelné relé

Dálkově ovládaný spínač slouží pro spínání a rozepínání obvodů elektrických spotřebičů v domácnosti jako jsou například světla, větráky, filtry, čerpadla. Toto zařízení je schopné spínat obvody jejichž maximální proud nepřesáhne 10 A. Obvod je dálkově ovládaný skrze MQTT zprávy a může tak být nastaven pro jakékoliv využití. Obvod není poháněn bateriemi, ale odčerpává energii přímo ze sítě.

Obvod se skládá ze 3 hlavních částí:

- Obvod mikrokontroleru
- Energetický obvod
- Obvod relé

Obvod mikrokontroleru

Řídicí jednotka tohoto obvodu je SoC ESP8266. Jako paměť pro tento mikrokontroler jsem zvolil 32byte paměť 25U32, která díky své velikosti umožňuje programování mikrokontroleru bezdrátově. Zbýlá část řídicího obvodu byla navržena podle doporučení od výrobce mikrokontroleru ESP8266.

První programování kontroléru musí proběhnout hardwarově skrze kabel. Jako vstup pro programování slouží 8 pinů.

Energetický obvod

Energetický obvod se skládá ze dvou podčástí:

- Měnič z 230 V střídavého proudu na 5 V stejnosměrného proudu
- Měnič z 5 V stejnosměrného proudu na 3,3 V stejnosměrného proudu

Měnič z 230 V AC na 5 V DC

Hlavní součástka tohoto obvodu je Step Down izolovaný modul s ochranou proti proudovému přetížení a zkratu Hi-Link HLK-PM01. Tento modul je odpovědný za přeměnu proudu z AC na DC. Maximální proud, který je modu schopný poskytnout, je 600 mA. Do obvodu před modulem jsem zahrnul několik

bezpečnostních prvků, a to Varistor, termální pojistku a trubičkovou pojistku. Tyto prvky zajišťují bezpečný chod celého modulu.[30]

Do obvodu byla přidána LED dioda, která signalizuje, jestli je obvod aktivní, nebo nikoliv.

Důvod, proč nebyl vybrán modul, jenž přímo transformuje na 3,3 V, je ten, že 5 V je potřeba pro chod tranzistoru a relé.

Měnič z 5 V DC na 3,3 V DC

Hlavní komponenta tohoto pod obvodu je LDO měnič LM1117MPX-3.3/NOPB. Ten vytváří z 5 V 3,3 V. Obvod je doplněn filtračními kondenzátory podle doporučení výrobce.[30]

Obvod relé

Slouží k rozepínání a spínání obvodu. Skládá se ze 3 hlavních částí: 10 A relé SRD-DC5V-SL-C, tranzistoru BC547B a optočlenu PC817X1CSP9F (A). Celý spínací obvod je opticky oddělen od obvodu mikrokontroleru, aby v případě nehody zůstal řídicí obvod nepoškozený. U relé je umístěna dioda, jež slouží k vybíjení el. proudu, který se vytvoří po rozepnutí relé přeměnou magnetického pole cívky na elektrický proud.

Funkce/užívání

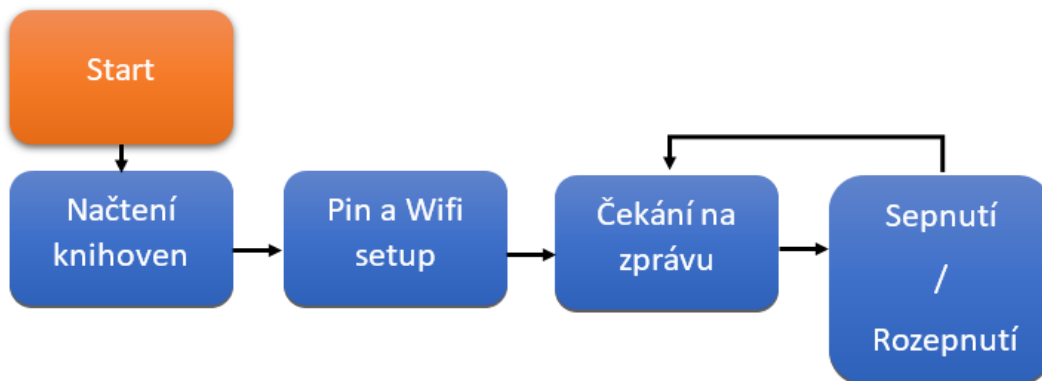
Pro uvedení příkladu využijí lampu se žárovkou.

Nejprve je potřeba naprogramovat obvod. K tomu slouží 8 programovacích výstupů na desce a konvertor z USB na UART. Obvod je dálkově ovládán skrze MQTT zprávy a je naladěn na specifický topick, který odposlouchává. Podle příchozích zpráv od řídicího systému (HA) se pak relé sepne nebo rozepne.

Rozstříhneme kabel a mezi vzniklé konce vložíme dálkový spínač. Po kontrole, že je vše správně zapojeno, můžeme zapojit žárovku do sítě. V tuto chvíli žárovka nesvítí a spínač čeká na příchozí zprávu od řídicího systému. Po obdržení zprávy se obvod sepne a žárovka začne svítit.

Podněty pro zprávy, které řídicí systém generuje, může vyvolávat například programovatelný mikrospínač viz kapitola 6.3.1 výše, softwarová automatizace běžící na řídicí jednotce nebo jiné přepínače od různých výrobců, jejichž vysílání je řídicí systém schopný zachytit.

Po úpravách může obvod fungovat jako ovladatelná zásuvka a nemusí tak dojít k rozdělení kabelu spotřebiče.

Software

Obrázek 24: Blokové schéma kódu nastavitelného relé

Načtení knihoven

V této sekci kódu zahrnuji do programu všechny knihovny, které jsou potřeba pro fungování napsaného kódu a nejsou zahrnuty už v samotném Arduino IDE.

Pin a Wifi setup

Tato část kódu je odpovědná za nastavení zvolených pinů jako output a bezdrátové připojení k řídicímu systému. V tuto chvíli je taky přiřazen zařízení správný MQTT subscribe topic, díky kterému je pak schopné komunikovat s řídicím systémem. V případě, že nastane chyba a zařízení se nepodaří vytvořit stabilní Wifi spojení, vypíše pak zařízení na sériovou linku chybovou hlášku.

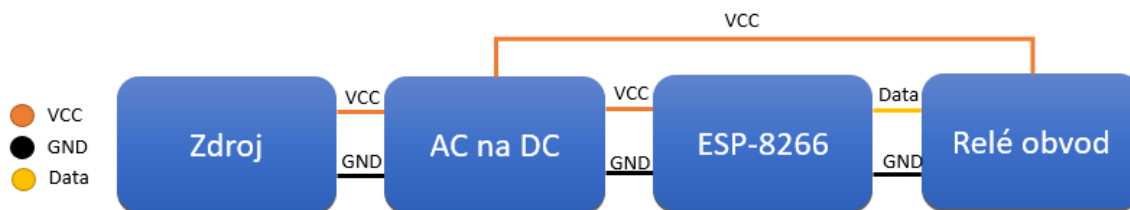
Čekání na zprávu

V této sekci kódu se čeká na zprávu od řídicího systému. Tato zpráva bude obsahovat informaci o změně stavu, kterou má relé vykonat.

Sepnutí rozepnutí

V této části kódu se vykoná změna stavu relé v závislosti na příchozí zprávě. Po vykonání této změny opětovně modul čeká na další zprávu o změně stavu.

Schéma



Obrázek 25: Blokové schéma zapojení nastavitelného relé

Finance

Cena se týká jednoho finálního produktu. V ceně není zahrnuté poštovné pro jednotlivé součástky nebo cla. Jednotlivé komponenty by byly levnější, kdyby se jednalo o systémovou výrobu, a ne o sérii 5 zařízení. Cenu by se dalo snížit objednávkou ESP-12f z Číny, a ne od českého prodejce. Tabulka číslo 4 ukazuje jednotlivé ceny a cenu konečnou.

Tabulka 4: Cenový odhad nastavitelného relé

komponenta	Cena [Kč]
PCB (bez poštovného a cla)	30
Mikrokontroler celek	210
Termální pojistka	27
varistor	5
konvertor	6,3
Pojistka trubičková	10
Držák trubičkové pojistky	10
CELKEM	400

6.3.5 Nod spotřeby a kvality energie

Tento nod slouží pro monitorování spotřeby energie v objektu. Monitorováním spotřeby energií můžeme zjistit energetickou náročnost objektu, tu se v případě vysoké náročnosti můžeme snížit výměnou zastaralých spotřebičů za nové, úsporné, nebo začít s energií hospodařit šetrněji. Monitorované vlastnosti jsou: napětí, proud, výkon, energie, frekvence, výkonový faktor.

Nod se skládá z těchto částí: WEMOS D1 mini, energetický senzor PZEM-004T.

WEMOS D1 mini je popsán v předchozích kapitolách, proto není nutné ho zde znovu popisovat.

PZEM-004T

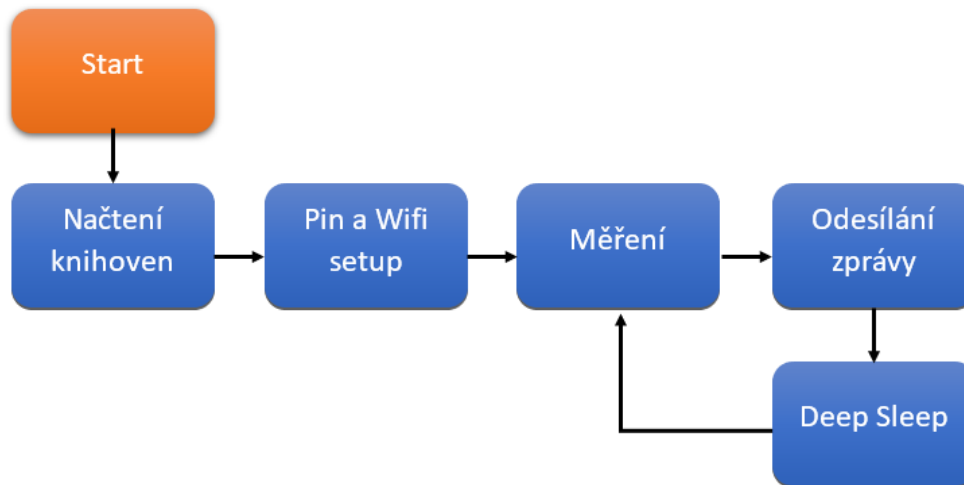
Jedná se o senzor používající SD3004 chip k měření a počítání síťového napětí, protékajícího proudu, frekvence, účinníku, činného výkonu a činné energie. Pro chod senzoru jsou potřeba jen 4 piny. Napájen je pomocí 5 V. Deska je vybavena TTL sériovou komunikací.

Senzor bude použit pro měření energetické spotřeby modelové situace. Maximální proud, který může tímto senzorem procházet, je 10 A při 230 V.[31]

Fungování

PZEM-004T je připojený do domovní sítě. Senzor je připojen před hlavní jistič, tak můžeme měřit veškerou spotřebovanou energii celého objektu. Hodnoty, které senzor naměří, předá řídicí desce WEMOS D1 mini. Tato deska hodnoty zpracuje a pomocí MQTT hodnoty odešle řídicímu systému, který následně hodnoty zobrazí na webovém rozhraní, kde budou volně přístupné pro uživatele tohoto domovního systému.

Software



Obrázek 26: Blokové schéma kódu spotřeby a kvality energie

Načtení knihoven

V této sekci kódu zahrnuji do programu všechny knihovny, které jsou potřeba pro fungování napsaného kódu a nejsou zahrnuty už v samotném Arduino IDE.

Pin a Wifi setup

Tato část kódu je odpovědná za nastavení zvolených pinů jako input a bezdrátové připojení k řídicímu systému. V tuto chvíli je taky přiřazen zařízení správný MQTT public topic, díky kterému je pak schopné komunikovat s řídicím systémem. Nastane-li chyba a zařízení se nepodaří vytvořit stabilní Wifi spojení, vypíše pak zařízení na sériovou linku chybovou hlášku.

Měření

ESP čte hodnoty na svých vstupech, které pak předzpracuje a připraví k odeslání.

Odeslání zprávy

Po odeslání zprávy se senzor přepne do Deep sleep režimu. V tomto režimu setrvá podle předem nastaveného času a poté se opět probere a zahájí cyklus znovu od sekce měření.

Finance

Všechny komponenty, ze kterých se nod skládá, jsou všude běžně dostupné a nijak finančně náročné, proto je možné v systému objektu mít více takových to zařízení a monitorovat tak i spotřebu jednotlivých místností samostatně. Tabulka číslo 5 ukazuje jednotlivé ceny a cenu konečnou.

Tabulka 5: Cenový odhad senzoru spotřeby a kvality energie

Komponenta	Cena [Kč]
WEMOS D1 mini	39,93
PZEM-004T	397
Celkem	436,93

6.4 Vnější nody

6.4.1 Meteostanice

Jedná se o jediný vnější nod skládající se ze čtyř snímacích komponent:

- Ombrometr
- Anemometr
- Stevenson screen
 - o Teploměr
 - o Hygroměr
- Ukazatel směru větru

Řídicí jednotkou tohoto nodu je obvod, který má na sobě SoC ESP8266. Řídicí obvod je odpovědný za sběr dat ze senzorů, částečné zpracování a jejich následné odeslání automatizačnímu serveru. Řídicí obvod je umístěný ve Stevenson Screen. Celý systém je pak napájen z větve B. Meteostanice je umístěna na rohu kůlny, kde sbírá data o počasí.

Podpůrný systém pro jednotlivé měřicí komponenty je vytvořen z PVC trubek o největším průměru 40 mm. Tyto trubky byly zvoleny kvůli nízké hmotnosti materiálu a jeho vysoké pevnosti a optimální pružnosti včetně dobré ceny. Jednotlivé komponenty jsou pak vytištěny na 3D tiskárně z materiálu PLA. Pro připojení měřicích komponent k trubkové konstrukci bylo za potřeby vytisknout redukce z 40 mm na 12 mm. Další verze těchto komponent budou zhotovené z ABS.

PLA (Polyacid acid)

Jedná se o termoplast vyrobený z obnovitelných zdrojů jako je např. kukuřičný škrob nebo cukrová třtina.

Ukazatel směru větru, anemometr a ombrometr fungují na základě magnetického kontaktu, který je spínán magnetem, více v kapitole 6.5.2.

3D modely meteostanice byly nalezeny zde[32]

Stevenson screen

Jedna ze základních komponent meteostanice je Stevenson screen. Jedná se o pouzdro k uchování měřicích a řídicích zařízení a jejich odstínění před přímým sluncem nebo deštěm. Toto pouzdro má v sobě dostatečné množství průduchů, aby skrze ně mohl proudit vzduch kolem měřicích zařízení.[33]

Skládá se z následujících komponent:

- Pouzdro
- DHT 22
- Řídicí obvod

Pouzdro

Pouzdro bylo vytištěno na 3D tiskárně z PLA materiálu a skládá se z 12 částí, a to z 8 průduchových žeber, stojanu pro DHT 22, úložiště pro řídicí obvod, spodního víka a konstrukce, která to vše propojuje.

DHT22

DHT 22 je digitální senzor teploty a vlhkosti. K monitorování prostředí využívá kapacitní senzor vlhkosti a termistor. Pro použití není potřeba analogový pin. Data jsou posílána na digitální výstup. Update hodnot probíhá jednou za 5 minut a funguje s 3,3 V i 5 V. Vlhkostní škála začíná na 0 % a končí na 100 % s přesností 2 % - 5 %. Termistor funguje na škále od - 40 °C po 80 °C s přesností +/- 0,5 °C. Takováto přesnost je optimální pro tento projekt. Senzor disponuje 4 výstupními piny.[34]

Řídicí obvod

Viz obrázek číslo 27.

Řídicí obvod se skládá ze 3 hlavních částí:

- Obvod s ESP-12f
- Výstupy digitálních pinů pro sběr dat
- Energetický obvod

Obvod s ESP-12f

Hlavní komponenta tohoto obvodu je ESP-12f viz předchozí kapitoly. Spolu s EPS-12f tvoří tento pod obvod ještě 2 další pod obvody, a to obvod pro restart ESP a obvod pro FLASH ESP. Ty jsou využívány pro programování a debugging. Dochází zde k částečnému zpracování dat a tím k snížení výpočetní náročnosti pro řídicí systém. Tato data jsou pak následně odeslána skrze MQTT řídicímu systému. Dále jsou na desce dva odhalené piny, které slouží na programování desky skrze UART. Deska se dráty připojí k adaptéru na USB se dá naprogramovat.

Výstupy digitálních pinů pro sběr dat (periferie)

Jedná se o 8 odhalených digitálních pinů, které jsou připravené pro připojení magnetických kontaktů. Jelikož se magnetický kontakt chová jako mikrospínač, tak ve chvíli, kdy není kontakt propojený, nevíme, jakou hodnotu na této jedné svorce ESP naměří. To může ovšem vést k problému vzniku nepřesných měření. Proto byl každému pinu přidán pull-up rezistor, který zajistí známý stav pinu ve chvíli, kdy je kontakt rozpojený.

Energetický obvod (LDO)

Některé desky, jako například výše zmíněné ESP-12f, jsou hardwarově navrženy tak, že na jejich vstupu může být napětí pouze 3,3 V. Vyšší napětí než 3,3 V by mohlo desku zničit nebo zapříčinit zhoršenou funkčnost. Protože byla při návrhu senzoru vybrána Li-ion baterie, bylo také potřeba zahrnout do návrhu i LDO regulátor.

Zvolený regulátor pro tento obvod je MIC5365-3.3YD5-TR, který je v pouzdře SOT23-5. Maximální proud, jenž je schopný poskytnout, je 150 mA a má velmi nízké výpadkové napětí a malou spotřebu proudu pro vlastní chod.[7]

Ombrometr

Zařízení slouží k měření dešťových srážek. Skládá se ze 4 částí: z podstavy s úchytem pro člunek, válce s trychtýřem, překlápěcího člunku, magnetického kontaktu s magnetem. Srážky jsou směřovány trychtýřem ve válci na překlápěcí člunek, ke kterému je připevněný magnetek. Člunek je navržený pro určitý objem vody, po překročení tohoto objemu se člunek překlápí a vodu v sobě obsaženou vylije. V držáku člunku se nachází magnetický kontakt. Po překlopení člunku dojde na okamžik ke spojení kontaktů. To je zaznamenáno. Takto se člunek překlápí ze strany na stranu. Jelikož známe objem člunku, plochu podstavy válce a intervaly, ve kterých došlo k vyprázdnění člunku, můžeme z těchto hodnot vypočítat objem srážek. [35]

Anemometr a ukazatel směru větru

Anemometr slouží k měření rychlosti větru. Jsou dva základní druhy anemometrů: lopatkový anemometr a cup anemometr. V této práci jsem se rozhodl pro cup anemometr. Tento anemometr se skládá z několika částí, a to: z košíčků pro chytání větru, válce na upevnění košíčků, osy, ložiska, měřicího válce se zabudovaným magnetickým kontaktem, základny pro uchycení. [36]

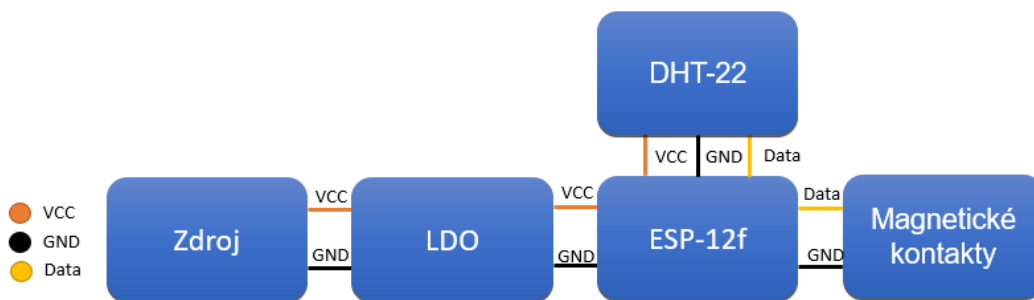
Princip fungování anemometru

V části, v níž jsou upevněné košíčky, je zabudovaný magnet. Vítr působí na košíčky, ty se začnou otáčet se svojí základnou, ve které jsou upevněny. Každá revoluce je zaznamenán, pomocí magnetického kontaktu uchyceného v měřicím válci. Z počtu revolucí, parametrů anemometru a časových údajů spočítáme rychlost větru.

Ukazatel směru větru se skládá z následujících 3 částí: korouhve, měřicího válce a základny.

V měřicím válci je umístěno 8 magnetických kontaktů, které ukazují světové strany. Korouhev má v sobě zabudovaný magnet. Otáčením korouhve dojde k propojení magnetických kontaktů.

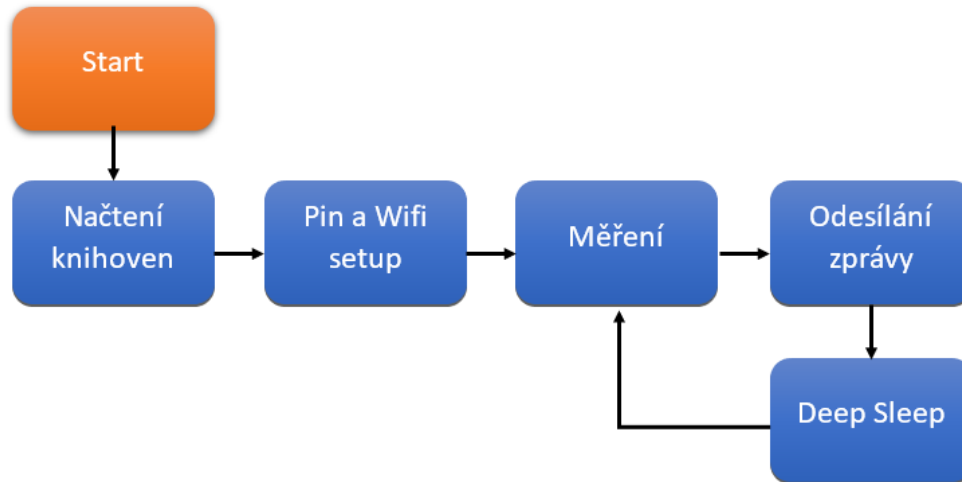
Hardware



Obrázek 27: blokové schéma zapojení meteostanice

Software

Mnou navržená deska vybudovaná na ESP-12f zaznamenává změny stavů magnetických kontaktů, ty následně vyhodnotí a odešle řídicímu systému pomocí MQTT.



Obrázek 28: Blokové schéma kódu meteostanice

Načtení knihoven

V této sekci kódu zahrnuji do programu všechny knihovny, které jsou potřeba pro fungování napsaného kódu a nejsou zahrnuty už v samotném Arduino IDE.

Pin a Wifi setup

Tato část kódu je odpovědná za nastavení zvolených pinů jako input a bezdrátové připojení k řídicímu systému. V tuto chvíli je taky přiřazen zařízení správný MQTT public topic, díky kterému je pak schopné komunikovat s řídicím systémem. V případě, když nastane chyba a zařízení se nepodaří vytvořit stabilní Wifi spojení, vypíše pak zařízení na sériovou linku chybovou hlášku.

Měření

ESP čte hodnoty na svých vstupech, které pak předzpracuje a připraví k odeslání.

Odeslání zprávy

Po odeslání zprávy se senzor přepne do Deep sleep režimu. V tomto režimu setrvá podle předem nastaveného času, poté se znovu probere a začne cyklus znovu od sekce měření.

Finance

V tabulce číslo 6 je zahrnutý cenový odhad pouze prvků, které byly potřeba pro zhotovení a osazení plošného spoje, nikoliv pak jednotlivě vytisknutých sekcí.

Tabulka 6: cenový odhad meteostanice

Komponenta	Cena [Kč]
ESP-12f	108
Mikrospínače	4
Rezistory	6,4
kondenzátory	8,2
LDO	18,2
DHT22	20
celkem	164,8

6.5 Bezpečnostní nody

Elektronický systém zabezpečovací signalizace slouží k ochraně námi zvoleného objektu. Téměř okamžité ohlášení řídicímu systému zajistí minimalizaci na majetkových škodách. Výstupy jednotlivých nodů, ze kterých se systém skládá jsou odeslány přes MQTT řídicímu systému, ten je vyhodnotí a na jejich základě se rozhodne pro optimální reakci. Systém je vhodný pro instalaci do již postavených objektů. V této práci se vyskytují dvě formy elektronického zabezpečení: [37], [38]

- Nody plášťové ochrany
- Nody prostorové ochrany

Plášťová ochrana

Jedná se o ochranu, která zabezpečuje místa, na nichž je možný průnik do objektu, například okna nebo dveře. Skupina senzorů plášťové ochrany se skládá ze senzorů s magnetickým kontaktem, nášlapných rohoží, senzorů rozbití skla. V této práci jsou senzory plášťové ochrany zastoupeny senzory s magnetickým kontaktem na okna a dveře. Výhoda senzorů plášťové ochrany spočívá v tom, že se dozvíme o proniknutí nepovolané osoby do objektu přímo ve chvíli proniknutí. [37], [38]

Prostorová ochrana

Jedná se o velmi dobré doplnění plášťové ochrany, může existovat ale i sama o sobě. Obsahuje aktivní a pasivní senzory. K detekování osoby dochází ale až po jejím vstupu do objektu. Malé množství strategicky rozmístěných senzorů dokáže pokrýt velkou oblast. V této práci se prostorová ochrana sestává z pasivního prvku, a to z PIR senzoru.[37], [38]

6.5.1 PIR pohybový NOD

V této kapitole je popsán pohybový PIR nod. PIR pohybový nod je prvek prostorové ochrany. Skládá se ze dvou částí, a to z ESP8266 a z pohybového senzoru.

PIR senzor (HC-SR501)

Senzor se používá k detekci pohybu člověka nebo něčeho živého a dostatečně velkého v zorném poli senzoru. PIR senzor znamená pasivní infračervený senzor. Slovo pasivní vyjadřuje, že senzor sám nevyzařuje žádnou energii za účelem detekce. K detekci mu stačí vyzářené nebo odražené infračervené záření. PIR senzor je schopný rozeznat pohyb ve snímané oblasti, není však schopen určit, čemu patří. Senzor funguje tak, že zaznamenává změnu v infračerveném záření, například: člověk procházející se po chodbě. Senzor nejprve zaznamenává teplotu okolí ve svém zorném poli. Poté, co se mu do pole dostane člověk, se teplota zvýší. Potom, co člověk projde, se teplota vrátí zase zpět na pokojovou. Tato změna v infračerveném záření znamená i změnu v napětí, které má senzor na svém výstupu, a tuto změnu jsme schopni detekovat a reagovat na ni.[39]–[41]

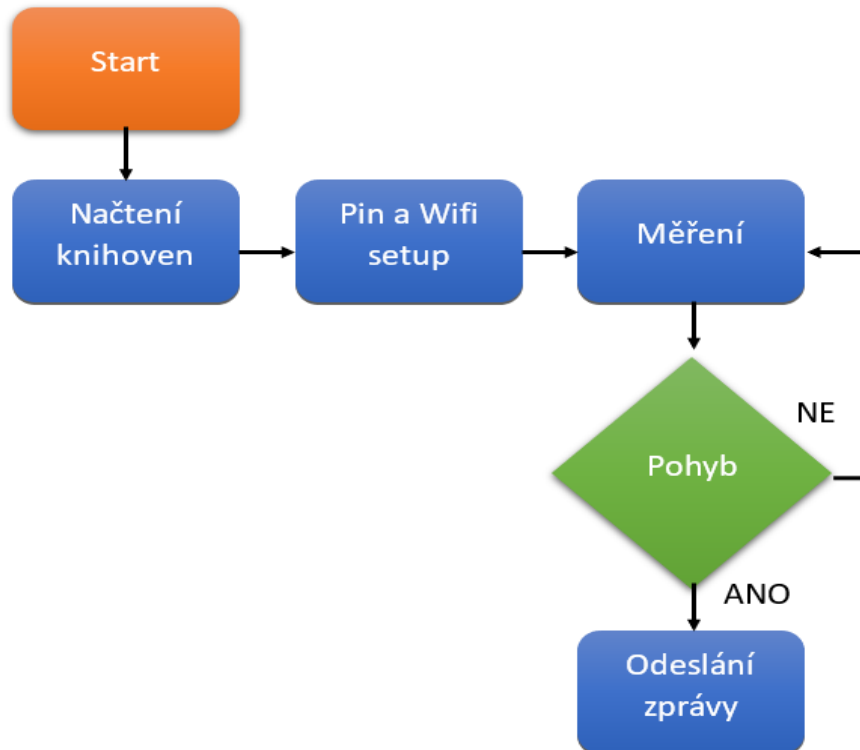
ESP8266

ESP8266 je popsán v předchozích kapitolách, a proto není potřeba, aby byl zde znovu popsán.

Fungování nodu

Nod v klidovém režimu, v němž nikdo neprochází monitorovaným prostorem, zůstává nod v Deep Sleep modu. Po zachycení pohybu je senzor přepnut do aktivního režimu. V tomto režimu senzor odešle zprávu o pohybu řídicímu systému. Ten na základě svého nastavení zprávu vyhodnotí a provede optimální reakci. Po odeslání zprávy se senzor opět uvede do Deep Sleep režimu v tomto režimu, v němž vyčkává do opětovného narušení perimetru.

Software



Obrázek 29: Blokové schéma kódu detektoru pohybu

Načtení knihoven

V této sekci kódu zahrnuji do programu všechny knihovny, které jsou potřeba pro fungování napsaného kódu a nejsou zahrnuty už v samotném Arduino IDE.

Pin a Wifi setup

Tato část kódu je odpovědná za nastavení zvolených pinů jako input a bezdrátového připojení k řídicímu systému. V tuto chvíli je taky přiřazen zařízení správný MQTT public topic, díky kterému je pak schopné komunikovat s řídicím systémem. V případě, že nastane chyba a zařízení se nepodaří vytvořit stabilní Wifi spojení, vypíše pak zařízení na sériovou linku chybovou hlášku.

Měření

ESP čte hodnoty na svých vstupech, pokud dojde ke zaznamenání pohybu, odešle ESP zprávu.

Odeslání zprávy

Po odeslání zprávy započne senzor znovu s měřením.

Schéma



Obrázek 30: Blokové schéma zapojení detektoru pohybu

Finance

PIR pohybový nod není finančně nákladný na výrobu, a proto je možné jej namontovat do všech strategických míst pro co nejlepší zabezpečení daného objektu. Všechny komponenty, ze kterých se senzor skládá, jsou běžně dostupné. Komponenty jsou pro úkol, který musí plnit, vybrány optimálně a nedochází tak proto k přepřáčení za komponenty, které nevyužijí svůj plný potenciál. Tabulka číslo 7 ukazuje jednotlivé ceny a cenu konečnou.

Tabulka 7: cenový odhad detektoru pohybu

komponenta	Cena [Kč]
ESP-01	15,44
HC-SR501	9,2
celkem	24,64

6.5.2 Senzor zabezpečení oken a dveří

V této kapitole se budu věnovat fungování a výrobě senzoru na zabezpečení oken a dveří. Senzor je napájený z baterie a skládá se z těchto částí:

- ESP-12f
- Magnetický kontakt
- Baterie
- LDO 3.3 V
- Battery power measurment

ESP-12f

ESP-12f je wifi modul, jenž je vystavěný na SoC ESP8266, který je popsán v kapitole 5.1, se zabudovanou 32Mbit Flash pamětí. Modul má na svém PCB rovněž vyleptanou anténu.

Baterie

Celý systém je napájen z Li-ion baterie 18650, která plně nabitá na vstup přivádí 4,2 V. Tuto baterii jsem zvolil kvůli její dostupnosti a kapacitě.

LDO 3,3 V

Některé desky, jako například výše zmíněné ESP-12f, jsou hardwarově navrženy tak, že na jejich vstupu může být napětí pouze 3,3 V. Vyšší napětí než 3,3 V by mohlo desku zničit nebo zapříčinit zhoršenou funkčnost. Protože byla při návrhu senzoru vybrána Li-ion baterie, bylo také potřeba zahrnout do návrhu i LDO regulátor.

Zvolený regulátor pro tento obvod je MIC5365-3.3YD5-TR, který je v pouzdře SOT23-5. Maximální proud, jenž je schopný poskytnout, je 150 mA a má velmi nízké výpadkové napětí a malou spotřebu proudu pro vlastní chod.[7]

Battery power measurment

Jedná se o dělič napětí skládající se ze dvou SMD rezistorů. Hardwarově byl analogový pin na chipu ESP8266 navržen tak, že maximální napětí, které je schopný na vstupu mít, je v rozpětí od 0 V až 1 V. Rezistory byly vybrány tak, že plně nabitá Li-ion baterie s napětím 4,2 V bude viděna na vstupu jako 1 V.

Funkce tohoto obvodu je měření napětí baterie. Tato informace je pak odeslána spolu se stavem spínače a dále zobrazována v HA. Slouží také k vyslání varování nízkého napětí a potřebě výměny baterie.

Magnetický kontakt [42], [43]

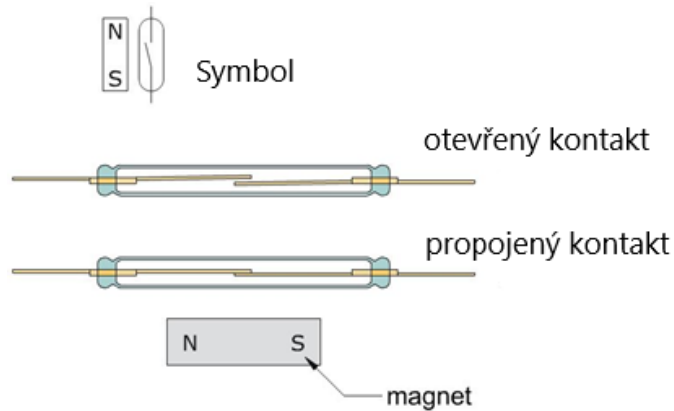
Magnetický kontakt se skládá ze dvou kontaktů vyrobených z feromagnetického materiálu, které jsou zatavené ve skleněné trubičce obvykle naplněné nereagujícím plynem, jakým je například nitrogen, nebo místo plynu tam bývá někdy také vakuum. Samotná skleněná trubička taky může někdy být zalitá do plastového pouzdra, aby se zvýšila její odolnost. Aby kontakt fungoval, je potřeba k němu přiblížit magnet.

Vyrábí se několik druhů těchto magnetických kontaktů, a to vždy otevřený, vždy uzavřený a původní, který má tři pacičky a spojuje tak výše uvedené vlastnosti dohromady.

Vždy otevřený kontakt funguje tak, že kontakty jsou v normálním stavu rozpojené, tudíž skrz ně nemůže téct proud a obvod je tedy otevřený. Po přiblížení magnetu se kontakty spojí, obvod se uzavře a proud je skrz ně schopný protékat.

Vždy uzavřený kontakt funguje přesně opačně jako vždy otevřený. Kontakty jsou normálně spojeny a po přiblížení magnetu se oddálí a obvod tak rozpojí.

Tříkontaktní spínač má na jedné straně jeden a na druhé straně dva kontakty. Z těchto dvou kontaktů je jeden vždy otevřený a druhý vždy uzavřený.



Obrázek 31: Magnetický kontakt

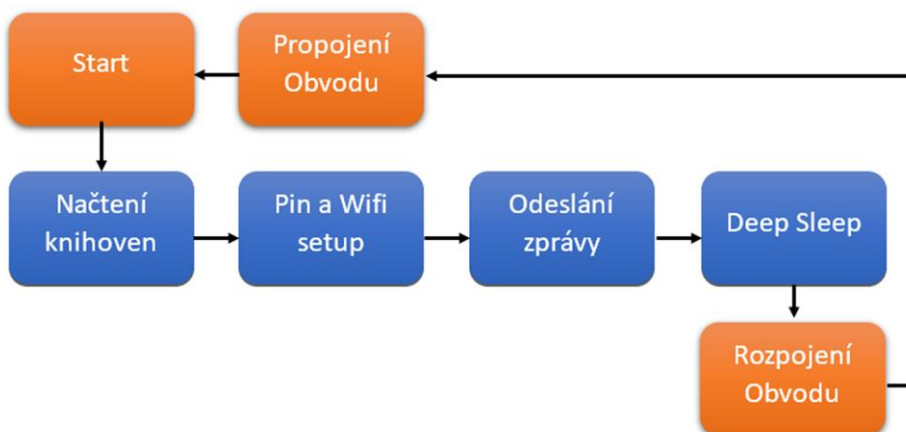
Fungování nodu

Nod je rozdělen na 2 hlavní části. Část 1 se skládá z magnetu zabudovaného do pouzdra, které bylo vytisknuto na 3D tiskárně, a je připevněná na samotné dveře nebo okna. Část 2, která podobně jako část 1 má vytištěné vlastní pouzdro a je složena z komponent vyjmenovaných výše, je připevněná na rám dveří nebo okna.

Příklad fungování bude uveden na dveřích:

V klidovém režimu, kdy jsou dveře zavřené a obě části jsou blízko sebe, drží magnet obvod rozpojený. Po otevření dveří se senzor dostane z působné vzdálenosti magnetu a uzavře se tak obvod. Uzavřením obvodu začne téct proud do ESP-12f a dojde tak k odeslání zprávy skrze MQTT o změně stavu dveří. Poté se ESP-12f převede do Deep Sleep režimu, ve kterém setrvá až do opětovného zavření dveří, kdy dojde k rozpojení obvodu.

Software



Obrázek 32: Blokové schéma kódu bezpečnostního senzoru oken a dveří

Pin a Wifi setup

Tato část kódu je odpovědná za nastavení zvoleného pinu jako input a bezdrátového připojení k HUB. Je zde zanesena adresa HUB, na kterou senzor odesílá pak v jiné sekci data. V případě, že nastane chyba a zařízení se nepodaří připojit k HUB, vypíše zařízení chybovou hlášku na sériovou linku.

Odeslání zprávy

V této části kódu je zanesena zpráva, kterou senzor okamžitě odešle.

Deep Sleep režim

Po odeslání zprávy se senzor přepne do Deep Sleep režimu, kde setrvá tak dlouho, dokud okno není znovu zavřeno a obvod tak odpojen od zdroje energie.

Finance

Cena se týká jednoho finálního produktu. V ceně není zahrnuté poštovné pro jednotlivé součástky nebo cla. Jednotlivé komponenty by byly levnější, kdyby se jednalo o systémovou výrobu, a ne o sérii 5 zařízení. Cenu by se dalo snížit objednááním ESP-12f z Číny, a ne od českého prodejce. Tabulka číslo 8 ukazuje jednotlivé ceny a cenu konečnou.

Tabulka 8: Cenový odhad bezpečnostního senzoru oken a dveří

komponenta	Cena [Kč]
ESP-12f	108
Baterie	46,53
Držák baterie	8,29
PCB (bez poštovného a cla)	21,49
Kondenzátor	1
Rezistory	1
LDO	6,3
Magnetický kontakt	4
CELKEM	196,61

6.6 Elektro instalace

6.6.1 Solární systém

Kapitola popisuje návrh modelového systému, jehož výkonové parametry mohou být konfigurovány na základě potřeb na požadovaný výkon. Následně jsou popsány druhy solárních systémů a panelů. Solární kontroléry jsou popsány pro variantu Off-Grid systému, pro který jsem se na základě analýzy, velikosti modelu a z finančních důvodů rozhodl. Základním požadavkem bylo předvedení nutné funkcionality.[44] Před návrhem reálného systému je nutné provést analýzu požadovaného výkonu připojených zařízení a jejich možného souběhu. Na základě této analýzy můžeme navrhnout výměnu některých zařízení, a tak snížit celkovou energetickou spotřebu objektu. Tuto optimalizaci bychom při reálném návrhu řešení předložili možnému zadavateli.

6.6.2 Druh systému

Tato kapitola popisuje 3 základní rozvržení systému a jejich základní součásti.

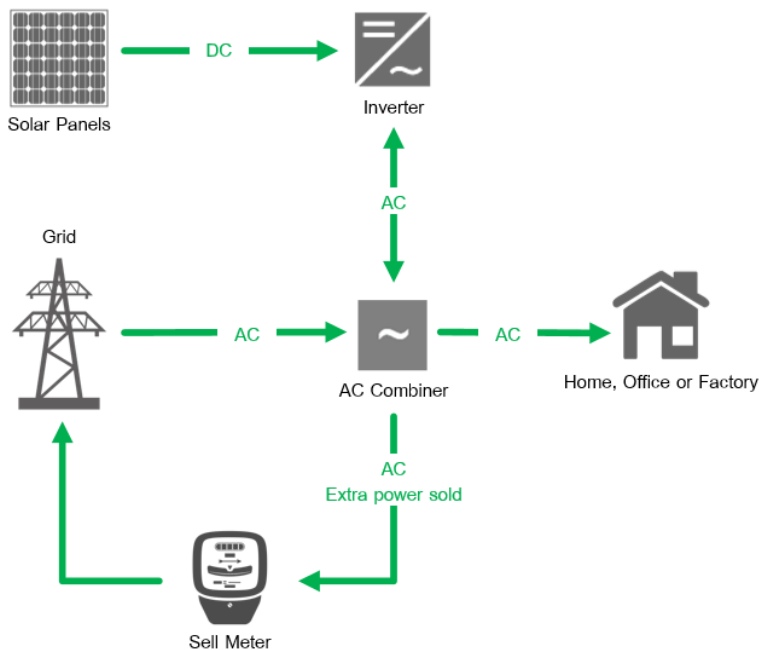
On-Grid

Hlavní komponenty tvořící systém jsou:

- **Pole solárních panelů**
- **DC to AC invertor**
- **AC přepínač mezi NN sítí a PV systémem**

Energie vyrobená PV systémem je distribuována po objektu ke spotřebičům. V situaci, v níž množství vyprodukované energie není dostatečné na pokrytí spotřeby, začne systém přivádět energii z NN sítě. K tomu dochází zejména v noci nebo při špatných slunečních podmínkách. V situaci, v níž systém produkuje více energie, než spotřebuje, je přebytek odeslán do NN sítě, kde za něj utržíme kompenzaci ve formě kreditu od poskytovatele energií. V případě výpadku NN sítě musí být PV systém vypnutý z bezpečnostních důvodů. Tento systém nemá žádnou rezervní energii pro tento případ. Systém není finančně nákladný na realizaci, je vhodný do oblastí s minimálními výpadky NN sítě.[45]–[47]

On-Grid Solar System with Net Metering



Obrázek 33: Diagram On-Grid solárního systému [41]

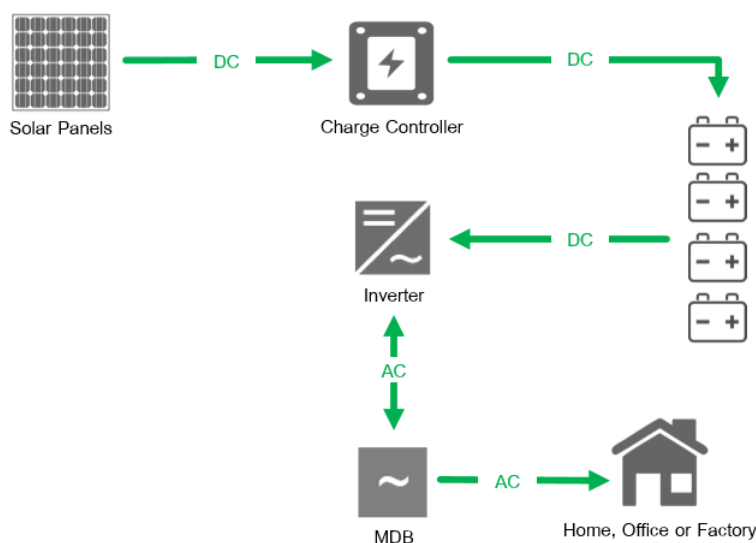
Off-Grid

Hlavní komponenty tvořící systém jsou:

- **Pole solárních panelů**
- **Charge Kontrolér**
- **Bateriové úložiště**
- **DC to AC invertor**

Energie vyrobená PV systémem je distribuována po objektu ke spotřebičům. PV systém přivádí vyprodukovanou energii do bateriového úložiště, odkud je pak čerpána pro domácnost. Kapacita technologií, které s Off-Grid systémem nesouvisí. Kapacita bateriového úložiště odpovídá minimálně 3 denní spotřebě objektu. [45]–[47]

Off-Grid Solar System



Obrázek 34: Diagram Off-Grid solárního systému [41]

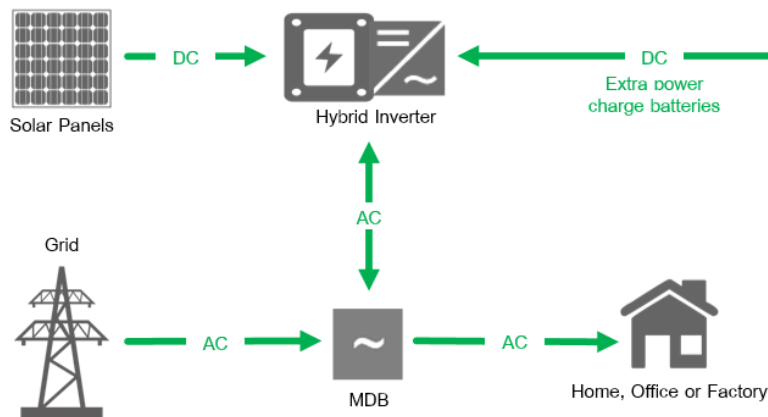
Hybridní systém

Hlavní komponenty tvořící systém jsou:

- **Pole solárních panelů**
- **Bateriové úložiště**
- **Hybridní invertor**

Hybridní systém vzniká spojením Off-Grid a On-Grid systému. Energie vyrobená PV systémem je distribuována po objektu ke spotřebičům. V situaci, kdy systém produkuje více energie, než spotřebuje, je přebytek odeslán do bateriového úložiště. Při plné kapacitě úložiště a stálé nadprodukci je energie odeslána do NN sítě, kde za ni utržíme kompenzaci ve formě kreditu od poskytovatele energií. V situaci, kdy množství vyprodukované energie není dostatečné na pokrytí spotřeby, začne systém přivádět energii z bateriového úložiště. Po využití této energie a při stálém nedostatku začne systém čerpat z NN sítě. Kapacita bateriového úložiště odpovídá minimálně 6ti hodinové spotřebě objektu.[45]–[47]

Hybrid Solar System



Obrázek 35: Diagram hybridního solárního systému [41]

6.6.3 Solární pole a panely

Solární pole

Jedná se o mechanicky a elektricky propojený komplet fotovoltaických panelů a ostatních důležitých komponent tvořících zdroj stejnosměrného napětí.

Solární panel

Solární panel je základní samostatná výrobní jednotka pro fotovoltaické systémy, jež se obvykle skládá z 60 nebo 72 článků z krystalického křemíku. Napětí v bodě maximálního výkonu se u těchto panelů pohybuje kolem 30 V resp. 36 V.

Amorfní solární panely

Amorfní panely jsou výrazně míň efektivní než mono nebo polykrystalové panely. Oblastí, kde amorfní panely efektivitou převyšují monokrystalové a polykrystalové, je částečné překrytí plochy panelu. Při částečném překrytí mono nebo polykrystalového panelu ztratíme většinu jeho energie, zatímco amorfní panel ztrácí pouze procento energie, které přibližně odpovídá procentu zakrytí. Toto nastává proto, že amorfní solární panel nemá jako mono a polykrystalové panely články pospojované dohromady, kde překrytí jednoho článku sníží energii ostatních. Mono a polykrystalové panely se tento problém snaží řešit přidáním bypass diod, které zakrytou část odpojí. Průměrně musí být amorfní panel 2x větší než mono nebo polykrystalový panel, aby byl schopný vyprodukovat stejné množství energie.[48]–[51]

Monokrystalové solární panely

Jedná se o nejvíce efektivní panely. Monokrystalové panely podávají nejlepší výsledky ze všech tří skupin, a to i ve špatných světelných podmínkách. Monokrystalové panely jsou vyrobené z jednoho krystalu a umožňují tak jednodušší průchod elektronů a tím zvýšenou efektivitu. Výroba monokrystalového solárního panelu je náročná a vzniká při ní velké množství odpadu. Proto jsou monokrystalové panely dražší než polykrystalové.[48]–[51]

Polykrystalové solární panely

Jsou méně efektivní než monokrystalové, ale stále více efektivní než amorfní. Polykrystalové panely jsou vyrobeny ze směsice silikonových krystalů, to má za následek nesourodou strukturu článku a zhoršený průchod elektronů. To zapříčiňuje jejich sníženou efektivitu. Jelikož se solární články pro panel mohou vyrábět ze směsice malých krystalů, je výrobní proces méně nákladný a nevzniká při něm takové množství odpadu. Proto jsou polykrystalové panely levnější.[48]–[51]

6.6.4 Kontrolér

[52]–[55]

Jedná se o zařízení, které je připojeno mezi solárním panelem a baterií. Podobně jako nabíječka, charge kontrolér reguluje proud, který teče ze solárních panelů do baterie. Zajišťuje optimální nabíjení a vybíjení baterie. Zabraňuje zpětnému toku proudu.

Ke zpětnému toku proudu může docházet v noci, kdy skrz solární panely může téct proud v opačném směru. Tento proud je ovšem zanedbatelný a většina kontrolérů s tímto počítá a nedovoluje vzniku tohoto proudu.

Solární kontroléry jsou označeny podle maximálního napětí solárního pole a maximálního proudu, který mohou poskytnout. Pro charakteristiky níže zmíněných kontrolérů viz obrázek 36.

Jsou dva hlavní druhy charge kontrolérů:

- **PWM (Pulse Width Modulation)**
- **MPPT (Maximal Power Point Tracking)**

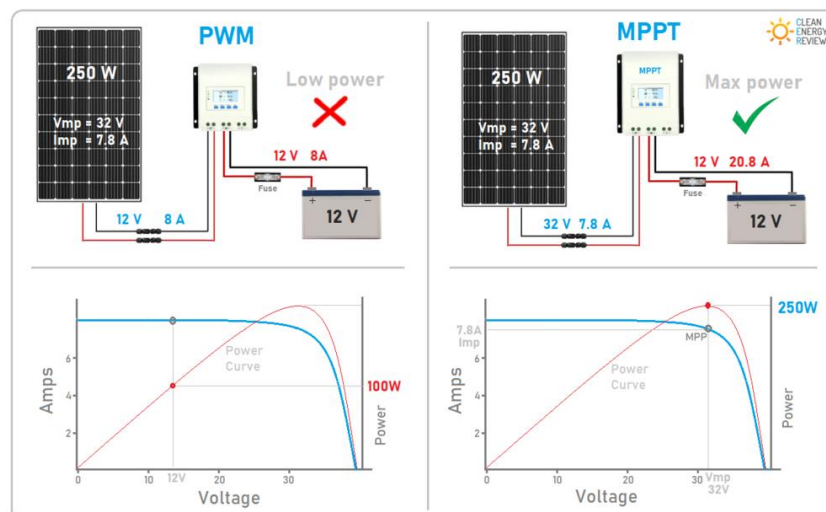
PWM

PWM kontroléry využívají starou technologii, a jsou proto levné. Solární panel a baterie jsou napřímo spojené. K nabíjení a kontrole baterie využívají přepínač (tranzistor). Tranzistor je otevřený, dokud se baterie nenabije. Po dobití baterie dochází k rychlému otevírání a zavírání tranzistoru, který tak udržuje baterii. PWM kontroléry vztahují napětí solárních panelů k napětí na baterii. To zapříčiňuje neoptimální pracovní bod pro solární pole. To vyústí v celkovém snížení efektivity systému.

PWM kontrolér je vhodný pro systém, v němž solární pole má přibližné nebo stejné napětí jako bateriové úložiště.

MPPT

MPPT kontroléry využívají novou technologii. Umožňují solárním panelům pracovat při optimálním napětí, a tak dosáhnout maximálního výkonu. Jedná se o efektivní DC to DC konvertor. V průběhu dne se iradiance solárních panelů mění a s tím i vyprodukovaný proud a napětí. MPPT kontrolér zaznamenává tyto změny a v závislosti na nich upravuje napětí takovým způsobem, aby do systému generoval maximální množství energie. MPPT kontroléry bývají až o 30% efektivnější než PWM kontroléry.



This comparison highlights the problem with using a higher voltage solar panel on a 12V battery without MPPT

Obrázek 36: Srovnání PWM a MPPT systému [44]

6.6.5 Baterie

Jednou ze základních komponent celého řešení je bateriový systém.

Charge kontroléry dokážou pracovat s bateriovými úložišti o různých napětích. Velikost solárního pole, které může být připojeno ke kontroléru závisí na omezení kontroléru a napětí bateriového úložiště. Bateriové úložiště o vyšším napětím k sobě mohou mít připojené větší solární pole viz obrázek číslo 37.

Příklad:

Mějme 20 A kontroler ve dvou situacích. Jednou je ke kontroléru připojena 12 V baterie, podruhé 24 V baterie. Abychom zjistili velikost solárního pole, které je kontroler s baterií schopný pojmout, využijeme vzorec pro energii:

$$P = V * I$$

6.1: Vzorec výpočtu energie

P je maximální energie, kterou můžou solární panely teoreticky vyprodukovat.

V je napětí na baterii, a I představuje maximální proud, pro který je kontroler navržený. Pro 12 V baterii a 20 A kontroler, bude maximální velikost pole:

$$P_{12} = 12 V * 20 A = 240 \text{ Watt}$$

6.2: Výpočet velikosti solárního pole při 12 V

To odpovídá poli jednoho solárního panelu.

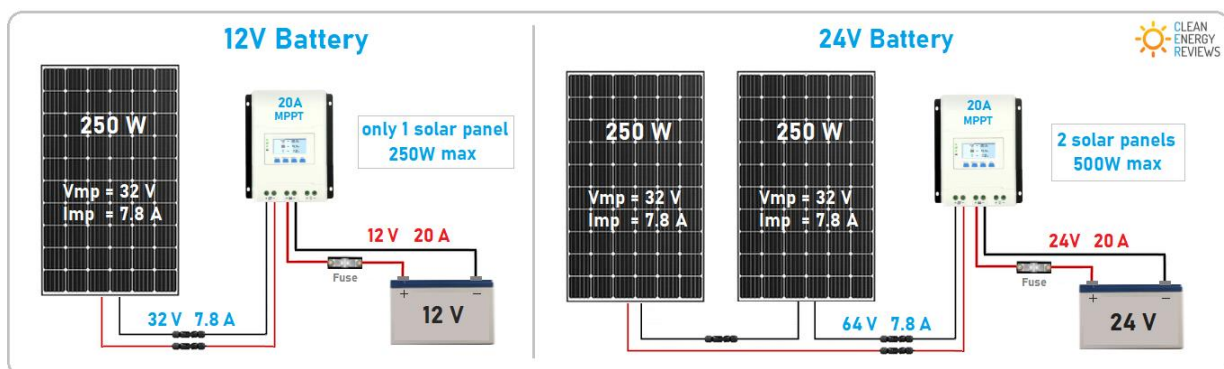
V druhé situaci bude mít maximální pole, které budeme moci připojit ke kontroléru, velikost:

$$P_{12} = 24 V * 20 A = 480 \text{ Watt}$$

6.3: Výpočet velikosti solárního pole při 24 V

To odpovídá poli dvou solárních panelů.

V obou situacích můžeme velikost pole marginálně zvýšit, a to například z 480 W na 520 W, protože solární panely nebudou nikdy poskytovat 100% své energie.



Obrázek 37: Srovnání různě napěťových bateriových úložišť [44]

6.6.6 Vlastní návrh

Tato kapitola se věnuje vlastnímu návrhu solárního systému a výběru komponent.

Analýza spotřeby

Při návrhu solárního systému je důležité vypracovat analýzu spotřeby objektu, v tomto případě funkčního modelu. Analýza se skládá z několika částí:

- **Čistá spotřeba**
- **Spotřeba včetně ztrát**
- **Návrh**

Čistá spotřeba

Čistá spotřeba se skládá pouze z energie vyžadované objektem podle datasheetové spotřeby jednotlivých zařízení.

Spotřeba včetně ztrát

Po zjištění čisté spotřeby je třeba přihlídnout ke ztrátám, které vznikají v důsledku špatných slunečních podmínek, kvality panelů, kontrolérů, při nabíjení baterií a kvůli elektrickým rozvodům.

V této práci počítám až s 30 % ztrátovostí. Celková energetická náročnost je 409,1 W.

Návrh

Po zjištění celkové energetické náročnosti navrhne solární pole tak, aby bylo schopné generovat dostatek energie pro celý systém. Průměrná denní doba trvání, kdy panely pracují na 100%, je 5 h.

Abychom zjistili, jak velký výkon musí solární pole generovat, vezmeme celkovou spotřebu a vydělíme ji tímto číslem:

$$490 \text{ Wh} \div 5 \text{ h} = 98 \text{ W}$$

6.4: Celkový výkon solárního pole

Minimální energetický výkon solárního panelu musí být 98 W.

Víme, že v době nečinnosti, kdy nebude panel schopný dodávat energii do systému, nebo jen minimální množství, bude muset systém brát energii z baterií. Pro výpočet velikosti baterií musíme znát, jaká zařízení plánujeme pohánět po dobu, kdy nebude možné vyrábět energii viz tabulka 9.

Tabulka 9: Tabulka příkladu spotřeby

Zátěž	Spotřeba [W]	Délka provozu [h]	Spotřeba celkem [Wh]
Server	10	19	190
Nebateriové senzory	1	1	1
Světla	45	3	135
Celkem	61	23	326

Po výpočtu víme, že musíme být schopni systému dodat 326 Wh, k tomu bude stačit 12 V 100 Ah baterie, která je schopná dodat 1200 Wh. Musíme ovšem brát v úvahu, že se může vybit pouze na polovinu své kapacity, jinak by mohlo dojít k jejímu poškození, a proto musíme dále počítat pouze s 600 Wh.

Pro takovýto systém je vhodný 20A kontrolér. Pracovní napětí solárního panelu a baterie je téměř shodné, a proto rozdíl efektivity MPPT a PWM kontroléru je zanedbatelný. Pro tuto situaci je optimální PWM kontrolér. Cenový rozdíl mezi MPPT a PWM tvoří minimálně 50% ceny MPPT kontroléru.

Baterie

Jednou ze základních komponent celého řešení je bateriový systém.

Z výpočtů výše vyplývá, že optimální baterií pro tento systém je 12 V 100 Ah autobaterie. Kapacita této baterie je adekvátní projektu a oproti solárním bateriím finančně nezatíží celý projekt.

Kontrolér

Kontrolér, který jsem vybral, je LS2020B 12/24 V. Tento kontrolér používá PWM technologii. Z tabulky níže vyplývá, že 20 A PWM kontrolér je markantně levnější než 20A MPPT kontrolér.

Tabulka 10: Tabulka srovnání kontrolérů

firma	Označení	technologie	Max proud zátěže [A]	Cena [Kč]
Epsolar	Tracer-2215RN	MPPT	20	3590
Epsolar	Tracer-2215BN	MPPT	20	3540
Epsolar	12/24V LS2024B	PWM	20	1249

Solární panel

Solární panel zvolený pro tuto práci je od firmy EASYSUNNSOLAR. Důvod výběru tohoto panelu vyplývá z tabulky 11 níže. Hlavní parametry, podle kterých byl panel vybrán, jsou kvalita zpracování panelu, cena, dostupnost, množství vyrobené energie, technologie použitá pro výrobu jednotlivých solárních článků.

Tabulka 11: Tabulka srovnání solárních panelů

firma	Cena [€]	technologie	Energie [W]	dostupnost	kvalita
EASYSUNNSOLAR	100	Mono	100	ČR	Ano
LEORY	177	Mono	320	CN	Ne
DOKIO	88	Poly	100	CN	Ne

Kvalita zpracování**EASYSUNNSOLAR**

Má kvalitní hliníkový rám. Články jsou zalité v pryskyřici pod vrstvou skla.

LEORY a DOKIO

Solární články jsou připevněné na flexibilní desce. Články jsou pouze přetažené folií.

Technologie

Preference monokrystalového článku. Podává větší výkon.

Energie

Panel od firmy LEROY má sice ve specifikacích napsáno, že je schopen kontinuálně produkovat 320 W, ale tato cifra je neúměrná kvůli ceně a velikosti panelu, který se skládá z 36 solárních článků a je z této trojice panelů nejmenší. U ostatních panelů velikost a cena odpovídá výkonu.

Dostupnost

Jediný panel od firmy EASYSUNNSOLAR byl naskladněný v Čechách, a proto hned dostupný, kdežto zbylé dva panely by byly v Čechách nejdříve za měsíc ode dne objednání.

Z důvodů výše uvedených jsem vybral solární panel od firmy EASYSUNNSOLAR, protože má kvalitně zpracovaný rám a při jeho výrobě byla použita monokrystalová technologie. Navíc jeho cena je více než dobrá.

Invertor

Takovýto systém bude v jednu chvíli vyžadovat maximálně 61 W, proto jsem zvolil 100 W invertor, který nám dává i dostatečnou rezervu.

6.7 Řídicí systém a automatizace

V této kapitole se budu věnovat vlastnostem a funkcím řídicího systému celého projektu. Řídicí systém spojuje všechny předchozí části projektu dohromady. Je napájen pomocí energie vyrobené solárním systémem. Řídicí systém zpracovává data ze všech 3 nodových skupin. Na základě těchto dat a podle nastavení je pak systém schopen vytvořit optimální životní prostředí pro obyvatele objektu, do kterého je systém zaintegrován. Systém se skládá ze dvou částí, a to hardwarové a softwarové. Hardwarovou část tvoří minipočítač Raspberry pi 4. Raspberry pi se chová jako server, na kterém běží Home Assistant, který tvoří softwarovou část. tyto 2 části budou popsány hlouběji, každá ve vlastní kapitole včetně ukázky automatizačních funkcí.

6.7.1 Hardware

Jak bylo uvedeno výše, tak hardwarová platforma, na které běží Home asistent je Raspberry pi 4. Raspberry pi je levný jednodeskový počítač, který je stejně veliký jako kreditní karta. Tento počítač je možné připojit k běžnému monitoru pomocí Mikro HDMI kabelu. Také je schopný používat standardní klávesnici a myš. Ve všech ohledech se chová jako standardní počítač, který je na svoji velikost velice výkonný. Raspberry pi obsahuje také GPIO piny, kterými je schopný komunikovat s okolím. Velmi často se používá jako domácí server nebo v nejrůznějších projektech.[56]

6.7.2 Software

Home assistant je domácí automatizační open source systém, který je plně zdarma. Na rozdíl od cloudových systémů jako jsou HomeBridge a SmartThings je Home Asistent plně na lokálním serveru. Lokální server přináší spoustu výhod jako rychlost a nezávislost na internetovém připojení nebo serverových poskytovatelích.

Výhodou lokálního serveru je zvýšené zabezpečení vlastní sítě. Cloudová zařízení využívají wifi k připojení ke cloudu. Tato zařízení se mohou projevit jako slabá místa našeho síťového zabezpečení a umožnit tak nabourání se do sítě. To může vést k ukradení osobních údajů a vzniku nebezpečí, kdy útočník může ovládat zařízení, která potřebují dozor při provozu. Automatizační zařízení by měla být ovladatelná lokálně a nevyžadovat cloudovou službu, u které může dojít kdykoliv k výpadku a vytvořit tak část objektu nepoužitelnou.

Home Assistant operační systém je distribuce linuxové aplikace. Přístup k ní je pak přes webový front end, kde můžeme zasahovat do jejího chodu.

Home Assistant má množství integrací a konfigurací pro zařízení, co používají ZigBee, ZWave a další. Pro integraci těchto zařízení je potřeba stáhnout a nainstalovat ZigBee nebo ZWave addon. Celý proces párování zařízení s automatizačním systémem je pak stejný jako u běžného produktu. Home Asistent umožňuje automatické objevování zařízení na síti, ke které je připojen. Toto ulehčuje vytváření a zvětšování dané sítě nodů.

Home asistent podporuje integraci mnoha zařízení od různých výrobců včetně integrace námi vytvořených zařízení. Údaje, které obdrží od těchto zařízení, je pak schopný zobrazovat na UI (User Interface). Vzhled tohoto UI je pak možné upravit do nejmenšího detailu podle naší potřeby. Home Asistent editor je schopný základních lineárních automatizací. Automatizace mohou obsahovat triggru, jednoduché podmínky nebo logické funkce AND a OR. Nepodporuje však funkce typu If a Else. Pro tento druh automatizace je potřeba vytvořit dva vlastní automatizační proudy, kde každý zpracovává jednu alternativu.

Pro zlepšení automatizačních funkcí je dobré stáhnout NodeRed AddOn, který nám umožňuje vytvářet velmi pokročilé a složité automatizace.

NodeRed podporuje všechny základní logické operace jako AND, OR, IF, ELSE. Oproti HA má NodeRed velmi málo integračních možností.

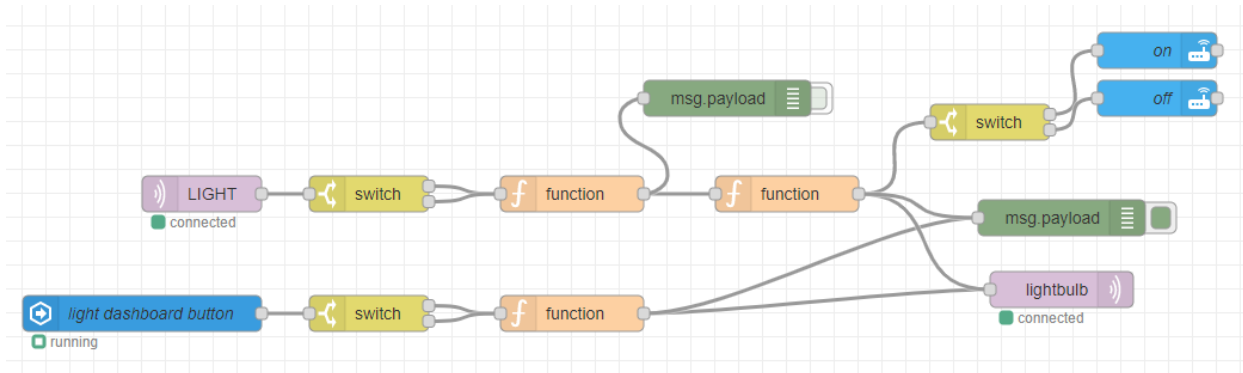
Proto je dobré je používat dohromady, kde Home Asistent se chová jako integrační vrstva pro všechna zařízení a NodeRed jako automatizační vrstva. V takovéto konfiguraci dostaneme z obou systémů to nejlepší pro automatizaci.

Abych byl schopný získávat data ze mnou vyrobených nodů, nainstaloval jsem MQTT mosquito broker. Ten vytváří spojení mezi Home Asistentem a zhotovenými nody.[57]–[59]

6.7.3 Ukázka automatizace

V ukázce na obrázku číslo 38 je vidět automatizace a synchronizace pro přepínač světel. Další automatizace je možno vidět v příloze.

Světla můžeme ovládat buďto z webové nebo mobilní aplikace, ale taky pomocí bezdrátového přepínače.



Obrázek 38: Ukázka automatizace v NODE RED

Pomocí přepínače

Tento flow začíná fialovým nodem LIGHT. Po stisknutí přepínače je odeslána MQTT zpráva. Tato zpráva je zachycena pomocí NodeRed, kde se zpracuje následujícím způsobem: v prvním funkčním nodu se hodnota obsažená v příchozí MQTT zprávě převede na 1 ("ON") nebo 2 ("OFF") a uloží do globální proměnné. Hodnotu převádíme kvůli zprávě, kterou budeme odesílat. Ve druhém funkčním nodu se NodeRed podívá na stav softwarového přepínače. Podle stavu softwarového přepínače tento funkční nod rozhodne o budoucím stavu světla. Když bude světlo zapnuté, přepínač ho vypne. A naopak, když bude světlo vypnuté, tak se zapne. Tato hodnota je pak odeslána pomocí růžového nodu lightbulb a stav světla bude tak změněn. Tato změna je současně odeslána zpět softwarovému přepínači, aby zobrazoval správný stav.

Pomocí softwarového přepínače

Tento flow začíná modrým nodem. Ten udává stav přepínače. V případě změny dojde k uložení tohoto stavu do globální proměnné pro případ, že bychom chtěli světla vypnout pomocí fyzického přepínače. Hodnota je pak odeslána pomocí růžového nodu lightbulb a stav světla je tak změněn.

7. Rozvoj do budoucna

Projekt je možno dále rozvíjet do budoucna, a to jak po softwarové stránce, tak i po hardwarové.

Senzory mohou být zmenšeny a kód v jistých ohledech optimalizován.

Senzorové nody byly vytvářené po sériích. Celkem jsou tři série. Každá série něco přidává a ubírá. Do budoucna by bylo dobré srovnat všechny nody do jedné série, ať se hardwarově liší pouze aktivní část senzoru.

Dále je pak možno předělat meteostanici a místo PLA materiálu, který byl použit na její tvorbu, využít jiný materiál, jako je například ABS nebo materiál, který by odolával lépe počasí.

Po stránce elektroinstalace a solárního řešení včetně bateriového úložiště by se dalo investovat do rozšíření solárních polí a bateriového úložiště včetně výměny charge kontrolérů za hybridní přepínač a objekt tak připojit k síti NN a z OFFGRID systému udělat hybridní.

Dále u řídicího systému by bylo vhodné investovat do lepšího paměťového úložiště, jako je například SSD disk a tím nahradit SD kartu, na které teď celý systém běží.

Po softwarové stránce řídicího systému se dá pracovat na dalších automatizacích a zpracování dat. V této oblasti nejsou žádná omezení a časem se mohou přidávat další.

Celkově se projekt může rozvíjet o další funkční bloky, jako jsou například řízení bazénu, vrat do dvora. Dále lze navrhnout a přidat motorová řešení k jednotlivým oknům a agrární systém, který by se staral o pěstované plodiny, například automatické hnojení a zalévání. Dále pak bezpečnostní systém by se mohl rozšířit o kamerový systém s možností rozpoznání obličejů.

8. Ekonomika řešení

Ceny jednotlivých komponent uvedených v této kapitole jsou vysoké z důvodu nákupu od místních prodejců, a ne přímo od výrobců nebo také ve velkých počtech. I přes ceny místních výrobců je projekt ekonomicky zvládnutelný a vzniklá řešení jsou tak cenově schopná konkurovat. Tabulka 12 zahrnuje i ceny za komponenty, na kterých byly jednotlivé hardwarové návrhy testovány, a také vybavení, které jsem potřeboval pro tento projekt.

Tabulka 12: Tabulka celkových nákladů projektu

Komponenta	počet	Cena [Kč]
Raspberry pi 4	1	1399
ESP-12f	8	864
Wemos D1 4x	4	592
ESP-01	5	490
XC6210B332MR	10	182,10
REZISTOR 12k	100	64,71
REZISTOR 100k	100	37,57
REZISTOR 220k	300	136
Kondenzátor elektrolytický 100uF	20	43,5
Kondenzátor keramický 470pF	100	74,86
Kondenzátor keramický 100nF	100	54,01
Kondenzátor keramický 1uF	100	79,79
Rezistor 1k	100	47,71
LED modrá SMD	25	35,77
Termální pojistka	6	197,5
Držák trubičkové pojistky	5	64,14
IRLML6302PBF	10	78,82
Varistor	10	60,63
Kondenzátor keramický 8.2pF	100	174,71
Kondenzátor keramický 10uF	20	208,88
Kondenzátor keramický 1uF	100	65,35
REZISTOR 10k	100	44,33
REZISTOR 100k	100	54,45
REZISTOR 330k	5000	159,72
MIC5365-3.3YD5-TR	15	76,67
HLK-PM01	5	540
W25Q32 FLASH	6	228
SH-1025-B	1	35
Kondenzátor keramický 100nF	15	32,02
Kondenzátor keramický 2.2pF	15	31,50
Kondenzátor keramický 8.2pF	15	31,50
Odsávací lanko	1	61
PROGRAMOVACÍ DESKA PRO ESP-12F	1	398
Držák baterie	5	140
PZEM-004T	1	398

MQ-4	1	65,55
T kus 40mm	1	33
Solární regulátor	1	1249
Silový kabel 3Ax1.5	5m	85
Silikonový vodič červený	10m	178,50
Silikonový vodič černý	10m	178,50
SOLCON4	2	126
USB - RS-485	1	129
Kondenzátor keramický 100nF THT	10	11,92
Kondenzátor elektrolytický 2.2uF THT	10	6,59
Kondenzátor elektrolytický 10uF THT	10	10,29
Kondenzátor elektrolytický 0.22uF THT	10	7,02
MOSFET N	5	195
LF33ABV	5	145
TOSP1736	1	39
Magnetický kontakt	15	268
Jistič 10A	1	57,88
Jistič 16A	1	55,90
Vypínač 32A	1	158,43
Proudová ochrana	1	494,77
PLA	1	938
3DLAC	1	279
USB uart	1	48
STEP DOWN měnič pevný	2	288
STEP DOWN programovatelný	1	468
Instalační krabice IP65	1	152
Solární panel	1	1927
Charge kontoler CN	1	425
magnety	50	100,74
LW-305E	1	2022
JLCPCB	30	2000
CELKEM	163	19324,32

9. Závěr

Na základě rešerše řešení elektronické ochrany, řízení inteligentního domu, managementu elektrické solární energie a jejího ukládání v bateriovém úložišti a sensorových sítích, jsem navrhl elektronický systém pro řízení a kontrolu vybraných funkcí inteligentního domu a elektronického zabezpečení dveří a oken, ochranu před unikajícími plyny, vodou a dále na management elektrické solární energie a jejího ukládání v bateriovém úložišti a na automatizaci základních funkcí využívajících vstupů ze sensorů vnějších i vnitřních.

V průběhu práce jsem se setkal s velkým množstvím komplikací. Například složení a následná kalibrace 3D tiskárny zabrala mnohem více času, než jaký byl předpoklad. Také jsem si musel osvojit 3D modelovací systémy, včetně různých software pro tiskárnu, se kterými jsem do té doby neměl zkušenost. Také filament, který byl dodán s tiskárnou, byl vadný a neumožňoval tak kvalitní tisku.

Další problém, který se objevil a který jsem musel řešit byl, že prvotní návrh systému sestával pouze ze sensorů, které by komunikovaly s řídicí jednotkou pomocí MQTT komunikačního protokolu a nebyla by tak potřeba pro HUB, který by konvertoval zprávy z ESP-NOW na MQTT. Ačkoliv pro některé senzory bylo toto řešení optimální, senzory, u kterých docházelo k restartování systému nebo kompletnímu odpojení od zdroje energie, vytvořily časovou prodlevu, která dané senzory činila téměř zbytečnými. Jako příklad zde uvedu dvě zařízení, a to bezpečnostní sensor na okna a dveře a programovatelný přepínač. Časová prodleva, která vznikla, dosahovala až 5 s, což je u obou zařízení absolutně nežádoucí vlastnost. Velká časová prodleva u bezpečnostního senzoru vytvářela riziko v ochraně objektu. Prodleva u přepínače sice nevytvářela žádná bezpečnostní rizika, ale jeho použitelnost tak byla značně omezena.

Problém těchto sensorů spočíval v tom, že při každém restartování se sensor musel znovu vytvořit a udržovat komunikaci s Wifi sítí. To vytvářelo velkou časovou prodlevu. Problém jsem se snažil vyřešit tím, že by jednotlivé senzory používaly static IP místo DHCP. Tím se mi podařilo snížit časovou prodlevu, ale ne takovým způsobem, aby to bylo relevantní. Proto jsem se rozhodl využít protokol ESP-NOW a vytvořit komunikační HUB.

Po přechodu z MQTT na ESP-NOW se také razantně snížila energetická náročnost sensorů. Bohužel jsem neměl už dostatečné množství financí, abych senzory předělal z baterii Li-ion 18650 na knoflíkové baterie, které by pro tuto situaci byly vhodnější a zmenšily tak rozměr sensorů a snížily jejich hmotnost.

U návrhu HUB jsem narazil hned na několik problémů. Prvotní návrh HUB měl využívat pouze jedno ESP-12f. Když jsem měl zapojený testovací obvod a napsaný první program, narazil jsem na problém synchronizace odesílání a přijímání zpráv, kde se jedna anténa musela starat o 2 různé protokoly. Problém jsem se snažil řešit, ale neúspěšně. Proto jsem se rozhodl přidat další ESP-12f, kde první ESP přijímalo data a druhé je odesílalo. Tato dvě ESP mezi sebou komunikují pomocí UART. V úvahu také přišlo SPI a I2C.

Další komplikace, která nastala při výrobě sensorů, je jejich vlastní cena, která u první série byla vysoká. Nejednalo se ani o cenu vlastních součástek a leptaného spoje, ale hlavně o jejich zkompletování, poštovné a clo. Výrobce plošných spojů velkou část dílu označil za EXTENDET Parts, a tak za každou takovou položku se muselo připlatit extra. U dalších sérií jsem si nechal pouze zhotovit mnou navržené PCB, ale komponenty jsem již kupoval u českých dodavatelů a pájel je sám. Tím vznikl ale problém, a to

ten, že některé komponenty byly příliš malé na to, aby byly pájeny ručně, a tak jsem musel některé části obvodu zvětšit, abych byl schopen pájet sám ručně.

Další komplikace, které vyvstaly, byly finanční. Pro tento projekt jsem musel totiž pořídit velké množství nářadí a techniky, například 3D tiskárnu a laboratorní zdroj.

I přes všechny tyto komplikace si mi podařilo tento projekt dokončit a vytvořit tak plně funkční systém, který lze namontovat do objektu s malou spotřebou energie a který bude tento objekt řídit, automatizovat a zásobovat solární energií, kterou sám vyrábí.

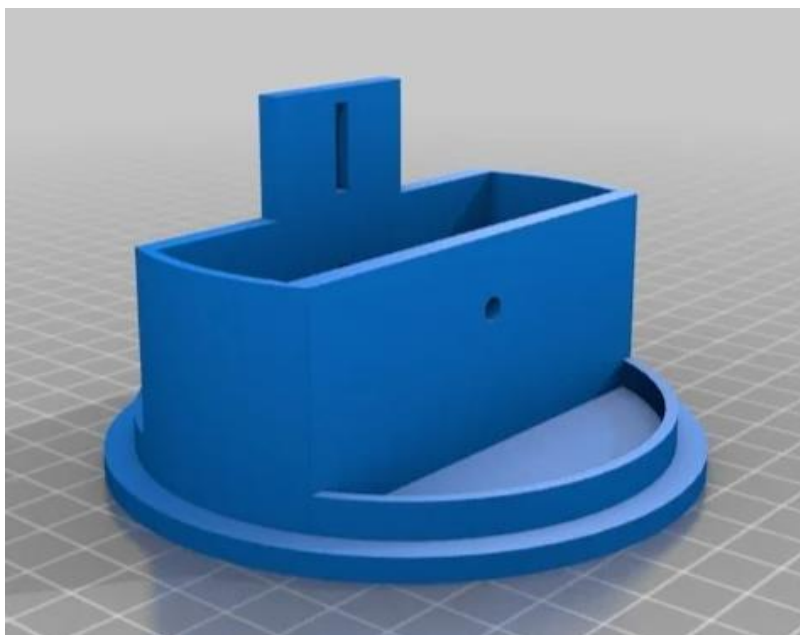
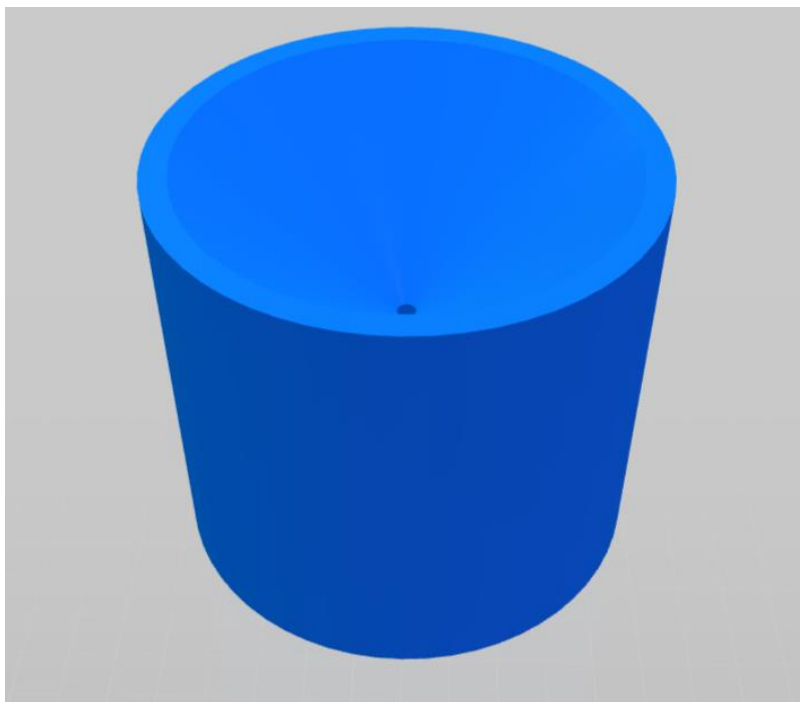
Literatura

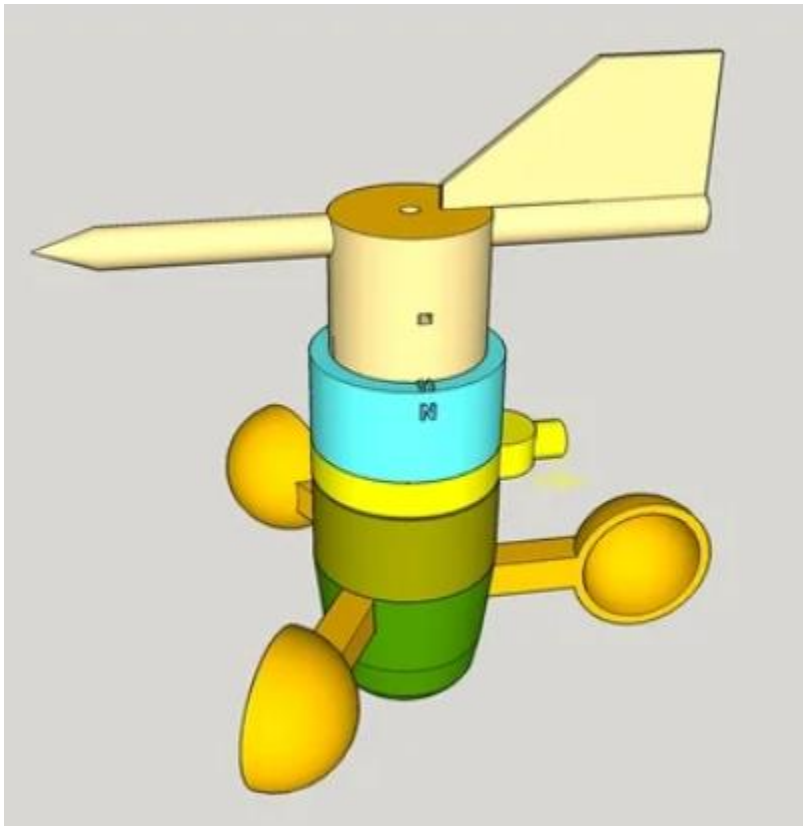
- [1] "Wired vs. Wireless Monitoring System: Which is Right for Your Application?" <https://blog.sensaphone.com/wired-vs.-wireless-monitoring-system> (accessed Aug. 07, 2021).
- [2] "Wired vs Wireless Networks for Business. Advantages/Disadvantages." <https://www.ouritdept.co.uk/wired-vs-wireless-networking-business/> (accessed Aug. 07, 2021).
- [3] "What Is a Wireless Network? - Wired vs Wireless - Cisco." <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/small-business/resource-center/networking/wireless-network.html> (accessed Aug. 07, 2021).
- [4] "Difference between Wired and Wireless Network - IP With Ease." <https://ipwithease.com/wired-network-vs-wireless-network/> (accessed Aug. 07, 2021).
- [5] "MQTT - Wikipedia," May 18, 2021. <https://en.wikipedia.org/wiki/MQTT> (accessed May 18, 2021).
- [6] "What is MQTT and How Does it Work?" <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/MQTT-MQ-Telemetry-Transport> (accessed May 18, 2021).
- [7] "MIC5365/6 High-Performance Single 150mA LDO General Description," 2013, Accessed: Aug. 07, 2021. [Online]. Available: <http://www.micrel.com>.
- [8] "ESP-Now Overview | Espressif Systems." <https://www.espressif.com/en/products/software/esp-now/overview> (accessed Jul. 26, 2021).
- [9] E. Peña and M. G. Legaspi, "UART: A Hardware Communication Protocol Understanding Universal Asynchronous Receiver/Transmitter," 2020. Accessed: Jul. 26, 2021. [Online]. Available: <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/uart-a-hardware-communication-protocol.html>.
- [10] Anusha, "Basics of UART Communication," *Electronics Hub*, 2017. <https://www.circuitbasics.com/basics-uart-communication/> (accessed Jul. 26, 2021).
- [11] "What is Arduino IDE? And its different functions. - Bot Solvers." <https://botsolvers.com/what-is-arduino-ide-and-its-different-functions/> (accessed Aug. 10, 2021).
- [12] "Arduino Software (IDE) | Arduino." <https://www.arduino.cc/en/Guide/Environment> (accessed Aug. 10, 2021).
- [13] "ESP8266.net — The Internet of Things with ESP8266." <http://esp8266.net/> (accessed May 18, 2021).
- [14] "ESP8266 Hardware Design Guidelines," 2019. Accessed: May 18, 2021. [Online]. Available: www.espressif.com.
- [15] "ESP8266 Wi-Fi MCU | Espressif Systems." <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp8266/overview> (accessed May 18, 2021).
- [16] "ESP8266 - Wikipedia," May 15, 2021. <https://en.wikipedia.org/wiki/ESP8266> (accessed May 18, 2021).
- [17] Fabialbo, "Compatibility problem with esp8266 serial (tiny 8 pin board) · Issue #68 · Qrome/printer-monitor · GitHub." <https://github.com/Qrome/printer-monitor/issues/68> (accessed May 18, 2021).
- [18] °C/W, "HEXFET® Power MOSFET V DSS =-20V R DS(on) = 0.60Ω Absolute Maximum Ratings Thermal Resistance."
- [19] Stmicroelectronics, "This is information on a product in full production. LFX Very low drop voltage regulator with inhibit function Datasheet-production data Features," 2014. Accessed: May 18, 2021. [Online]. Available: www.st.com.
- [20] "Mechanické a digitální prostorové termostaty, možnosti úspor při vytápění domů - TZB-info." <https://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6092-mechanicke-a-digitalni-prostorove>

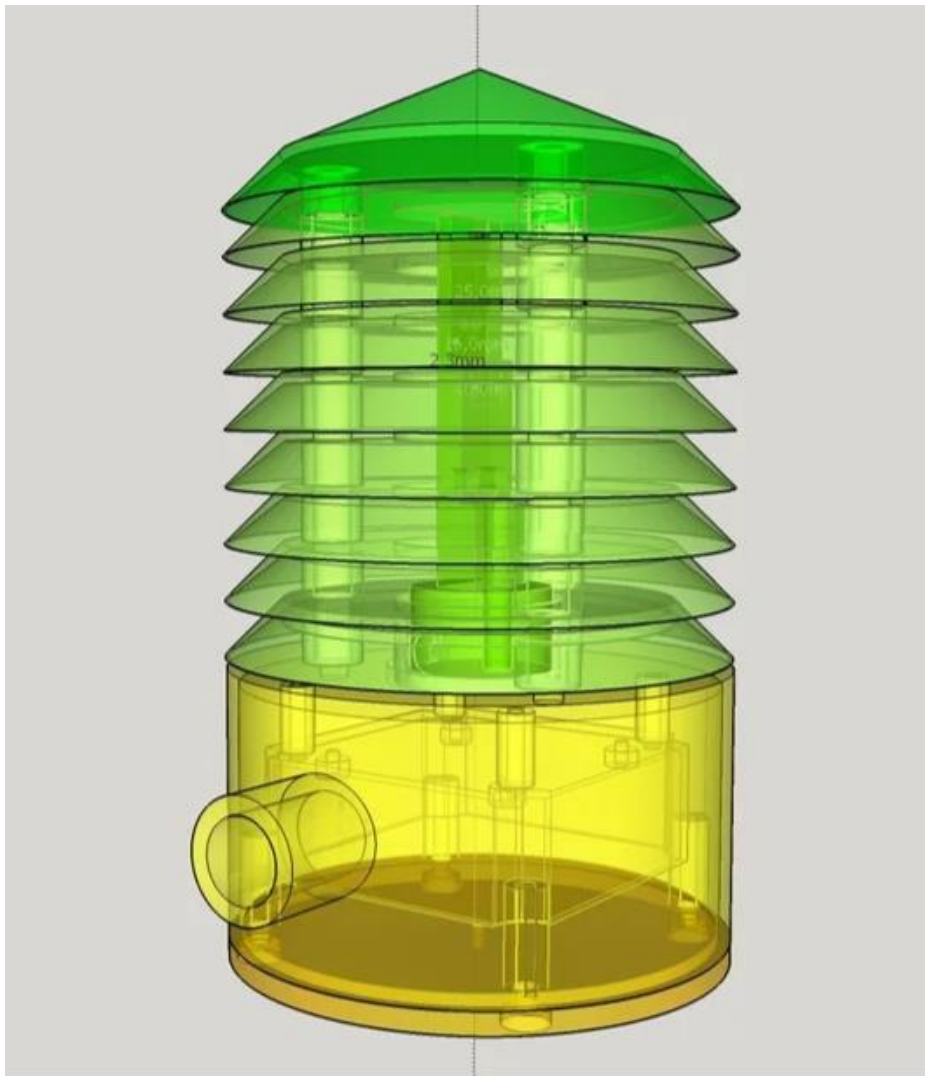
- termostaty-moznosti-uspor-pri-vytapeni-domu (accessed Aug. 07, 2021).
- [21] "Zónové regulační systémy a jejich využití při úsporném efektivním vytápění - TZB-info." <https://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6203-zonove-regulacni-systemy-a-jejich-vyuziti-pri-uspornem-efektivnim-vytapeni> (accessed Aug. 07, 2021).
- [22] B. Sensortec, "BME280 Combined humidity and pressure sensor."
- [23] "BME280 Sensor with Arduino Tutorial - Learn Robotics." <https://www.learnrobotics.org/blog/bme280-arduino-tutorial/> (accessed May 18, 2021).
- [24] "Guide for BME280 Sensor with Arduino (Pressure, Temperature, Humidity) | Random Nerd Tutorials." <https://randomnerdtutorials.com/bme280-sensor-arduino-pressure-temperature-humidity/> (accessed May 18, 2021).
- [25] Alex Newton, "What is Rotary Encoder? Construction, Working & Types," May 13, 2021. <https://how2electronics.com/construction-working-rotary-encoder/> (accessed May 18, 2021).
- [26] "Rotary encoder - Wikipedia," May 24, 2021. https://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_encoder (accessed May 18, 2021).
- [27] "Grove - Gas Sensor(MQ2) - Seeed Wiki." https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Gas_Sensor-MQ2/ (accessed May 18, 2021).
- [28] "Sensor - Gas - Seeed Wiki." https://wiki.seeedstudio.com/Sensor_gas/ (accessed May 18, 2021).
- [29] "MQ2 datasheet.pdf - Google Drive." <https://drive.google.com/file/d/0B4B30jzMyzG8WG81SWdzb094aU0/view> (accessed May 18, 2021).
- [30] "3W Ultra-compact Power Module HLK-PM01 230V AC to 5V/3W DC."
- [31] InnovatorsGuru, "PZEM-004T | Specification | Price | Arduino Library | Pinout." <https://innovatorsguru.com/ac-digital-multifunction-meter-using-pzem-004t/> (accessed May 18, 2021).
- [32] "LTB Weather Station by RobWLakes - Thingiverse." <https://www.thingiverse.com/thing:2849562> (accessed Aug. 11, 2021).
- [33] Ich, "Stevenson screen - Wikipedia," Mar. 15, 2021. https://en.wikipedia.org/wiki/Stevenson_screen (accessed May 18, 2021).
- [34] "DHT22 Pinout, Interfacing with Pic Microcontroller, Applications." <https://microcontrollerslab.com/dht22-temperature-humidity-sensor-interfacing-pic-microcontroller/> (accessed May 18, 2021).
- [35] Fegnievniski, "Rain gauge: Revision history - Wikipedia," Apr. 05, 2021. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Rain_gauge&action=history (accessed May 18, 2021).
- [36] Dolphin51, "Anemometer: Revision history - Wikipedia," Jan. 14, 2021. <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Anemometer&action=history> (accessed May 18, 2021).
- [37] "Elektrická zabezpečovací signalizace – EZS." <http://www.alcamprofi.cz/elektricka-zabezpecovaci-signalizace-ezs.html> (accessed May 18, 2021).
- [38] "Moderní evropský standard zabezpečení." Accessed: May 18, 2021. [Online]. Available: <http://www.>
- [39] "HC-SR501 PIR MOTION DETECTOR."
- [40] Benne de Bakker, "HC-SR501 PIR Motion Sensor Arduino Tutorial (3 Examples)." <https://www.makerguides.com/hc-sr501-arduino-tutorial/> (accessed May 18, 2021).
- [41] "HC-SR501 PIR Sensor Working, Pinout & Datasheet," Sep. 18, 2017. <https://components101.com/sensors/hc-sr501-pir-sensor> (accessed May 18, 2021).
- [42] Chris Woodford, "How reed switches work (magnetically operated switches)," Aug. 22, 2020. <https://www.explainthatstuff.com/howreedswitcheswork.html> (accessed May 18, 2021).

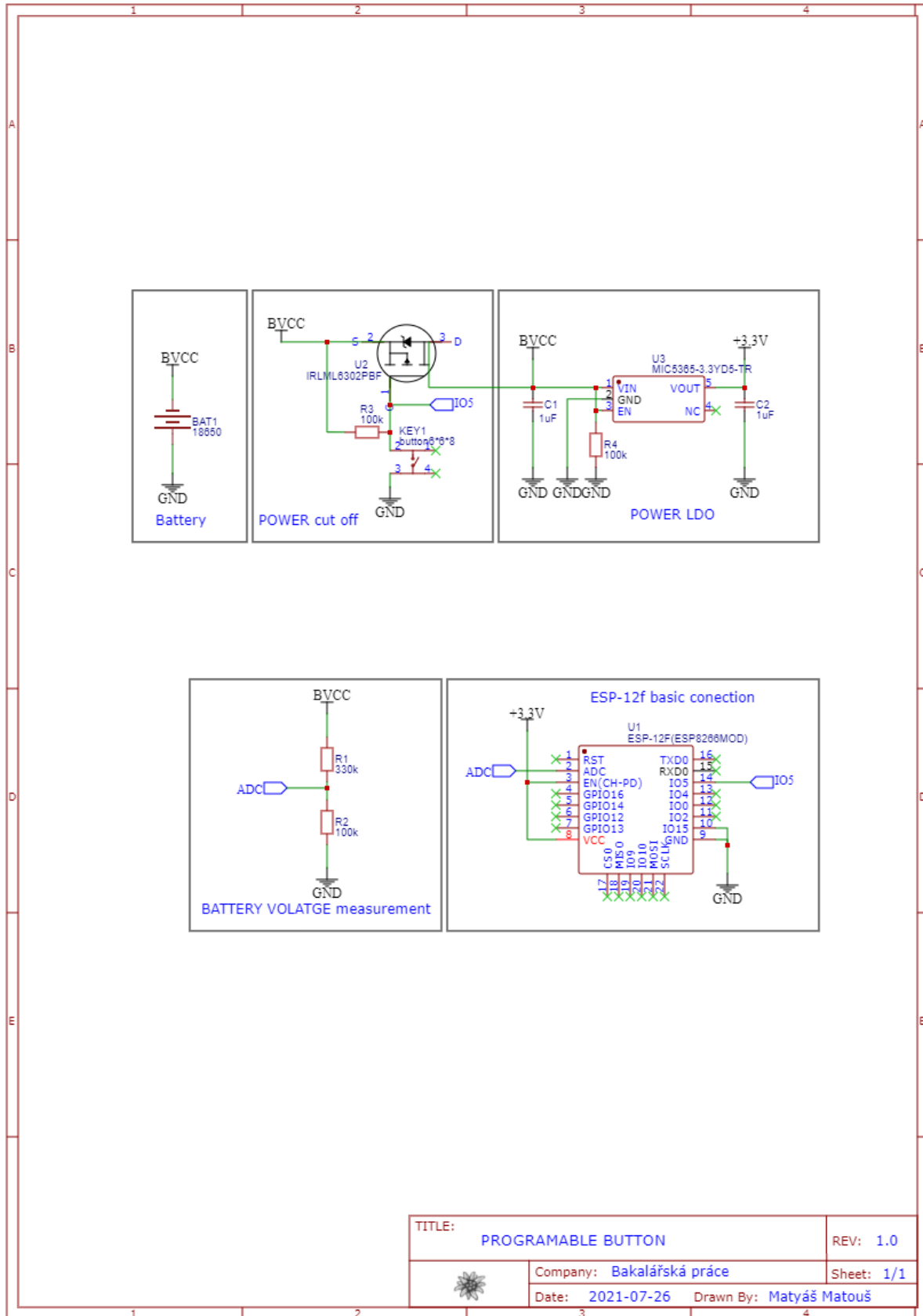
- [43] "Reed switch - Wikipedia." https://en.wikipedia.org/wiki/Reed_switch (accessed May 18, 2021).
- [44] "ชนิดของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ | Enmax Solar I Co.,Ltd." <http://www.enmax.co.th/types-of-solar-systems/> (accessed Aug. 07, 2021).
- [45] "Major Differences between On-Grid and Off-Grid Solar System." <https://www.genusinnovation.com/blogs/on-grid-and-off-grid-solar-system> (accessed Aug. 07, 2021).
- [46] "On Grid vs Off Grid Solar: Pros & Cons of Each System - Green Coast." <https://greencoast.org/on-grid-vs-off-grid-solar-systems/> (accessed Aug. 07, 2021).
- [47] "How solar power works - on-grid, off-grid and hybrid systems — Clean Energy Reviews." <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/2014/5/4/how-solar-works> (accessed Aug. 07, 2021).
- [48] Joe Clements, "Monocrystalline vs Polycrystalline Solar Panel: What's the Difference?," Apr. 20, 2019. <https://greencoast.org/monocrystalline-vs-polycrystalline/> (accessed May 18, 2021).
- [49] MAX, "Monocrystalline vs Polycrystalline: Pros and Cons | Linquip," Dec. 20, 2020. <https://www.linquip.com/blog/monocrystalline-vs-polycrystalline/> (accessed May 18, 2021).
- [50] "Monocrystalline vs. polycrystalline - What does it mean? | LG USA," Nov. 19, 2020. <https://www.lg.com/us/solar/blog/monocrystalline-vs-polycrystalline-what-does-it-mean> (accessed May 18, 2021).
- [51] "Monocrystalline vs. Polycrystalline Solar Panels | EnergySage," Jul. 15, 2020. <https://www.energysage.com/solar/101/monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels/> (accessed May 18, 2021).
- [52] ZHCSLOAR, "MPPT vs PWM : Which Charge Controller Should You Choose?," Apr. 22, 2020. <https://zhcsolar.com/mppt-vs-pwm/> (accessed May 18, 2021).
- [53] Renogy, "What is the difference between MPPT and PWM charge controllers? - Renogy United States," Dec. 23, 2019. <https://www.renogy.com/blog/what-is-the-difference-between-mppt-and-pwm-charge-controllers/> (accessed May 18, 2021).
- [54] "Solar charge controller NEW LandStar series." Accessed: May 18, 2021. [Online]. Available: www.epsolarpv.com.
- [55] "Kontroleri napona." <https://www.parenasunce.com/kontroleri-napona/> (accessed May 18, 2021).
- [56] "Raspberry Pi 4 Model B specifications – Raspberry Pi." <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/> (accessed Aug. 07, 2021).
- [57] "Documentation : Node-RED." <https://nodered.org/docs/> (accessed Aug. 07, 2021).
- [58] "Home Assistant." <https://www.home-assistant.io/> (accessed Aug. 07, 2021).
- [59] "Documentation - Home Assistant." <https://www.home-assistant.io/docs/> (accessed Aug. 07, 2021).


Přílohy

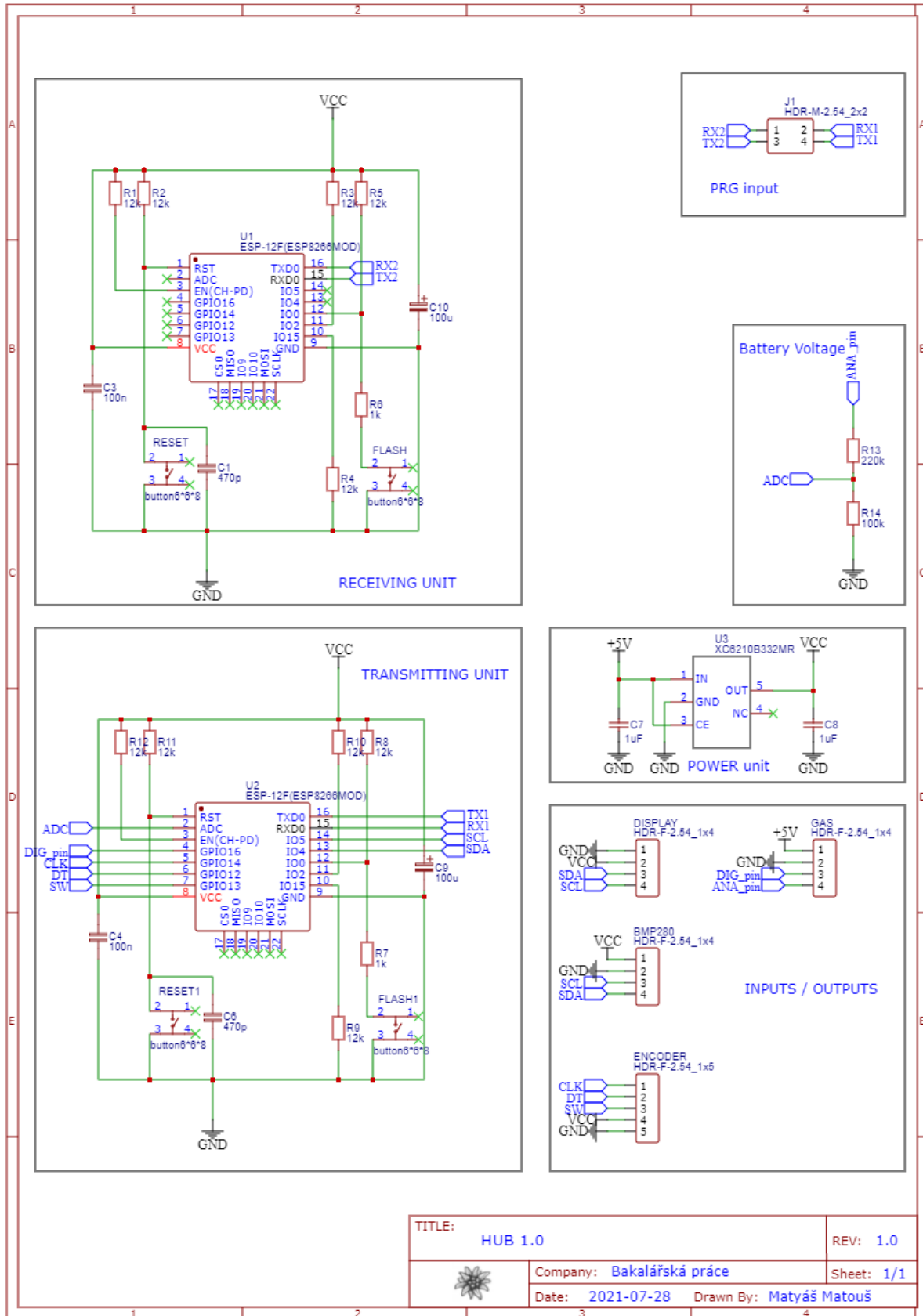


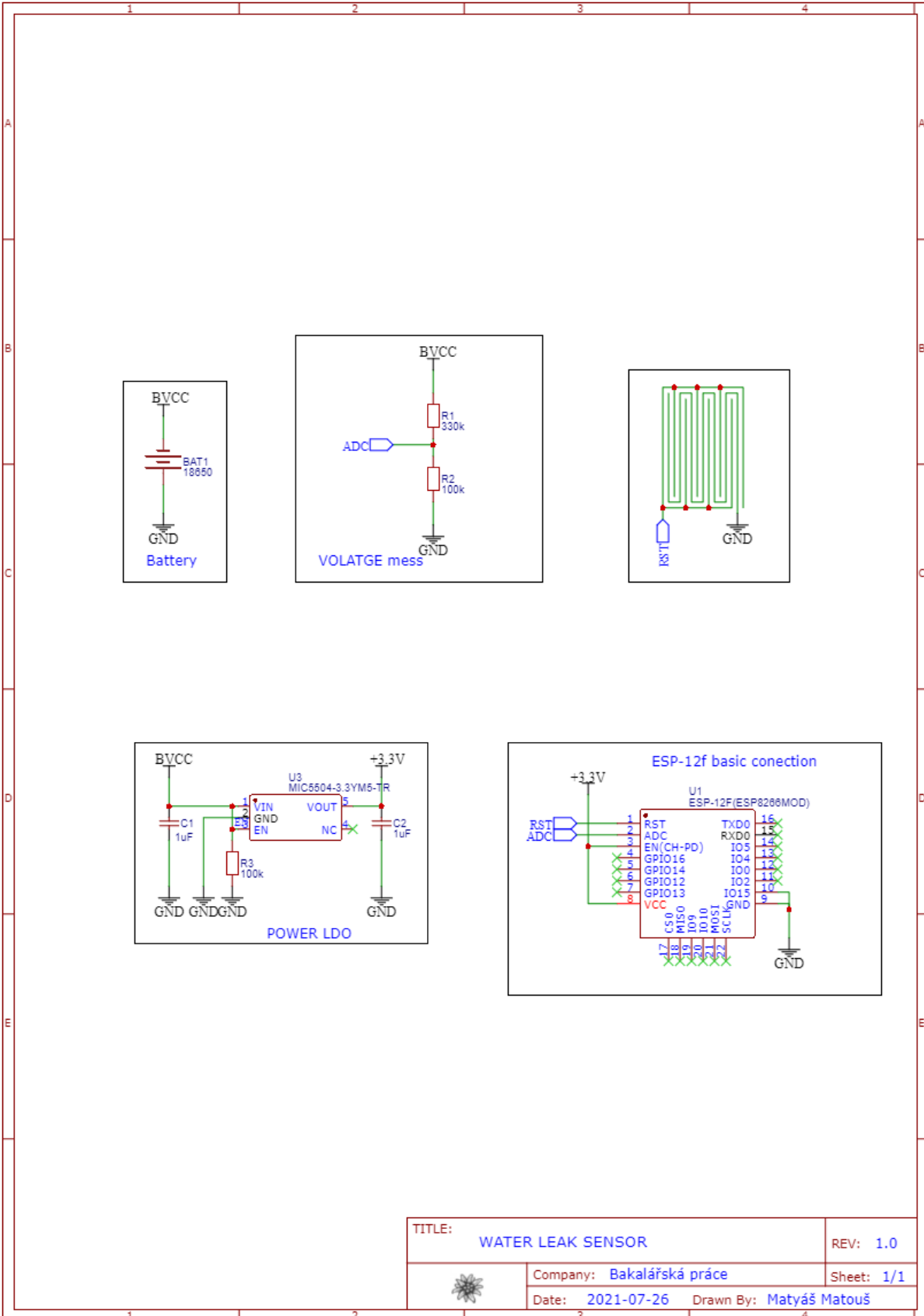





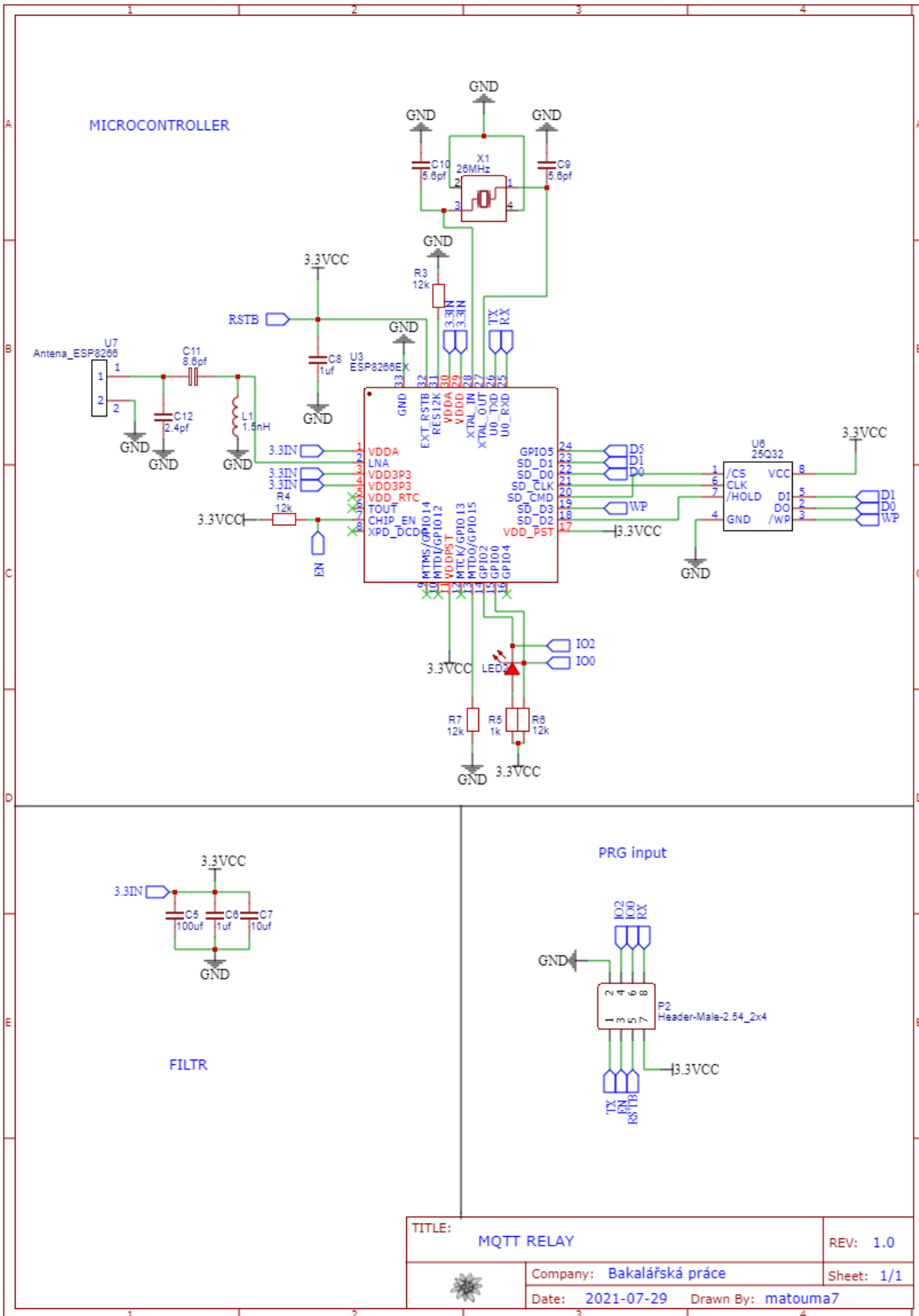


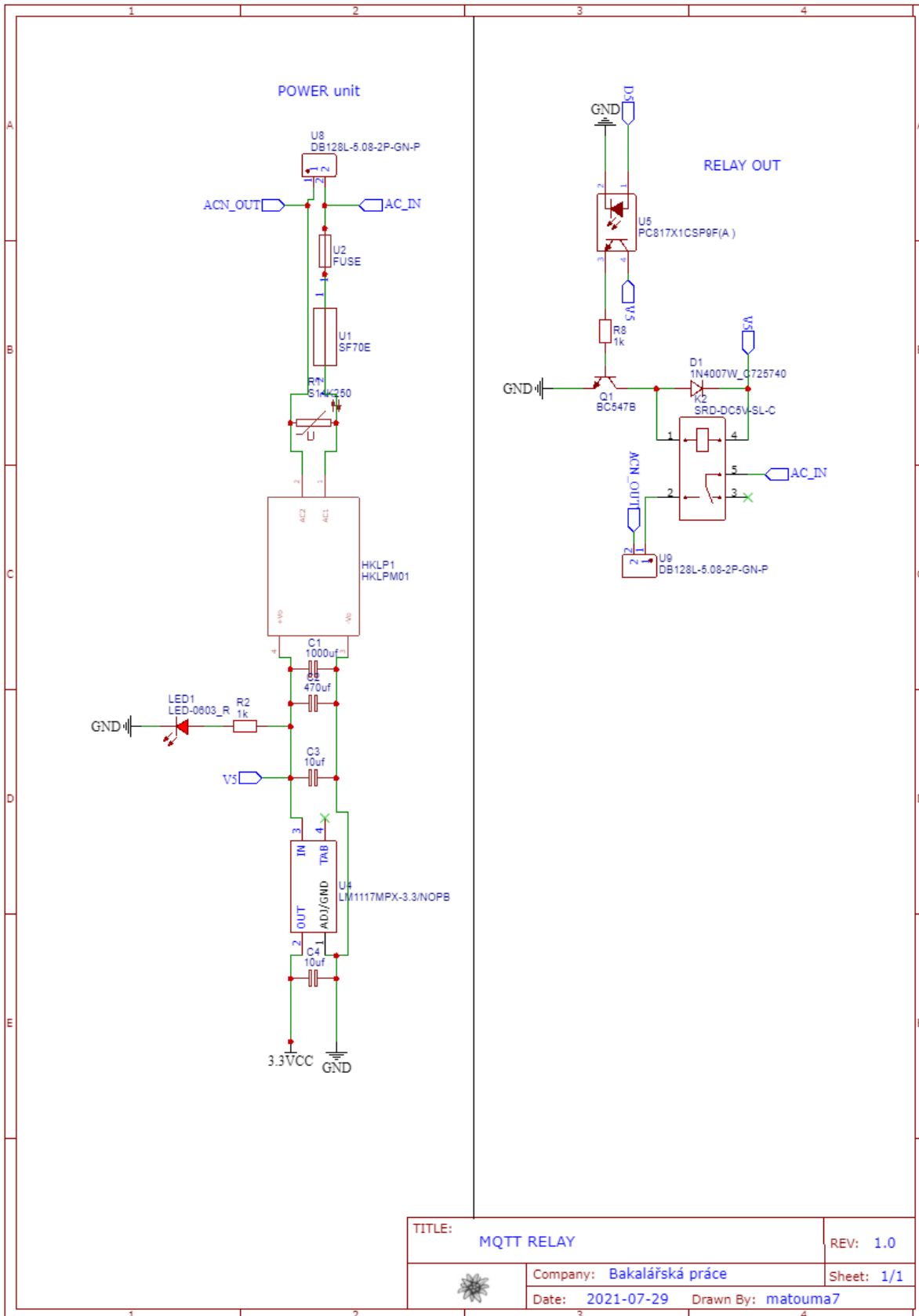
TITLE: PROGRAMABLE BUTTON		REV: 1.0
	Company: Bakalářská práce	Sheet: 1/1
	Date: 2021-07-26	Drawn By: Matyáš Matouš




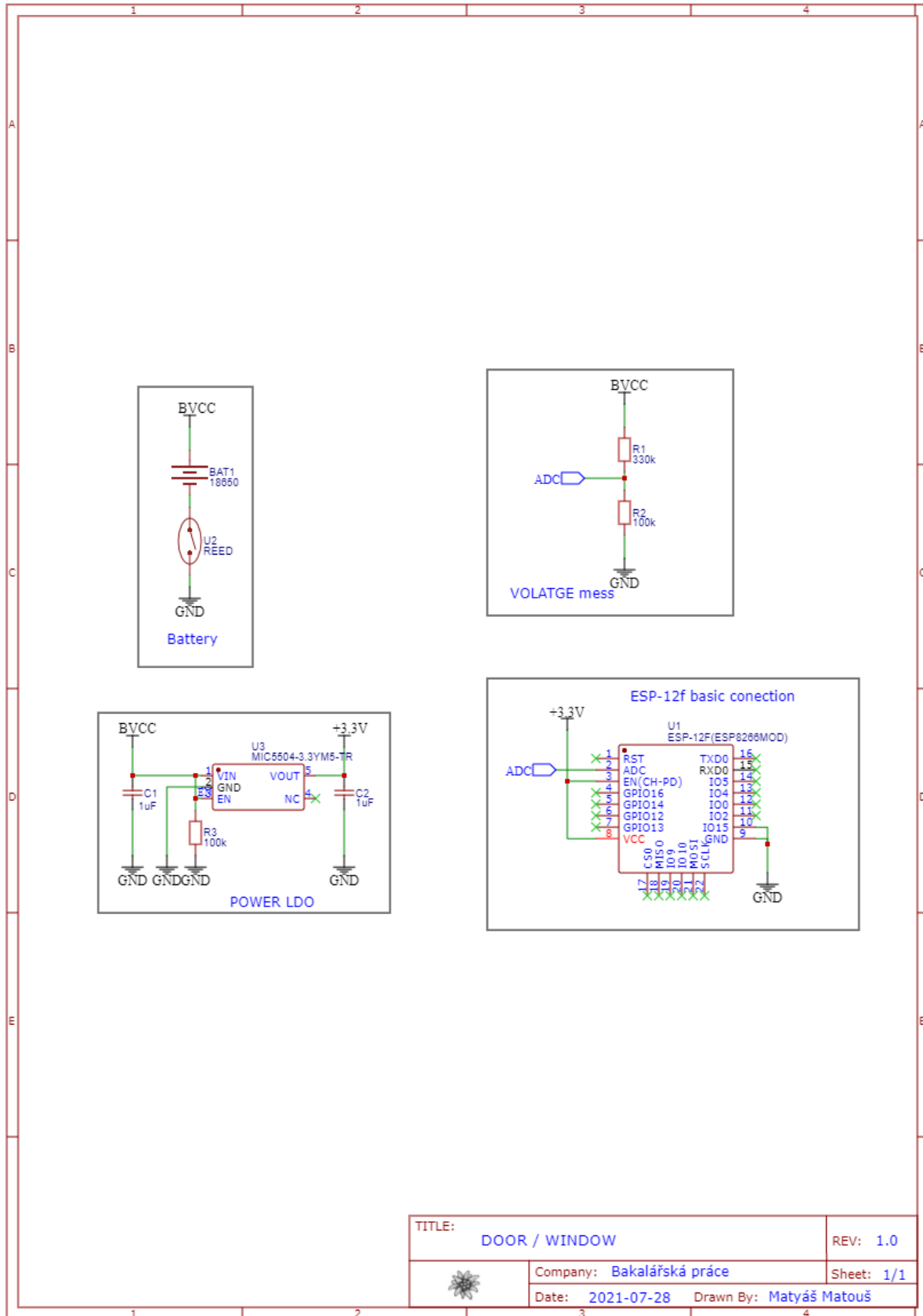



TITLE: WATER LEAK SENSOR		REV: 1.0
	Company: Bakalářská práce	Sheet: 1/1
	Date: 2021-07-26	Drawn By: Matyáš Matouš

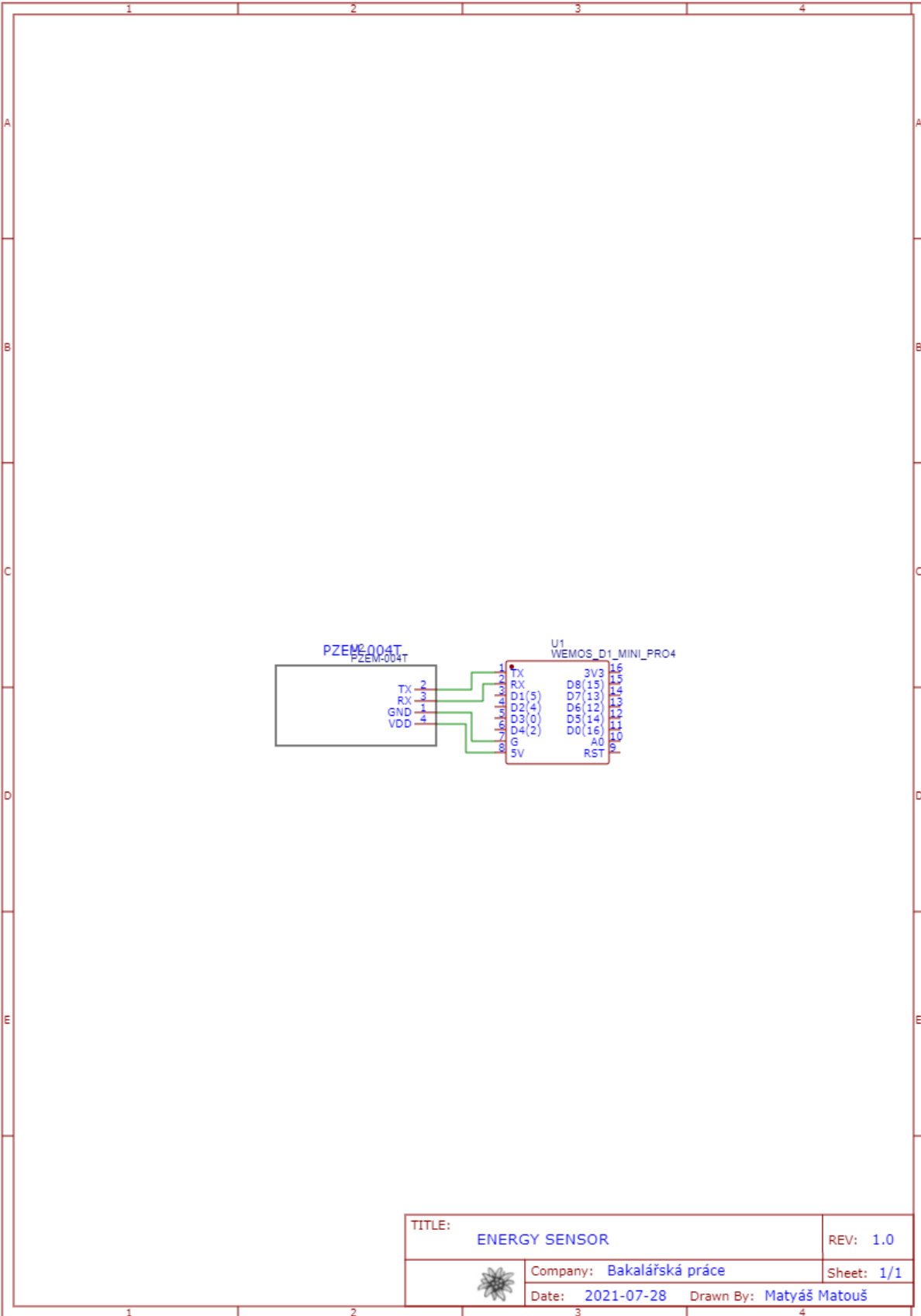





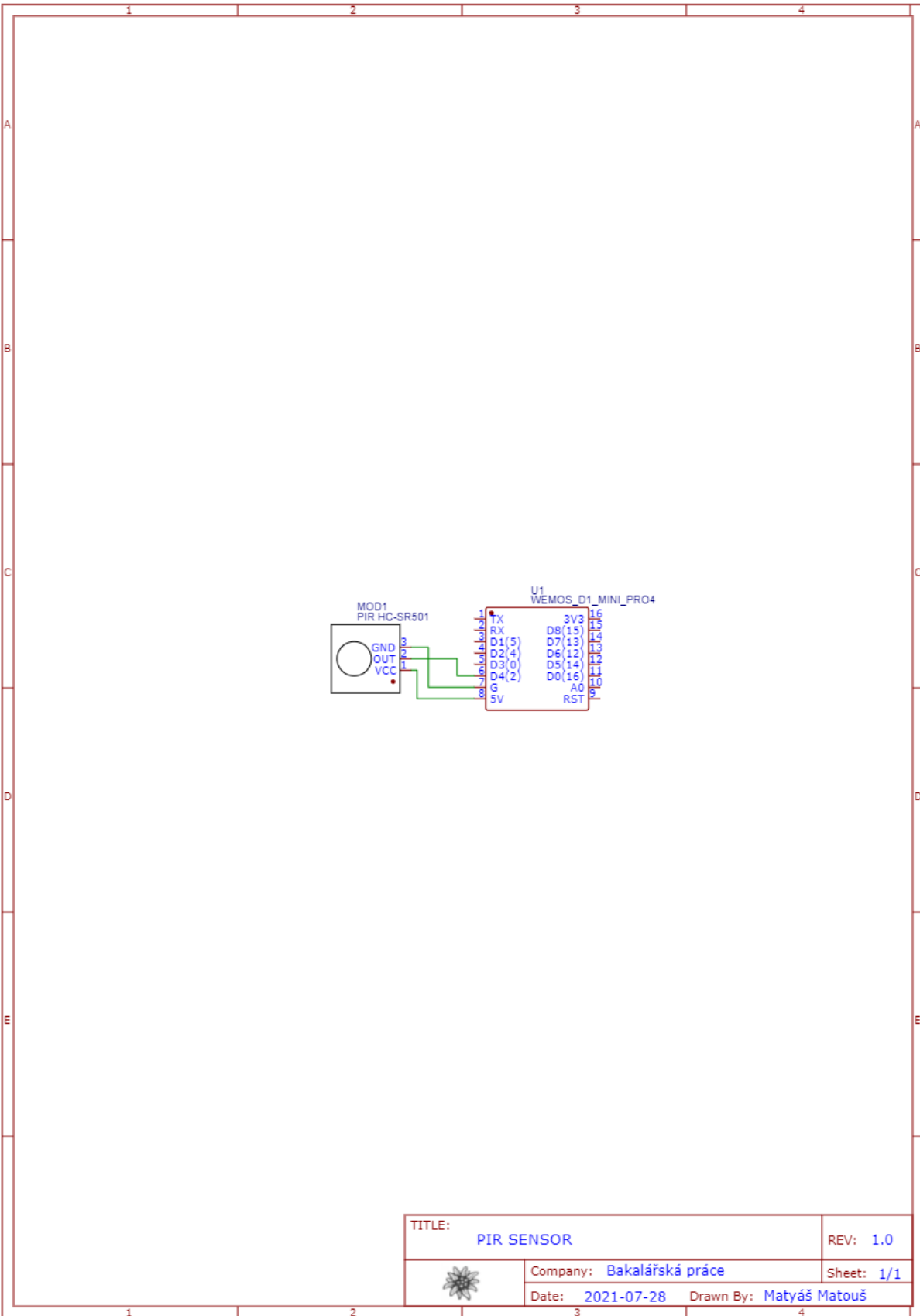
TITLE: MQTT RELAY		REV: 1.0
	Company: Bakalářská práce	Sheet: 1/1
	Date: 2021-07-29	Drawn By: matouma7




TITLE: DOOR / WINDOW		REV: 1.0
	Company: Bakalářská práce	Sheet: 1/1
	Date: 2021-07-28	Drawn By: Matyáš Matouš



TITLE:	ENERGY SENSOR	REV:	1.0
	 Company: Bakalářská práce	Sheet:	1/1
	Date: 2021-07-28	Drawn By:	Matyáš Matouš



TITLE:	PIR SENSOR	REV:	1.0
	Company: Bakalářská práce	Sheet:	1/1
	Date: 2021-07-28	Drawn By:	Matyáš Matouš