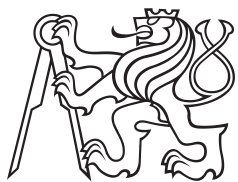


Bakalářská práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra mikroelektroniky

Termostat pro ovládání automatického kotle pomocí webového rozhraní

Roman Labovský

Vedoucí: Ing. Bouřa Adam, Ph.D.

Obor: Aplikovaná elektronika

Studijní program: Komunikace, multimédia a elektronika

Leden 2019

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Labovský** Jméno: **Roman** Osobní číslo: **457100**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra mikroelektroniky**
Studijní program: **Komunikace, multimédia a elektronika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektronika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Termostat pro ovládání automatického kotle pomocí webového rozhraní

Název bakalářské práce anglicky:

Thermostat for boiler controlled via web interface

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou ovládání automaticky řízených kotlů pro potřeby vytápění domácnosti a ohřev vody pomocí termostatu. Seznamte se s principy pro komunikaci a přenos dat po Internetu pro účely návrhu uživatelského webového rozhraní.
2. Na základě získaných poznatků navrhnete systém pro manuální a automatizované řízení kotle, který bude nastavitelný pomocí webového rozhraní.
3. Pro vybraný typ kotle realizujte ovládací rozhraní, sestavte testovací pracoviště a ověřte funkčnost vašeho návrhu. Navrhnete případná vylepšení.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Garlík, B.: Inteligentní budovy, BEN - technická literatura, Praha 2012, ISBN 978-80-7300-440-8
- [2] Vedral, J., Fischer, J.: Elektronické obvody pro měřicí techniku, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2004.
- [3] Mann, B.: C pro mikrokontroléry, 1. Vydání, Praha 2003, Nakladatelství BEN - technická literatura, ISBN 80-7300-077-6.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Adam Bouřa, Ph.D., katedra mikroelektroniky FEL

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

Datum zadání bakalářské práce: **31.01.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2019**

Ing. Adam Bouřa, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
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

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu Ing. Adamu Bouřovi, Ph.D. za odborné vedení práce, věcné připomínky, vstřícnost při konzultacích a poskytnutí zázemí své laboratoře spojené s realizací mého zařízení.

Dále bych chtěl poděkovat svému kolegovi Ing. Petru Kujanovi, Ph.D. za možnost aplikovat svou práci na jeho rodinném domě. Jenom cenné rady v oblasti regulace vytápění a věcné připomínky.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat Ing. Vladimíru Janíčkoví, Ph.D. za ochotu poskytnutí rad v systému Home Assistant a při návrhu zdroje nepřerušovaného napájení.

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, 3. ledna 2019

Roman Labovský

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou regulace vytápění domácnosti a ohřevu užitkové vody. Pro řízení se využívá systém Home Assistant fungující na Raspberry Pi, který je ovladatelný přes webové rozhraní. Regulace je přizpůsobena pro konkrétní typ kotle s konkrétní otopnou soustavou v rodinném domě. Následně je celý řídicí systém testován a používán v reálném prostředí.

Klíčová slova: Termostat, Home Assistant, Regulace vytápění, Regulace teplé užitkové vody, Zdroj nepřerušovaného napájení

Vedoucí: Ing. Bouřa Adam, Ph.D.

Abstract

In this thesis, a system for regulation of heating of either household and water is developed. Proposed control system is based on Raspberry Pi with the system Home Assistant. The unit is fully controllable via web. The process of adjusting the system to a particular type of boiler in a family house is discussed. The programmed system is eventually tested in real environment.

Keywords: Thermostat, Regulation of heating, Regulation of service hot water, Uninterruptible power supply

Title translation: Thermostat for control automatic boiler via web interface.

Obsah

1 Úvod	1	7.2 Režim pro dobíjení zásobníku TUV	38
1.1 Cíl práce	2	7.3 Ostatní nastavení	44
2 Porovnání s komerčními produkty	3	8 Další prvky k termostatu	47
3 Regulace příkonu tepla	7	9 Návrh zdroje nepřerušovaného napájení	51
3.1 Druhy regulace	7	10 Testování návrhu	55
3.2 Regulace teploty přívodní vody ..	8	11 Návrh dalšího vylepšení	59
3.3 Regulace teploty teplé užitkové vody	11	12 Závěr	61
4 Home Assistant	15	Literatura	63
4.1 Architektura Home Assistantu ..	16	Přílohy	65
4.2 Architektura komponent	18	Seznam příloh	66
4.3 Architektura grafické části Home Assistant	19	A Zdroj nepřerušovaného napájení	67
4.4 Obecné informace o používání systému Home Assistant	20	B Obsah CD	73
5 Zdroje nepřerušovaného napájení	25		
6 Použitý princip ve vlastním řešení pro vytápění otopného systému a dobíjení zásobníku TUV	27		
6.1 Použitá regulace pro vytápění domácnosti	27		
6.2 Použitá regulace pro dobíjení zásobníku na TUV	28		
7 Vlastní softwarové řešení	31		
7.1 Společné prvky pro režim vytápění	31		

Obrázky

3.1 Princip regulace kotle podle přívodní teploty.	8	7.5 Vývojový diagram pro manuální režim vytápění.	37
3.2 Příklad regulace podle vnitřní teploty s komepenzací přes venkovní teplotu.	9	7.6 Příklad teplotního plánu pro automatický režim dobíjení zásobníku TUV.	39
3.3 Ekvitermní křivky pro různé teploty v jedné místnosti. [3]	10	7.7 Vývojový diagram pro automatické dobíjení zásobníku TUV.	40
3.4 Křivky zátěže. [1]	11	7.8 Nastavení pro manuální režim dobíjení zásobníku TUV.	41
3.5 Regulace TUV vypnuto/zapnuto oběhové čerpadlo.	12	7.9 Vývojový diagram pro manuální dobíjení zásobníku TUV.	42
3.6 Regulace TV nastavením z polohy vytápění do polohy ohřevu TUV. .	13	7.10 Nastavení pro zimní režim dobíjení zásobníku TUV.	43
4.1 Raspberry Pi 3 model B. [6]	16	7.11 Vývojový diagram pro zimní dobíjení zásobníku TUV.	43
4.2 Přehled domácí automatizace HA.	17	7.12 Nastavení hystereze pro vytápění a dobíjení zásobníku TUV.	44
4.3 Přehled propojenosti jádra HA..	18	7.13 Stav řízených zařízení.	44
4.4 Přehled způsobu fungování komponent HA.	19	7.14 Možnosti zasílání informací emailem.	45
4.5 Uživatelské prostředí pro ovládání.	23	7.15 Nastavení pro optimální nahřátí kotle pro vytápění (teplota kotlové vody).	45
6.1 Princip vlastního řešení regulace vytápění a dobíjení zásobníku TUV.	29	7.16 Přehledové informace o aktuálním nastavení.	46
7.1 Příklad teplotního plánu pro automatický režim vytápění.	32	8.1 Způsoby zapojení 1-Wire sběrnice.	48
7.2 Nastavení pro automatický režim.	34	8.2 Způsoby zapojení vývodů senzoru na kroucenou dvojlinku. Konektor zapojen podle normy EIA/TIA-568B. [14]	49
7.3 Vývojový diagram pro automatický režim vytápění.	35	8.3 Způsob provedení teplotního senzoru.	49
7.4 Nastavení pro manuální režim. .	36		

8.4 Relé modul. [15]	50
9.1 Blokové schéma zdroje nepřerušovaného napájení.	52
9.2 Horní strana s indikačními LED.	53
9.3 Boční strany.	53
10.1 Schématické zobrazení reálného zapojení jednotlivých zařízení.	56
10.2 Zapojení centrálního regulátoru (Raspberry Pi), relé modulů (k nim zapojené koncová zařízení) a 1-Wire sběrnice v kotelně.	57
10.3 Zapojení dvoucestného ventilu.	57
A.1 Gerber data pro horní část desky plošných spojů.	69
A.2 Gerber data pro dolní část desky plošných spojů.	69
A.3 Horní část vyrobené desky plošných spojů.	70
A.4 Dolní část vyrobené desky plošných spojů.	70
A.5 Vnitřní část s elektronikou.	71

Tabulky

2.1 Cenové porovnání jednotlivých řešení.	5
2.2 Klady a zápory jednotlivých řešení.	6
4.1 Přehled vybavení Raspberry Pi 3 modelu B. [5]	16

Kapitola 1

Úvod

S dnešním rozvojem elektroniky a především vestavěných systémů jsou k dispozici nové možnosti domácí automatizace. Smyslem této automatizace je ekonomické, energetické řízení, víceúčelové použití a rekonfigurace nastavení a to vše pro potřeby obyvatel s cílem zvýšit jejich pohodlí.

Zajímavou oblastí této automatizace je vytápění domácnosti. Na dnešním trhu je možné nalézt mnoho výrobců tohoto řešení. Všichni však mají stejný primární cíl dosáhnout požadované teploty v místnosti. To ve většině případech dosahují podle nastaveného teplotního režimu od uživatele. Existují i takové, které si tento režim udělají sami podle aktivit obyvatel.

Oproti svým starším předchůdcům, kdy bylo nutné jejich nastavení provádět pomocí tlačítka, případně kombinací tlačítek, jsou dnešní termostaty velmi uživatelsky přívětivé. V současné době se ve většině případech dají nastavovat pomocí mobilní aplikace nebo webového prohlížeče či obojího.

Jako další alternativa pro řešení oblasti vytápění domácnosti vznikla tato práce. Práce je rozdělena na osm částí. V první části uvedu porovnání s komerčními produkty. V druhé části uvedu základní principy pro vytápění a ohřev vody v domácnosti. Ve třetí představím projekt Home Assistant (dále jen HA) a uvedu jeho vlastnosti, vnitřní strukturu jednotlivých částí a jejich vzájemnou komunikaci, principy komunikace po internetu a jiné. Ve čtvrté zmíním základní princip fungování zdroje nepřerušovaného napájení. V páté uvedu výběr a popis regulace, kterou jsem zvolil pro rodinný dům. V šesté části ukáži své vlastní softwarové řešení pro vytápění a ohřev vody v domácnosti včetně grafické uživatelské prostředí. V sedmé části uvedu samotnou realizaci zapojení termostatu v rodinném domě, způsob rozvedení a uchycení teplotních senzorů. V poslední osmé části uvedu vlastní realizaci zdroje nepřerušovaného napájení pro samotný modul termostatu v případě odstavky elektrické energie.

■ 1.1 Cíl práce

- Vybrat vhodnou platformu pro řízení vytápění domácnosti a ohřev vody.
- Realizovat a otestovat daný návrh v reálných podmínkách rodinného domu.
- Navrhnout zdroj nepřerušovaného napájení pro zajištění neustálého chodu řídicího systému i v případě výpadku elektrické energie.

Kapitola 2

Porovnání s komerčními produkty

Na dnešním trhu je možné sehnat velké množství termostatů. V stručném přehledu uvedu několik takovýchto řešení pro porovnání. Všechny níže uvedené ceny jsou v době psaní bakalářské práce. Cenové porovnání jednotlivých řešení je v tabulce 2.1. Shrnutí kladů a záporů jednotlivých řešení je v tabulce 2.2.

■ Eletrobock PT11

Velmi jednoduchý termostat pro automatickou regulaci vytápění umožňuje nastavit čtyři teplotní změny na každý den. Mezi jeho výhody patří nízká cena kolem 800 Kč. Mezi nevýhody patří ovládání jen pomocí tlačítek na zařízení (bez vzdáleného ovládání), nevyužívá venkovní teplotu pro zpřesnění vytápění. Neumožňuje regulaci teplé užitkové vody.

■ Netatmo termostat

Pokročilejší termostat umožňující nastavení týdenního teplotního plánu. Mezi výhody patří možnost vzdáleného ovládání i přes mobilní aplikaci (Android i iOS). V nastavený čas se snaží mít již vytopeno (potřeba se učit za jak dlouho se otopná soustava vytopí), pro zpřesnění je možné využít venkovní senzor (jinak využívá předpovědi počasí), ale je třeba vlastnit i meteostanici Netatmo. Umožňuje zobrazit grafy teploty, zapnutí kotle apod. Mezi nevýhody patří cena kolem 5 000 Kč. Dále veškerá data jsou ukládána u výrobce. V případě výpadku internetu není možné termostat nastavovat. Neumožňuje regulaci teplé užitkové vody.

	Eletrobock PT11	Netatmo termostat	Google Nest	Home Assistant	
Obsah balení	Termostat	Termostat, řídící jednotka (spínač)	Termostat, řídící jednotka (spínač)	Termostat (Raspberry Pi 3 B)	kolem 900 Kč
				Řídící jednotka (relé modul)	56 Kč
				Teplotní senzory DS18B20	4×19 Kč
				UTP rozdvojky	3×17 Kč
				UTP kabel	20m×7 Kč
				UTP konektory	9×3 Kč
				Kryt na termostat	48 Kč
				Kryt na řídící jednotku	62 Kč
Cena celkem	800 Kč	5 000 Kč	8 000 Kč		1 220 Kč

Tabulka 2.1: Cenové porovnání jednotlivých řešení.

	Výhody	Nevýhody
Eletrobock PT11	Nízká cena	Základní nastavení Pouze 4 teplotní změny Ovládání pouze tlačítka Bez regulace TUV
Netatmo termostat	Týdenní teplotní plán Webová a mobilní aplikace V daných časech již vytopeno	Cena Data ukládána u výrobce Výpadek internetu – bez nastavování Bez regulace TUV
Google Nest	Učení podle preferencí uživatele Webová a mobilní aplikace Detekce prázdného domu – snížení vytápění Předpověď počasí	Cena Data ukládána u výrobce Výpadek internetu – bez nastavování Pro regulaci TUV potřeba protokol OpenTherm kotle
Home Assistant	Regulace vytápění i TUV Nízká cena Využívání venkovní teploty pro korekci Data uložena u uživatele Výpadek internetu – lze nastavovat Otevřený systém – open-source Systém lze rozšiřovat Webová a mobilní aplikace	Mít přehled o fungování HA pro rozšiřování Aktualizace HA může zavést chybu

Tabulka 2.2: Klady a zápory jednotlivých řešení.

Kapitola 3

Regulace příkonu tepla

Lze se setkat s nejrůznějšími způsoby regulace příkonu tepla. Z následujícího popisu budu vycházet ze zdrojů [1], [2] a [3]. Uvedu pro zjednodušení několik takovýchto způsobů, regulovat lze podle:

1. **Výstupní teploty vody** ze zdroje tepla
2. **Vnitřní teploty vzduchu**
 - a. **přímo**, kdy je regulován přímo zdroj tepla
 - b. **nepřímo**, kdy je regulována vstupní teplota vody do otopné soustavy (např. směřováním) a zdroj tepla je regulován samostatně
 - c. **místně**, kdy je regulován výkon jednotlivých otopných těles (ploch) a zdroj tepla je regulován samostatně
3. **Venkovní teploty vzduchu – ekvitermně**
 - a. **přímo**, kdy je regulován přímo zdroj tepla
 - b. **nepřímo**, kdy je regulována vstupní teplota vody proudící do soustavy. Zdroj tepla je regulován samostatně.

3.1 Druhy regulace

Lze se setkat s několika způsoby regulace otopných těles a to:

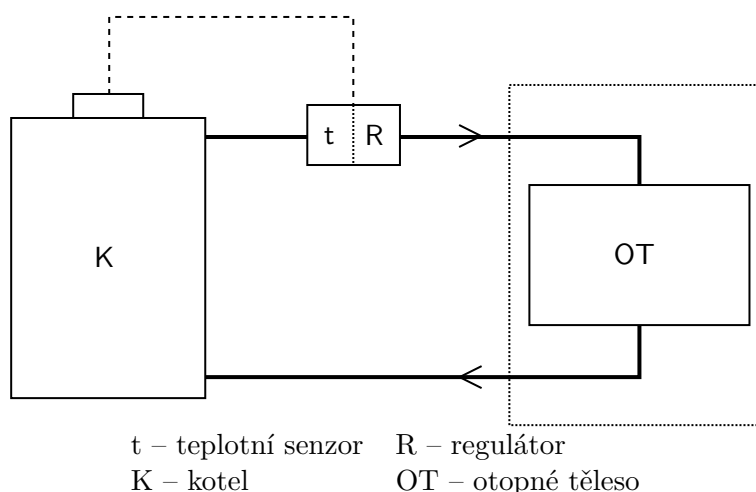
1. **Zónová regulace** – Používá se jeden společný regulační prvek a jeden regulátor pro více otopných těles.

2. **Decentralizovaná regulace jednotlivých místností** – V každé místnosti je regulátor a regulační prvek. Regulátory mohou být centrálně řízeny závislosti na čase.
3. **Centrální regulace jednotlivých místností** – K regulování se používá jeden centrální regulátor.

3.2 Regulace teploty přívodní vody

Regulace podle teploty kotlové vody

Nejjednodušší forma regulace teploty. Teplotní senzor většinou s regulátorem (R) umístěné přímo v přívodní trubce a podle této teploty reguluje (obrázek 3.1).

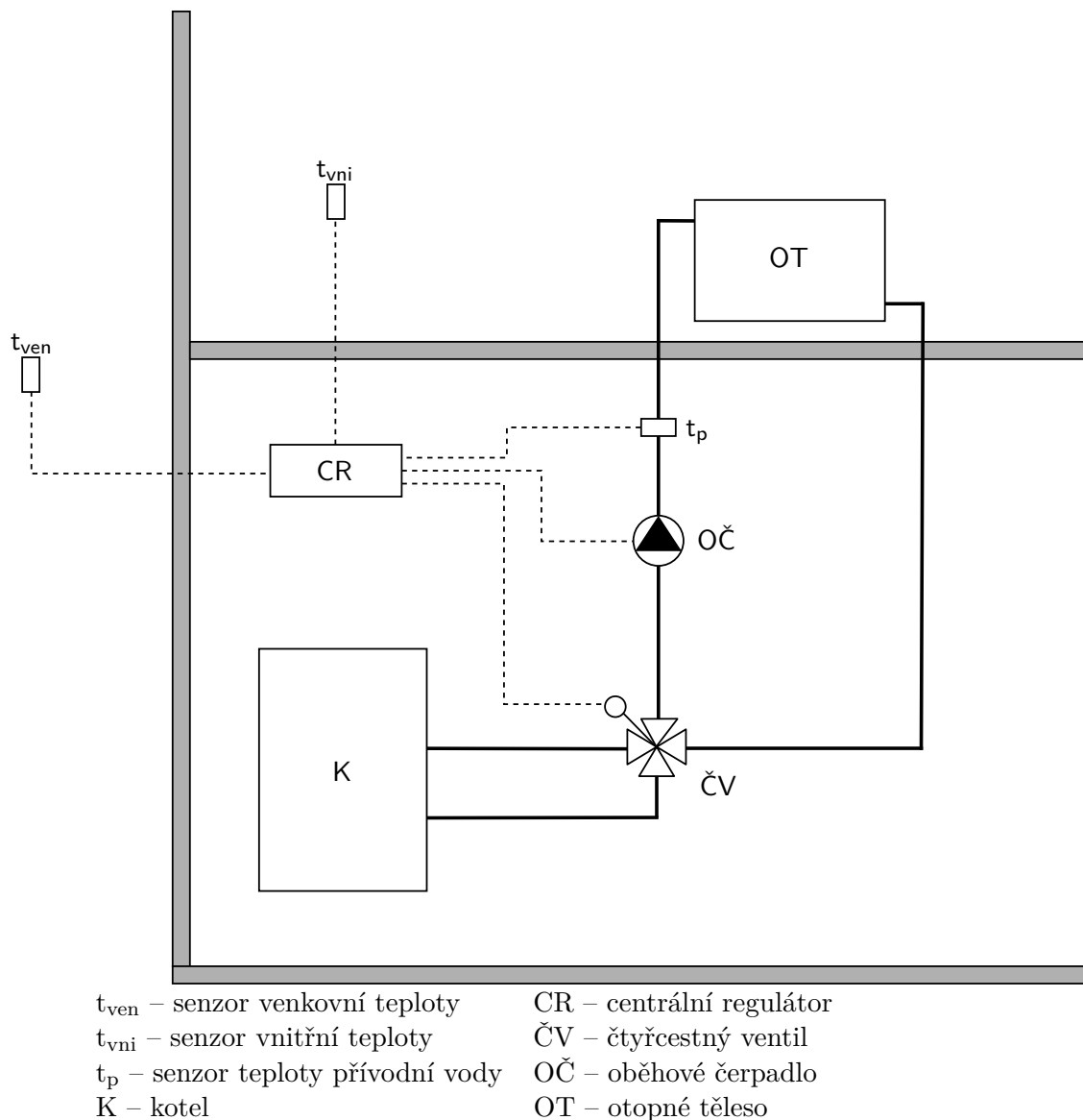


Obrázek 3.1: Princip regulace kotle podle přívodní teploty.

Regulace podle vnitřní teploty vzduchu

Ve vytápěném objektu je zvolena referenční místnost, jejíž teplota se bere jako referenční pro zbytek budovy. V rodinném domě to může být obývací pokoj, v administrativní budově vhodně vybraná kancelář. Na obrázek 3.2 je zobrazeno schéma zapojení takovéto regulace. Snímač teploty se umísťuje na místo, kde nebude ovlivněn místními zdroji teploty (senzor vnitřní teploty (t_i)). Pokud dojde v takto zvolené místnosti k poklesu teploty pod danou referenční teplotu, dostane zdroj tepla povel k zapnutí či zvýšení okamžitého výkonu (přiotevření/otevření čtyřcestného ventilu ($ČV$)) kotle (K). Dojde-li

naopak ke zvýšení teploty na danou referenci je poslán povel k vypnutí či snížení okamžitého výkonu (přizavření/zavření čtyřcestného ventilu (ČV)) kotle (K). Vše je řízeno centrálním regulátorem (R). K cirkulaci vody je zajištěna pomocí oběhové čerpadla (OČ). Dále je zde senzor teploty přívodní vody pro zajištění vhodné teploty přívodní vody do otopného systému (OT) (regulace pomocí čtyřcestného ventilu (ČV)).



Obrázek 3.2: Příklad regulace podle vnitřní teploty s komepenzací přes venkovní teplotu.

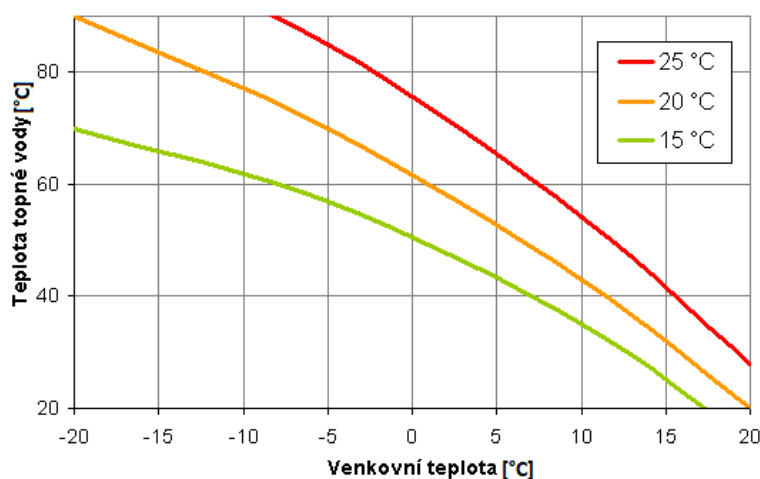
Tato regulace vody je ovlivněna pro všechny místnosti v objektu, tedy i do těch, kde to není nutné. Možné řešení je použít termostatické regulační ventily

(TRV) do všech místností kromě referenční místnosti. TRV ventil umožňuje nastavit teplotu každé místnosti zvlášť, pak tedy nedochází k přetápění.

■ Regulace podle venkovní teploty – ekvitermní regulace

Ekvitermní regulace teploty v místnosti je založená na nastavení teploty topné vody (regulací zdroje tepla) na základě venkovní teploty. Při nižších venkovních teplotách je potřeba vyšší teploty dodávané vody, aby došlo k rovnováze mezi dodávaným teplem a tepelnými ztrátami místnosti a teplota zůstala konstantní.

Po danou místnost lze stanovit soustavu tzv. ekvitermních křivek, které popisují vzájemnou závislost teploty topné vody, místnosti a venkovní teploty. Podle požadované teploty místnosti lze zvolit určitou křivku a podle venkovní teploty lze regulovat teplotu topné vody. Ekvitermní křivky se stanovují podle požadované teploty v místnosti a také na základě nejnižší venkovní teploty, která byla v dané oblasti kdy dosažena. Dále je třeba uvažovat vliv umístění teplotního senzoru na fasádě a jeho případné ovlivňování slunečním zářením apod. Pro danou soustavu je možné křivku upravit pomocí jejího naklánění nebo posuvu. Křivka má exponenciální charakter. Na obrázek 3.3 jsou znázorněny tři ekvitermní křivky pro požadované teploty 25 °C, 20 °C a 15 °C. Uvedené křivky jsou implementovány v odpovídajících zařízeních – ekvitermní regulátory.



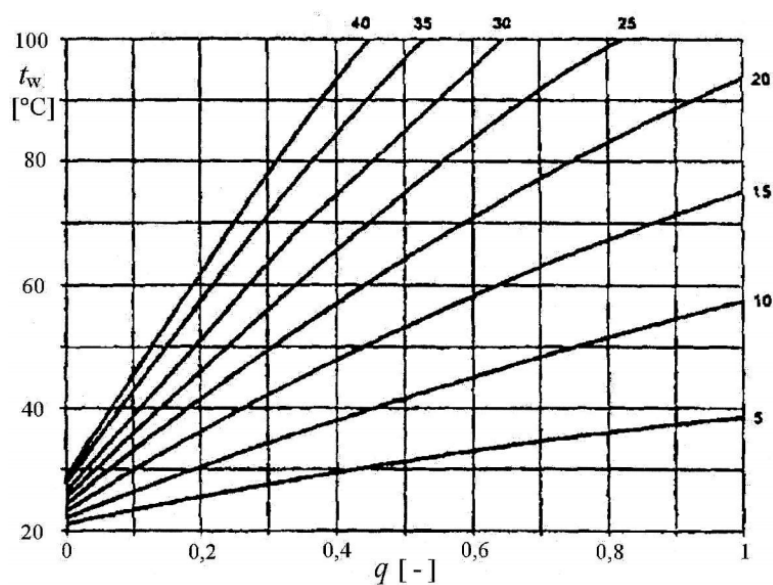
Obrázek 3.3: Ekvitermní křivky pro různé teploty v jedné místnosti. [3]

■ Ekvitermní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu

V tomto způsobu vytápění vstupuje do ekvitermní regulace zpětná vazba z prostoru. Regulátor měří aktuální teplotu v referenční místnosti (prostoru) a koriguje výše popsaný systém ekvitermní regulace.

■ Regulace podle zátěže

Systém řízení teploty vody se reguluje podle závislosti na potřebě tepla, bez závislosti na venkovním nebo prostorovém senzoru teploty. Využívá se především u moderních dobře zateplených budov. Regulace teploty vody je řízena podle křivek zátěže (obrázek 3.4).



t_w - teplota otopného systému

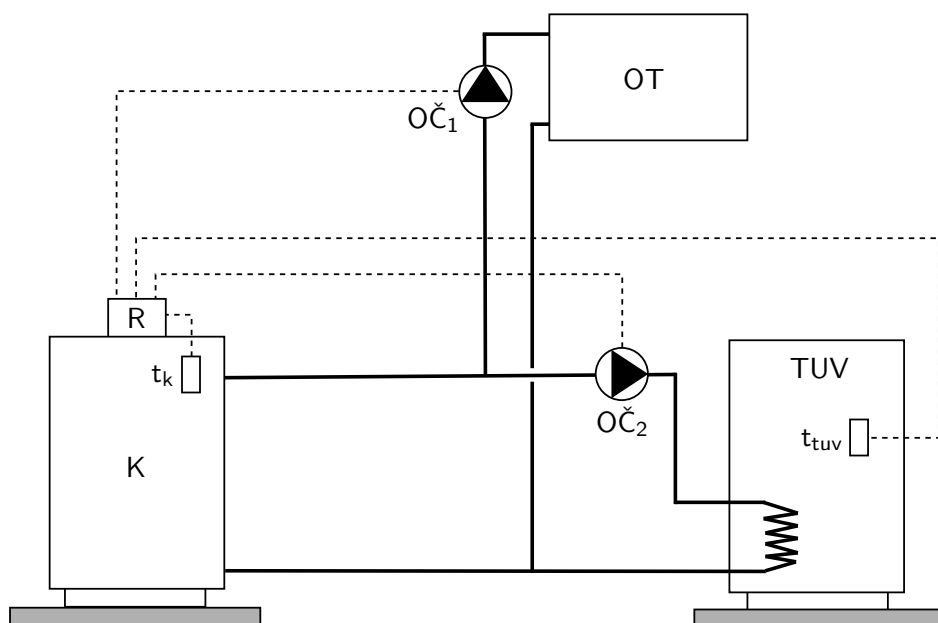
q - aktuální zátěž

Obrázek 3.4: Křivky zátěže. [1]

■ 3.3 Regulace teploty teplé užitkové vody

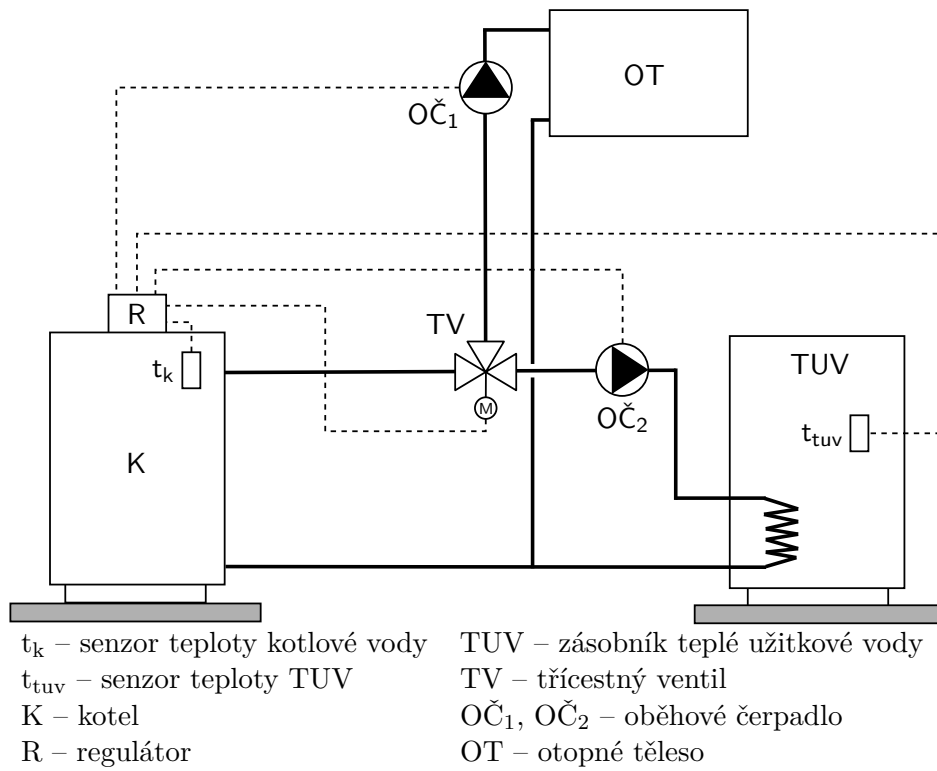
Nejčastěji se využívá regulace vypínáním a zapínáním oběhového čerpadla (OC_1) (obrázek 3.5). Případně se doplňuje u přednosti ohřevu teplé užitkové vody (dále jen TUV) ještě o vypínání hořáku, a tak klesne teplota kotlové vody do stanovené teplotní hranice. V tomto případě se vypínají čerpadla otopných okruhů nebo se přenastavují směšovače. Přepnutí z provozu vytápění

na přípravu teplé vody lze udělat pomocí speciálního přepínacího zařízení (obrázek 3.6 – varianta s třícestným ventilem *TV*).



t_k – senzor teploty kotlové vody	TUV – zásobník teplé užitkové vody
t_{tuv} – senzor teploty TUV	TV – třícestný ventil
K – kotel	OČ ₁ , OČ ₂ – oběhové čerpadlo
R – regulátor	OT – otopné těleso

Obrázek 3.5: Regulace TUV vypnuto/zapnuto oběhové čerpadlo.



Obrázek 3.6: Regulace TV nastavením z polohy vytápění do polohy ohřevu TUV.

Kapitola 4

Home Assistant

Home Assistant, je open-source projekt pro monitorování a ovládání inteligentní domácnosti. Aplikace je naprogramována v jazyce Python 3 a podporuje mnoho technologií používaných v oblasti domácí automatizace.

HA podporuje několik stovek zařízení či služeb (obecně komponent) od desítek velkých firem (např. Nest, Ikea, Google, ...). Přesněji sdružuje jejich společné ovládání a vzájemnou propojenost automatizací. Vše je tak na jednom místě a možné ovládat přes jednoduché grafické rozhraní.

Všechna data jsou uložena na vlastním úložišti, tedy vlastní počítač, nas, Raspberry Pi apod. Není tedy potřeba zakládat účet pro využívání služeb a posílat data třetím stranám.

HA je možné nainstalovat na systém Linux (Fedora, CentOS, ...), Windows, macOS a další. Též je přímá podpora pro Raspberry Pi a to buď v podobě operačního systému Hassbian nebo pomocí Hass.io, kde je vyžíván takzvaný docker, jedná o softwarový kontejner, který je „lehčí virtualizace“, jedná se o obálku pro běžící proces, obecně je zde jednodušší práce s aplikacemi, aktualizacemi a přesunem na jiné zařízení. Ve své práci používám verzi Hassbian na Raspberry Pi 3 B.

■ Raspberry Pi 3 B – základní popis

Důvod vybrání platformy Raspberry Pi 3 B je především pro přímou podporu systémem HA (zaintegrované funkce pro ovládání GPIO apod.). Dále zařízení je cenově dostupné a má velmi širokou uživatelskou základnu. V neposlední řadě je na něm možné provozovat linuxové distribuce (verze přizpůsobené hardwaru Raspberry Pi) v mém konkrétním případě na pozadí HA běží verze Hassbian, výhodné především pro možnost ovládání jako z běžným

desktopových verzí. Výkonově je velmi dobré pro plynulé fungování HA. Přehled specifikace zařízení je v tabulce 4.1. Samotné Raspberry Pi je na obrázku 4.1.

Procesor	Broadcom BCM2837, Quadcore ARM Cortex-A53, 64Bit, 1,2 GHz
RAM	1 GB LPDDR2
GPU	Dual Core VideoCore IV, 400 MHz
Síť	1 x 10/100 Ethernet (RJ45 Port), 802.11 b/g/n Wireless LAN (WiFi)
Bluetooth	Bluetooth 4.1 Classic, Low Energy
Karty	microSD
GPIO	2 × 20 pinový header
Porty	HDMI, 3,5mm analogový audio-video jack, 4 × USB 2.0, 15-pinový MIPI Camera Serial Interface (CSI-2), Display Serial Interface (DSI)

Tabulka 4.1: Přehled vybavení Raspberry Pi 3 modelu B. [5]



Obrázek 4.1: Raspberry Pi 3 model B. [6]

4.1 Architektura Home Assistantu

Při popisu architektury HA jsem vycházel z oficiálních zdrojů webové stránky HA [4] a [7]. Obecně není stanoven otevřený standard pro komunikaci inteligentních zařízení. Tím se zamezuje vzájemné komunikaci jednotlivých

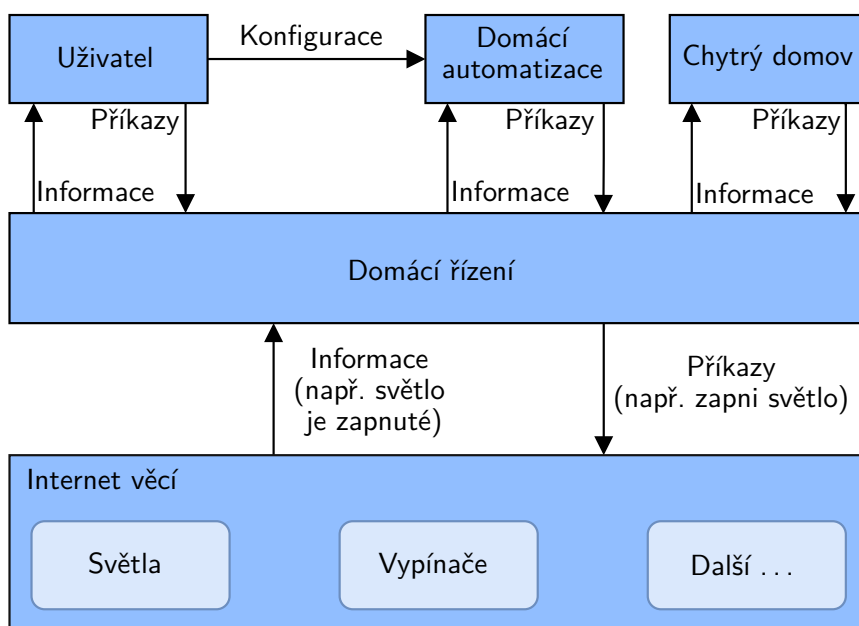
zařízení a zároveň ke správě zařízení z jednoho zařízení. V HA se takové zařízení, která spravuje všechny ostatní nazývá **rozbočovač**.

Minimum, co by rozbočovač měl umět, je vědět o stavu připojených zařízení a schopnost je řídit. Například pro světla by to měla být informace, zda jsou rozsvícená či nikoliv a umožnit změnit jejich stav. U senzoru nás zajímá jeho hodnota. Rozbočovač s těmito možnostmi umožňuje **domácí řízení**.

Sám uživatel může dávat příkazy do domácího řízení (například zapnout světla) nebo může udělat konfiguraci, která v pravidelném čase bude zapínat světla sama. Rozbočovač s těmito možnostmi je schopný **domácí automatizace**.

Poslední kategorie, která je stále v budoucnu se nazývá **chytrý domov**. Samoučící a adoptivní systém, který rozhoduje, která událost by měla ovlivnit jiná zařízení.

Výše popsaný z přehled domácí automatizace HA je na obrázek 4.2.

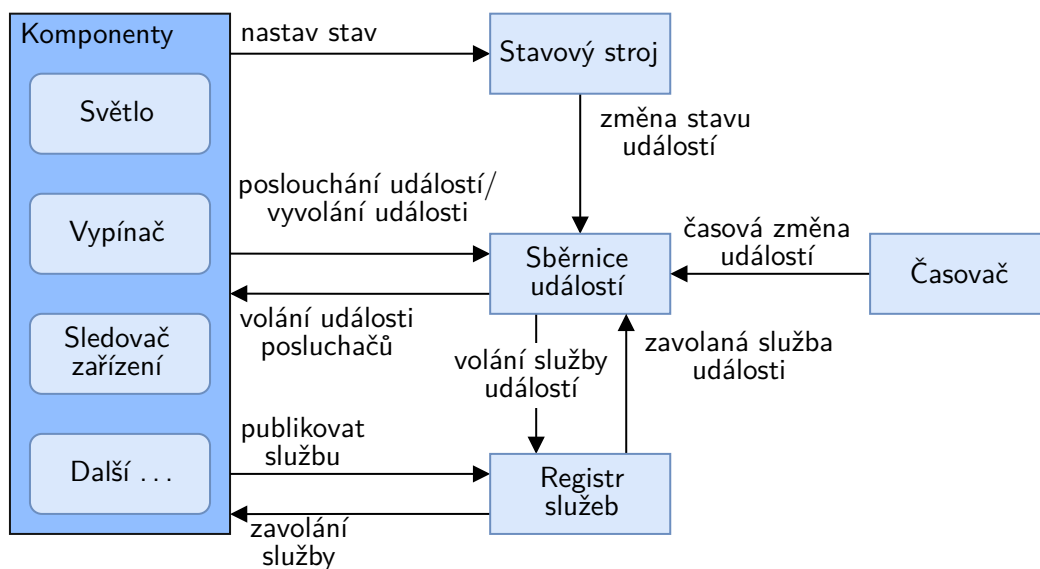


Obrázek 4.2: Přehled domácí automatizace HA.

■ Jádru Home Assistant

Jádru HA odpovídá za domácí řízení. HA se skládá ze čtyř částí, které to umožňují (obrázek 4.3):

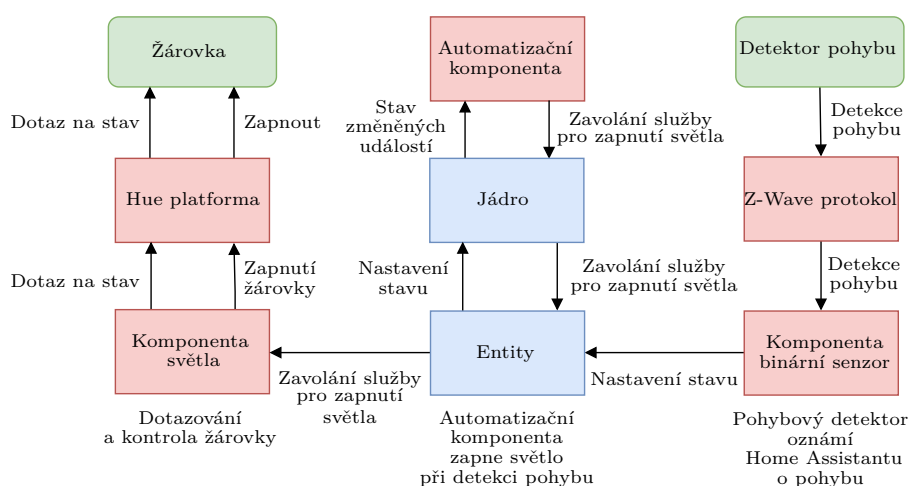
- **Sběrnice událostí** – umožňuje vyvolání a poslech událostí – „srdce“ HA.
- **Stavový stroj** – udržuje přehled o stavech zařízení a spustí *změnu_stavu* události, když došlo ke změně stavu.
- **Registr služeb** – poslouchá sběrnici událostí pro *zavolání_služby* události a umožňuje jinému kódu registrovat služby.
- **Časovač** – posílá *časovou_změnu* události každou jednu sekundu na sběrnici událostí.



Obrázek 4.3: Přehled propojenosti jádra HA.

4.2 Architektura komponent

Při popisu architektury komponent jsem vycházel z oficiálních zdrojů webové stránky HA [8]. HA je možné rozšiřovat přes tzv. komponenty. Každá komponenta odpovídá za určitou oblast v rámci HA. Mohou poslat spouštěcí události, nabízet služby a udržovat stavy (obrázek 4.4). Komponenty jsou napsány v Pythonu. Sám HA nabízí několik stovek takovýchto komponent k použití.



Obrázek 4.4: Přehled způsobu fungování komponent HA.

Komponenty interagující s oblastí internet věcí

Tyto komponenty sledují zařízení v rámci dané oblasti a jsou složeny z části jádra a z logiky dané platformy (např. logika konkrétní značky zařízení). Zpřístupňují své informace skrz stavový stroj a sběrnici událostí. Také registrují své služby k ovládání zařízení v registru služeb.

Komponenty v rámci událostí uvnitř Home Assistantu

Tyto komponenty poskytují malou část logiky domácí automatizace nebo zahrnují služby, které dělají společné úkoly v rámci domu uživatele. Například *zařízení_kontrolující_svit_slunce* komponenta sleduje stav zařízení, pokud slunce zajde a lidé jsou doma, tak zapne světla.

4.3 Architektura grafické části Home Assistant

HA grafická reprezentace je vytvořena pomocí webových komponent. Umožňuje zapouzdřit šablony, styl a logiku do jednoho souboru a zobrazit je jak HTML značku ve webovém prohlížeči. Struktura grafické reprezentace je rozdělena na čtyři části: [9]

- **Bootstrap** – první věc, která je načtena na stránce. Zodpovídá za kontrolu ověření prověření a nastavení připojení websocketu s vnitřní strukturou HA.

Možnosti editace konfiguračních souborů a obecná správa Home Assistant (Hassbian)

- **SSH** – po instalaci je doporučeno změnit výchozí jméno a heslo, více na [10]. Nejlépe heslo nahradit ověřováním pomocí autorizačního klíče (větší bezpečnost), více na [11].
- **Samba** – pro editaci konfiguračních souborů je možné nainstalovat aplikaci Samba pro zpřístupnění kořenové složky s konfiguračními soubory. V rámci systému Hassbian již existují přednastavené skripty pro instalaci několika aplikací. Jak tyto jednotlivé skripty spustit je popsáno na [12]. Jedním z nich je právě Samba.

Možnosti internetového připojení

Ve vlastním řešení umožňují uživatelům přístup ke správě aplikace HA i mimo lokální síť. Jakým způsobem lze realizovat připojení do lokální sítě jsou následující:

- **Veřejná statická IP adresa** – řešení, které jsem zvolil. Poskytovatel internetového připojení umožňuje přidělení veřejné, statické IP adresy, pomocí ní je pak možné se dostat do aplikace. V tomto případě je vhodné mít silné bezpečnostní heslo k přihlášení a pro šifrování komunikace používat SSL certifikát. Dále je nutné v domácím routeru nastavit IP přesměrování, tedy z veřejné IP adresy na lokální.
- **Veřejná dynamická IP adresa** – pokud poskytovatel internetového připojení umožňuje pouze veřejnou, dynamickou IP adresu. Je možné využít například DuckDNS, aplikace umožňuje zjišťovat aktuální přidělenou IP adresu na kterou je možné se připojit. Více o nastavení lze nalézt na oficiálních stránkách Home Assistant [13].

Přidání grafických komponent

Obecně u komponent jsou povinné a nepovinné položky (mají svojí výchozí hodnotu). Mezi ty povinné tedy patří výběr komponenty, kterou chceme (*input_text*, *input_select*, *input_boolean* apod.), dále název komponenty (lze volitelně zvolit) přes který dále s komponentou pracujeme například v automatizaci. O tom, co je a není povinné se dozvíme v dokumentaci každé komponenty na webu HA.

Příklad přidání komponenty *input_text*. *input_text* nám říká jakou komponentu chceme, dále následuje název této komponenty, přes tento název

dále v programu přistupujeme k této komponentě. Dále je zde řádek s *name*, jedná se o název, který se zobrazí uživateli. *Initial* je počáteční text, který se zobrazí. *Min* definuje minimální délku řetězce. *Max* definuje maximální délku řetězce. *Pattern* validuje vstup, jaké znaky jsou povoleny.

```
input_text:
  name_input_text:
    name: Zobrazený název v gui
    initial: Inicializační text
    min: 8
    max: 40
    pattern: '[a-zA-F0-9]*'
```

■ Konfigurace automatizace

Automatizace se skládá ze tří základních částí:

- **Spouštěč** automatizace, spuštění může být například, že někdo přijde domů, je zapnuto tlačítko, zajde Slunce, spouštěč může být konkrétní čas, datum apod.
- **Podmínka** omezující spouštěč. Může se jednat třeba o časovou podmínku, že aktuální čas se musí rovnat požadovanému. Zadaný vstup musí být větší než požadované číslo apod.
- **Akce** vykonaná při splnění všech podmínek. Akcí může být zapnutí zařízení, zobrazení upozornění, poslání sms apod.

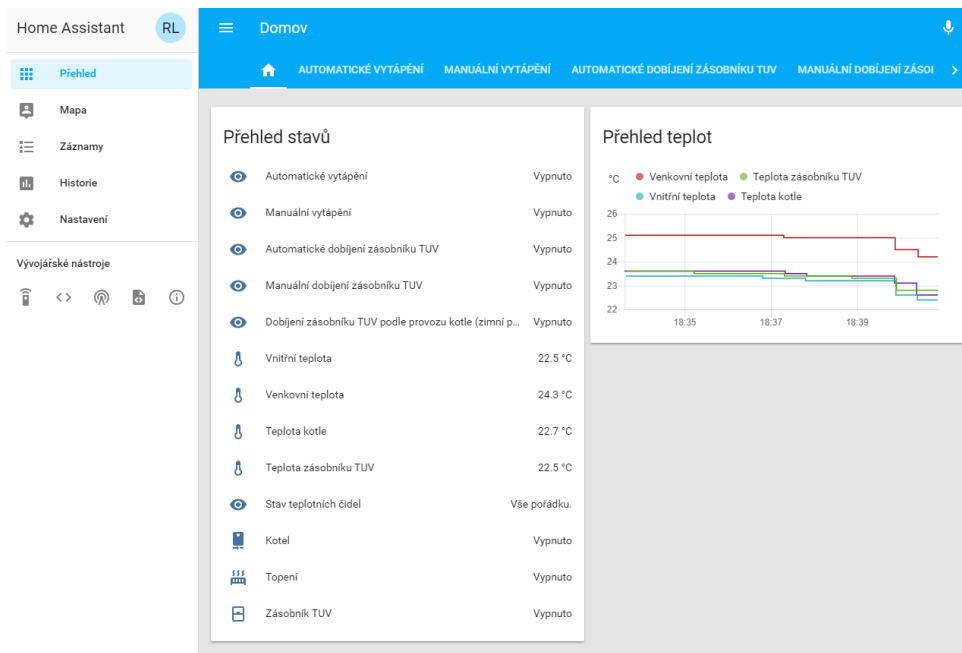
Příklad automatizace:

```
(spouštěč) Když Pavel dorazí domů
(podmínka) a Slunce zapadlo
(akce) Rozsviž světla v obývacím pokoji
```

■ Obecný přehled uživatelského prostředí

Na obrázku 4.5 je vidět grafické uživatelské prostředí. V levém panelu je položka přehled ve kterém jsou všechny grafické komponenty, které jsme přidali do aplikace (např. textové vstupy, posuvníky apod.) a jejich seskupení do skupin, záložek apod. Položka mapa zobrazuje mapu, je na ní možné například zobrazit polohu členů rodiny. Záznamy zobrazují všechny nedávné změny, například při změně hodnoty posuvníku apod. a zároveň je možné

přístupovat k nastavení všech komponent a měnit jejich hodnoty. Historie se chová podobně jako záznamy, ale vše je znázorněno graficky, kde je možné se podívat jak která změna dlouho trvala. Obecně jsou uloženy všechny změny, které jsou provedeny buď zásahem uživatele na nastavení nebo samotnou automatizací. V položce nastavení jsou obecná nastavení, správa uživatelů, možnost vytváření automatizačních souborů, skriptů a jiné. Ve spodní části se nacházejí vývojářské nástroje, pomocí nich lze volat služby, události, nastavovat stavy komponent nebo naopak získávat stavy bez přímého zásahu do konfiguračních souborů.



Obrázek 4.5: Uživatelské prostředí pro ovládání.

Kapitola 5

Zdroje nepřerušovaného napájení

■ Obecný princip zdroje nepřerušovaného napájení

Zdroj nepřerušovaného napájení (anglicky Uninterruptible Power Systems – UPS) se používá k zařízením, kde je potřeba spolehlivost dodávky elektrické energie. Skládá z akumulátoru a řídicího obvodu. Pokud není primární zdroj elektrické energie přerušen, udržuje se akumulátor v nabitém stavu, v případě výpadku (poklesu) elektřiny, zajistí napájení zařízení do obnovení napětí (případně do svého vybití).

V mém konkrétním případě slouží k zajištění napájení zařízení s řídicím systémem HA pro neustálé snímání teploty v rodinném domě a obnovení stavů regulovaných zařízení po obnovení elektrické energie. V případě výpadku síťového napětí a jeho následném obnovení je poslán informativní email uživateli o této události.

Využívám integrovaný obvod pro správu zdroje nepřerušovaného napájení. Obvod se skládá ze dvou hlavních režimů. První režim je snižující měnič napětí, pokud je dodávka elektrické energie z primárního zdroje, v takovém případě dochází přímému napájení koncového zařízení ze vstupu a zároveň k dobíjení (pokud je potřeba) záložního akumulátoru. V případě výpadku energie se uplatní zvyšující měnič napětí, kde dochází k zvýšení napětí z akumulátoru na požadovanou hodnotu pro napájení koncového zařízení. Konkrétní zapojení zařízení a jeho popis je uvedeno v kapitole 9 – *Návrh zdroje nepřerušovaného napájení*.

Kapitola 6

Použitý princip ve vlastním řešení pro vytápění otopného systému a dobíjení zásobníku TUV

Ve vlastním návrhu regulace pro vytápění domácnosti a dobíjení zásobníku TUV jsem vyházel z požadavků uživatelů a též ze zapojení topného systému rodinného domu. Pro vytápění a ohřev vody se používá peletový kotel OPOP Woody 24. Samotná regulace se stará o spínání daných zařízení, takže řízení typu PI nebo PID se stará sama jednotka kotle.

6.1 Použitá regulace pro vytápění domácnosti

Pro vytápění domácnosti je možné využít dva režimy. Dále budu popisovat obrázek 6.1. V případě automatické, prosté regulace podle teplotního týdenního plánu (viz v 7.1 – *Automatický režim vytápění*) se reguluje zapínáním nebo vypínáním z *CR* zařízení *Adex* (konfigurovatelný regulátor pro servopohon *ČV*, kontroluje teplotu (t_v) vratné vody, aby nedocházelo ke korozi kotle, maximální teplotu (t_p) vody z kotle a spínání čerpadla OC_1) na základě aktuální teploty a požadované z teplotního plánu od uživatele. To znamená, pokud měřená referenční, vnitřní teplota je pod žádanou teplotou a zároveň se aktuální čas nalézá v daném vymezeném časovém úseku pro vytápění, dojde k zapnutí kotle a povolení proudění teplé vody (povolení otevření *ČV* přes *Adex*, též zapne čerpadlo OC_1) do otopného systému. Zde se využívá *regulace podle vnitřní teploty vzduchu*. Řídicí jednotka kotle (*ŘJK*) se sama stará o kontrolu maximálního výkonu kotle, spínání čerpadla (OC_2) a jiné.

Při povolení korekce podle venkovní teploty v automatickém režimu (viz v 7.1 – *Automatický režim vytápění*), dochází na základě venkovní teploty a nadefinovaných hodnot od uživatele k posuvu začátku vytápění v teplotním

plánu dopředu či dozadu. Způsob výpočtu posuvu je více popsán níže v 7.1 – *Automatický režim vytápění*. Tento způsob se podobá *regulaci podle venkovní teploty – ekvitermní regulace*, nicméně nedochází zde k regulaci přívodní vody podle nadefinovaných ekvitermních křivek.

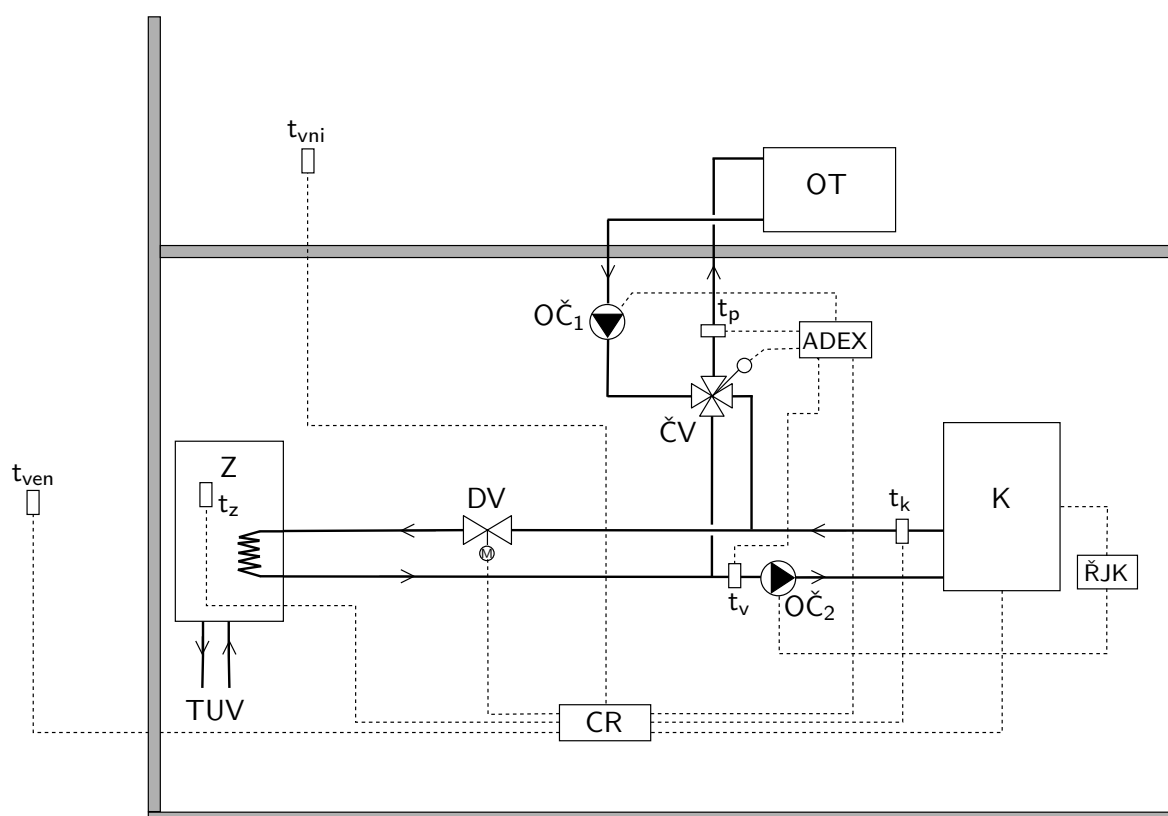
V manuálním režimu je zvolena doba vytápění s požadovanou teplotou (viz v 7.1 – *Manuální režim vytápění*). Dochází zde k opět ovládnutí *Aderu* na základě vnitřní teploty t_{vni} , jak bylo popsáno v automatickém režimu.

■ 6.2 Použitá regulace pro dobíjení zásobníku na TUV

Zásobník na TUV umožňuje i ohřev vody (přímý vyhřívání zásobník), tedy může plnit funkci bojleru, nicméně v dané aplikaci se používá jako zásobník bez ohřevu (jako nepřímý vyhřívání zásobník), proto v následujícím textu budu uvádět pouze pojem zásobník TUV. V případě dobíjení zásobníku na TUV je regulace možná přes tři režimy. V automatickém režimu si uživatel zvolí hodiny a požadované teploty pro dobíjení (viz v 7.2 – *Automatický režim dobíjení*). Na základě tohoto teplotní plánu dobíjení se kontroluje teploty na zásobníku (t_z) a teplota kotlové vody (t_k), pokud kotlová voda splňuje teplotní rozmezí a teplota v zásobníku je nižší než požadovaná dojde k zapnutí kotle, otevření *DV* a dobíjení zásobníku.

V manuálním režimu je zvoleno datum s časem pro začátek a délka dobíjení zásobníku TUV s požadovanou teplotou (viz v 7.2 – *Manuální režim dobíjení*). Regulace *DV* pak probíhá obdobně jako v automatickém režimu dobíjení.

V zimním režimu se pak pouze reguluje otevírání/zavírání *DV* bez zapínání *K*, neboť dobíjení zásobníku se děje jen na základě zapnutí/vypnutí *K* a to podle módu vytápění (automatický nebo manuální) domácnosti (viz v 7.2 – *Zimní režim dobíjení*).



- | | |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| t_{vni} – teplotní senzor pro vnitřní teplotu | CR – centrální regulátor (Raspberry Pi) |
| t_{ven} – teplotní senzor pro vnější teplotu | Adex – regulátor pro ČV |
| t_z – teplotní senzor pro teplotu zásobníku | TUV – teplá užitková voda |
| t_k – teplotní senzor pro kotlovou vodu | DV – dvoucestný ventil |
| t_p – teplotní senzor pro přívodní vodu | ČV – čtyřcestný ventil |
| t_v – teplotní senzor pro vratnou vodu | OČ ₁ – oběhové čerpadlo ovládáno adexem |
| K – kotel | OČ ₂ – oběhové čerpadlo ovládáno ŘJK |
| Z – zásobník TUV | OT – otopné těleso |
| ŘJK – řídicí jednotka kotle | |

Obrázek 6.1: Princip vlastního řešení regulace vytápění a dobíjení zásobníku TUV.

Kapitola 7

Vlastní softwarové řešení

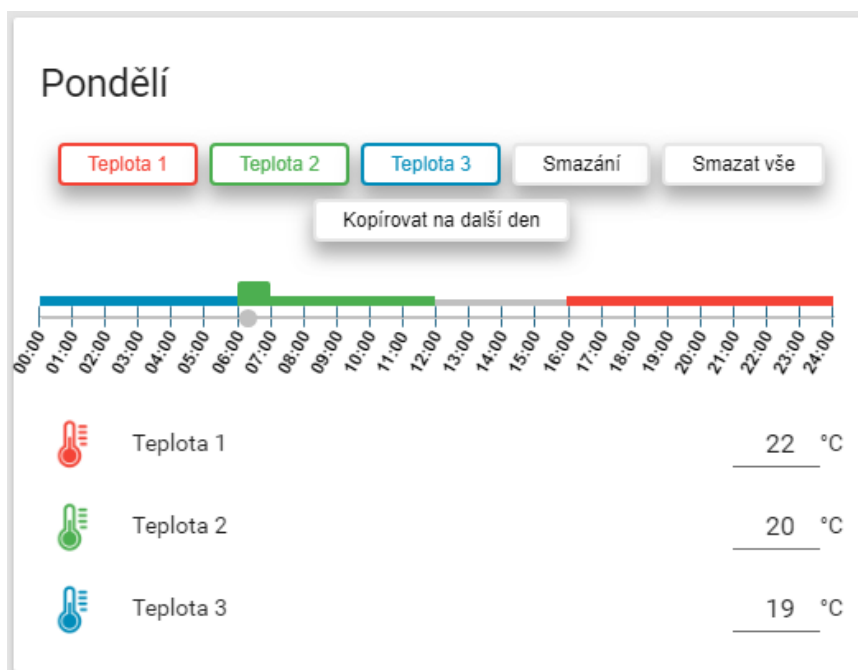
7.1 Společné prvky pro režim vytápění

K dispozici jsou dva režimy vytápění. Oba řídí zapínání nebo vypínání kotle a Adexu. Zároveň se aplikuje zpoždění na otevření Adexu. Standardně se otevírá v momentě, kdy zpáteční voda do kotle dosáhne teploty nastavené na Adexu (zabránění koroze na kotli), tím však ihned od začátku ubírá na celkové teplotě kotle. Proto je Adex zpožděn než kotel dosáhne optimální pracovní teploty, Adex je otevřen až kdy kotlová voda dosáhne přibližně 75 °C. Dále je zde aplikována ochrana před vypnutím kotle pro případ, že je zároveň nastaven jeden z režimů pro dobíjení zásobníku TUV. Pokud je zapnut jeden z režimů pro vytápění a jeden z režimů pro dobíjení zásobníku TUV (kromě zimního režimu, který se nestará o zapínání kotle) a dojde k vypnutí ať už dobíjení či vytápění, tak je zaručeno, že kotel je zapnut do té doby, kdy je potřeba pro jiný režim. Je možné používat vždy jen jeden režim pro vytápění.

Cílem bylo navrhnout vlastní softwarové řešení pro grafický prvek k nastavení týdenního teplotního plánu (obrázek 7.1). Tato vlastní komponenta je primárně naprogramovaná v JavaScriptu, spolu s HTML a CSS je udělaná grafická stránka. Dále za pomoci přístupných objektů z HA je komponenta zaintegrovaná do tohoto systému (ukládání nastavených časových řad s teplotami apod.). Zdrojové kódy pro tuto komponentu lze nalézt v příloze B. Dále v této příloze jsou dány zdrojové kódy všech režimů a nastavení popisovány níže.

■ Automatický režim vytápění

V tomto režimu je možné využívat dva druhy automatického vytápění. První „prostý“ režim umožňuje podle zvoleného teplotního plánu (k vybraným hodinám každého dne a jim přidělená jedna ze tří zvolených teplot (obrázek 7.1)) umožňuje zapínání kotle a Adexu pro vytápění. To znamená, pokud si uživatel navolí například interval 16:00 až 00:00 s požadovanou teplotu 22 °C a pokud reálná teplota (referenční teplotní senzor v místnosti) je nižší než požadovaná, dojde k zapnutí v opačném případě k vypnutí Adexu. Kotel se zapíná pouze na začátku daného intervalu po dobu vytápění se však reguluje zapínáním a vypínáním Adex, pokud se aktuální čas již nalézá na konci daného intervalu dojde i k vypnutí kotle. Teplotní kontrola začíná právě v okamžiku začátku kontrolovaného úseku, to znamená že v intervalu 16:00 až 00:00, dojde k teplotní kontrole teprve od 16:00. Během intervalu vytápění, kdy není třeba topit a je zapnut kotel, přejde kotel do klidového režimu, není třeba ho znovu roztápet v případě požadavku zvýšení výkonu pro vytápění.



Obrázek 7.1: Příklad teplotního plánu pro automatický režim vytápění.

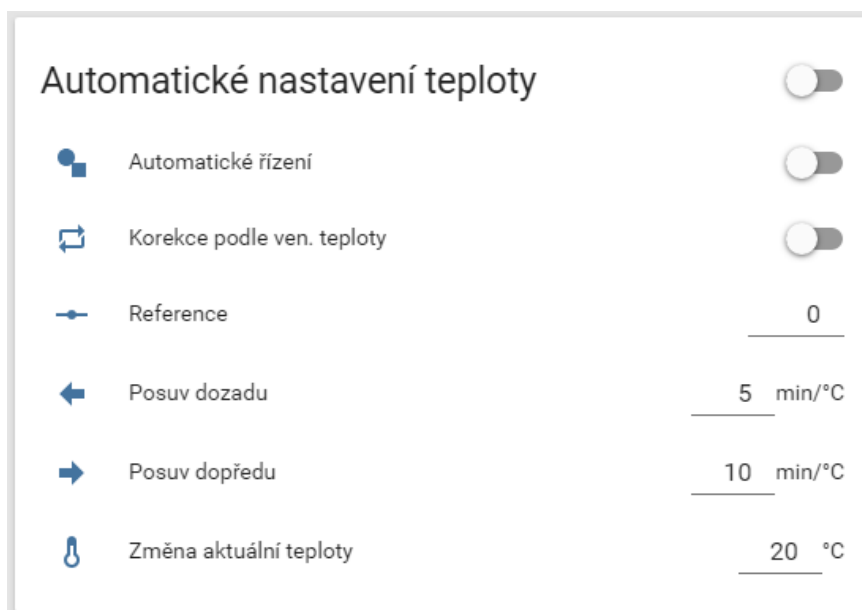
V druhém režimu při *povolení korekce podle venkovní teploty*, dochází na základě venkovní teploty (venkovní teplotní senzor) k posuvu začátků zvolených intervalů pro vytápění. Možné parametry k nastavení, které dále budu popisovat ukazuje obrázek 7.2. Pokud si uživatel zvolí interval například 16:00 až 00:00 pro vytápění, tak na základě venkovní teploty může dojít k posuvu začátku dopředu či dozadu. Parametr *reference* nastavuje referenční bod, který pak rozhoduje, jestli se bude posouvat dopředu či dozadu. Výpočet

posuvu je následující, v případě venkovní teploty -5 °C a nulové reference se udělá rozdíl venkovní teploty a reference ($-5 - 0 = -5$). Pokud tento rozdíl je menší než nula, dojde k vynásobení tohoto rozdílu s hodnotou definovanou v *posuvu dozadu* ($-5 \cdot 5 = -25$ min), tím získáme počet minut o který se posune začátek, v našem případě je to na 15:35. V případě venkovní teploty $+5\text{ °C}$ a nulové reference se udělá rozdíl venkovní teploty a reference ($+5 - 0 = +5$). Vyjde-li rozdíl kladný, dojde k vynásobení s hodnotou definovanou v *posuvu dopředu* ($+5 \cdot 10 = 50$ min), tím získáme počet minut o který se posune začátek, v našem případě je to na 16:50. Pokud je rozdíl nulový je časový posuv nulový. Způsob výpočtu je možné vidět v tomto pseudokódu:

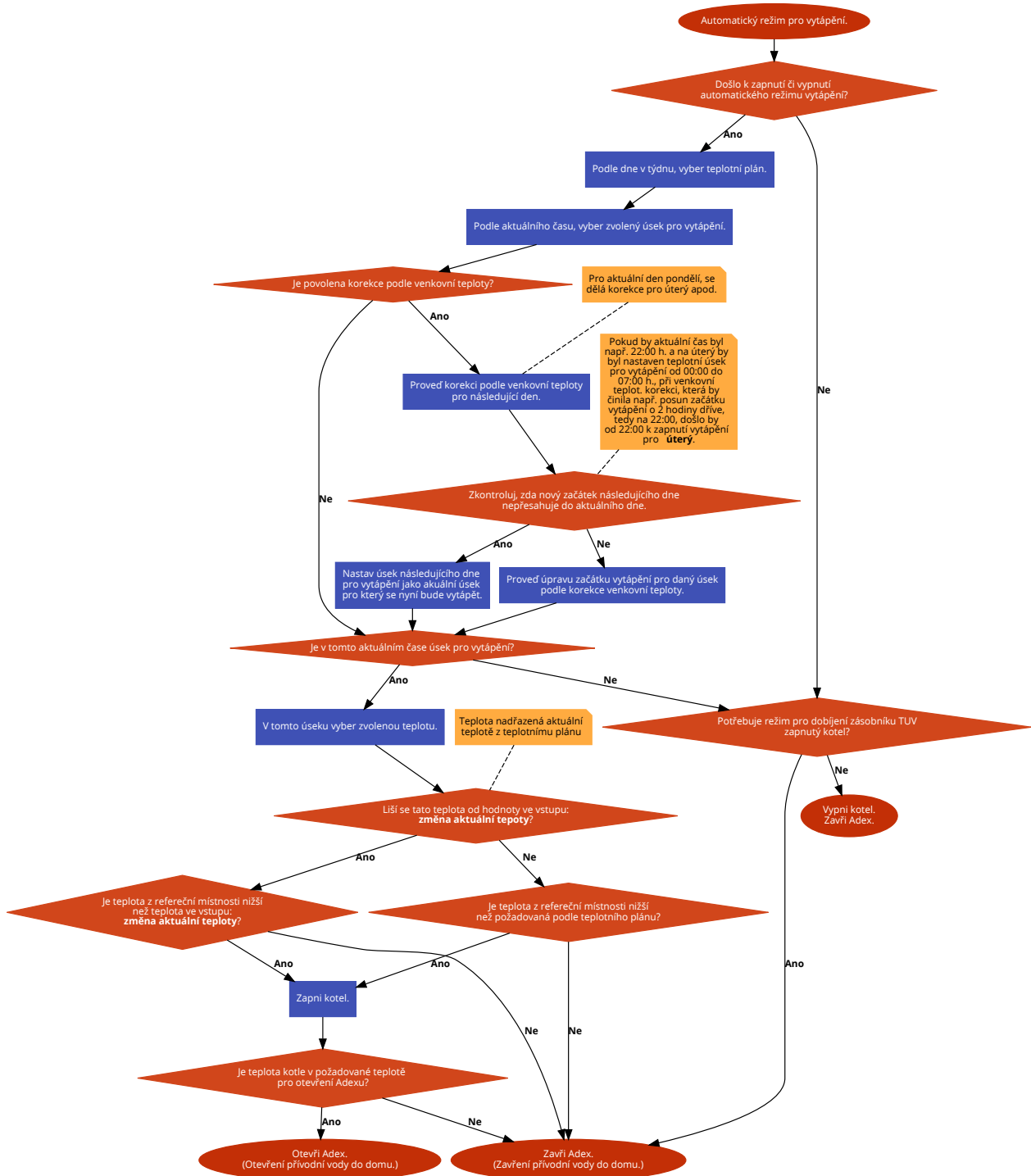
```
rozdil_teploty_a_reference = vekovni_teploata - reference

if (rozdil_teploty_a_reference < 0)
{
    vrat(posuv_dozadu * rozdil_teploty_a_reference)
}
else if(rozdil_teploty_a_reference > 0)
{
    vrat(posuv_dopredu * rozdil_teploty_a_reference)
}
else
{
    vrat(0)
}
```

Parametr *změna aktuální teploty* umožňuje měnit aktuálně nastavenou teplotu v teplotním plánu a stává se nadřazená. Tato teplota se vždy nastaví podle teploty z teplotního plánu (podle zvoleného úseku pro vytápění), ale pokud jí uživatel změní, stává se referenční. Pokud bychom se podle obrázku 7.1 nalézali v intervalu 16:00-00:00 se zvolenou teplotou 22 °C , tak parametr změna aktuální teploty s hodnotou 20 °C se stane nadřazená a podle této hodnoty se reguluje vytápění. Způsob zapínání, vypínání kotle a Adexu je stejný jako případě „prostého“ režimu. Znázornění vyhodnocování pro automatický režim vytápění je zobrazeno ve vývojovém diagramu na obrázku 7.3.



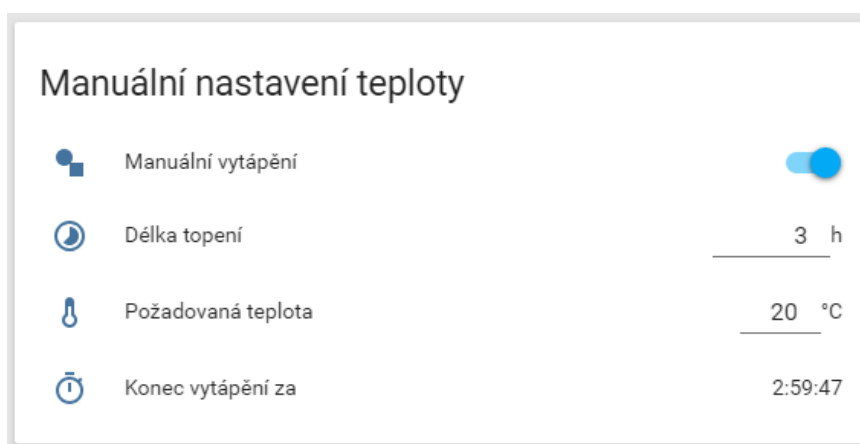
Obrázek 7.2: Nastavení pro automatický režim.



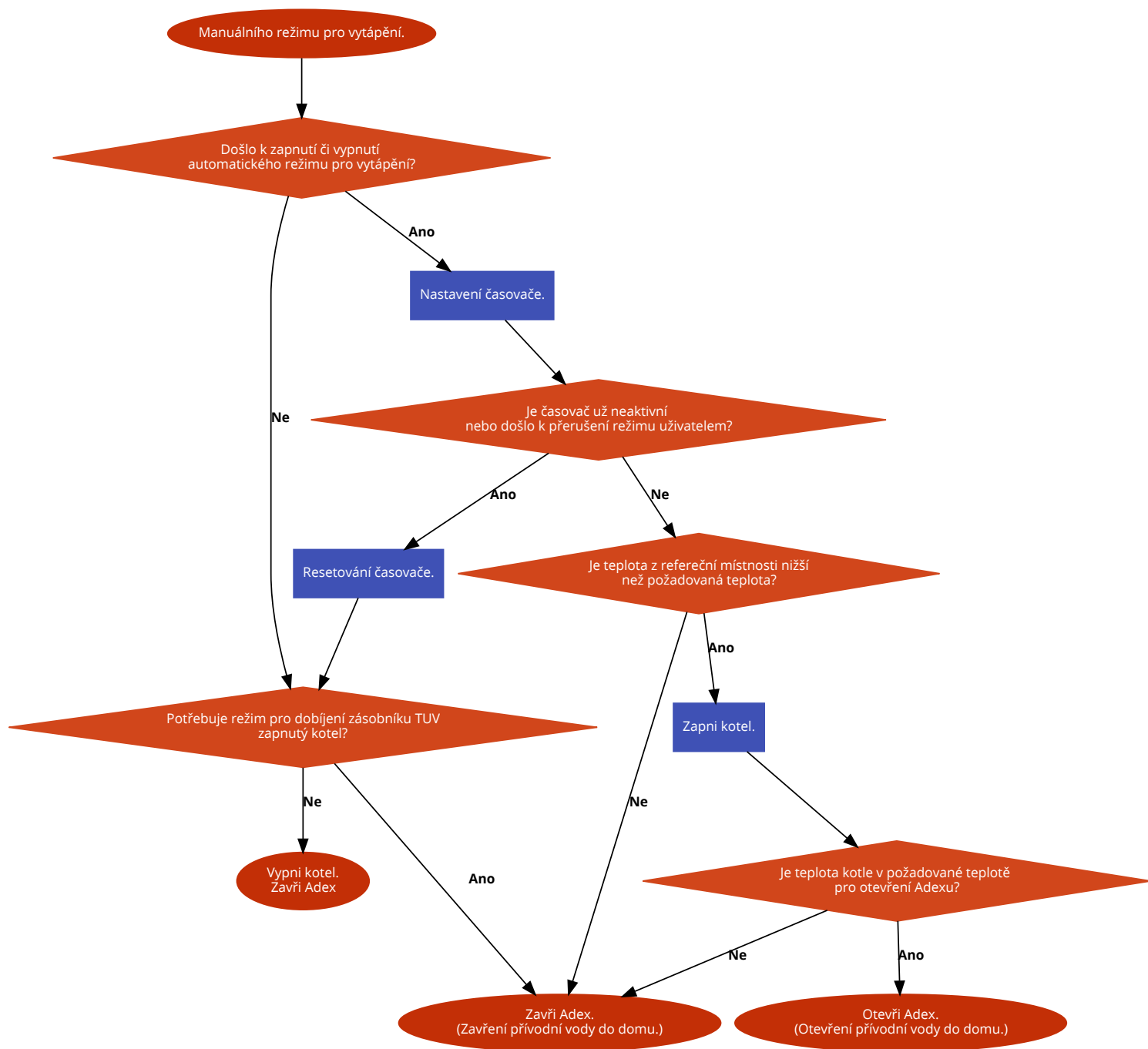
Obrázek 7.3: Vývojový diagram pro automatický režim vytápění.

■ Manuální režim vytápění

V tomto režimu je možné nastavit *délku topení* a *požadovanou teplotu* v místnosti. Na základě těchto parametrů pak dochází k regulaci vytápění v požadovaném intervalu. Pokud teplota v místnosti nižší než požadovaná dojde k zapnutí kotle/Adexu v opačném případě k vypnutí. Parametr *konec vytápění za* ukazuje ještě zbývající čas pro vytápění. Nastavení je na obrázku 7.4. Znárodnění vyhodnocování pro manuální režim vytápění je zobrazeno ve vývojovém diagramu na obrázku 7.5.



Obrázek 7.4: Nastavení pro manuální režim.



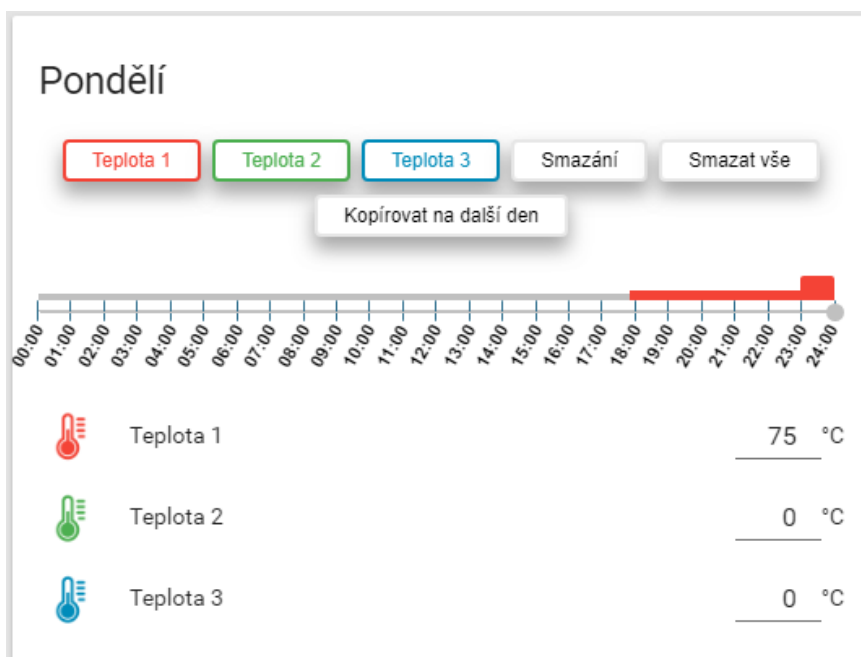
Obrázek 7.5: Vývojový diagram pro manuální režim vytápění.

7.2 Režim pro dobíjení zásobníku TUV

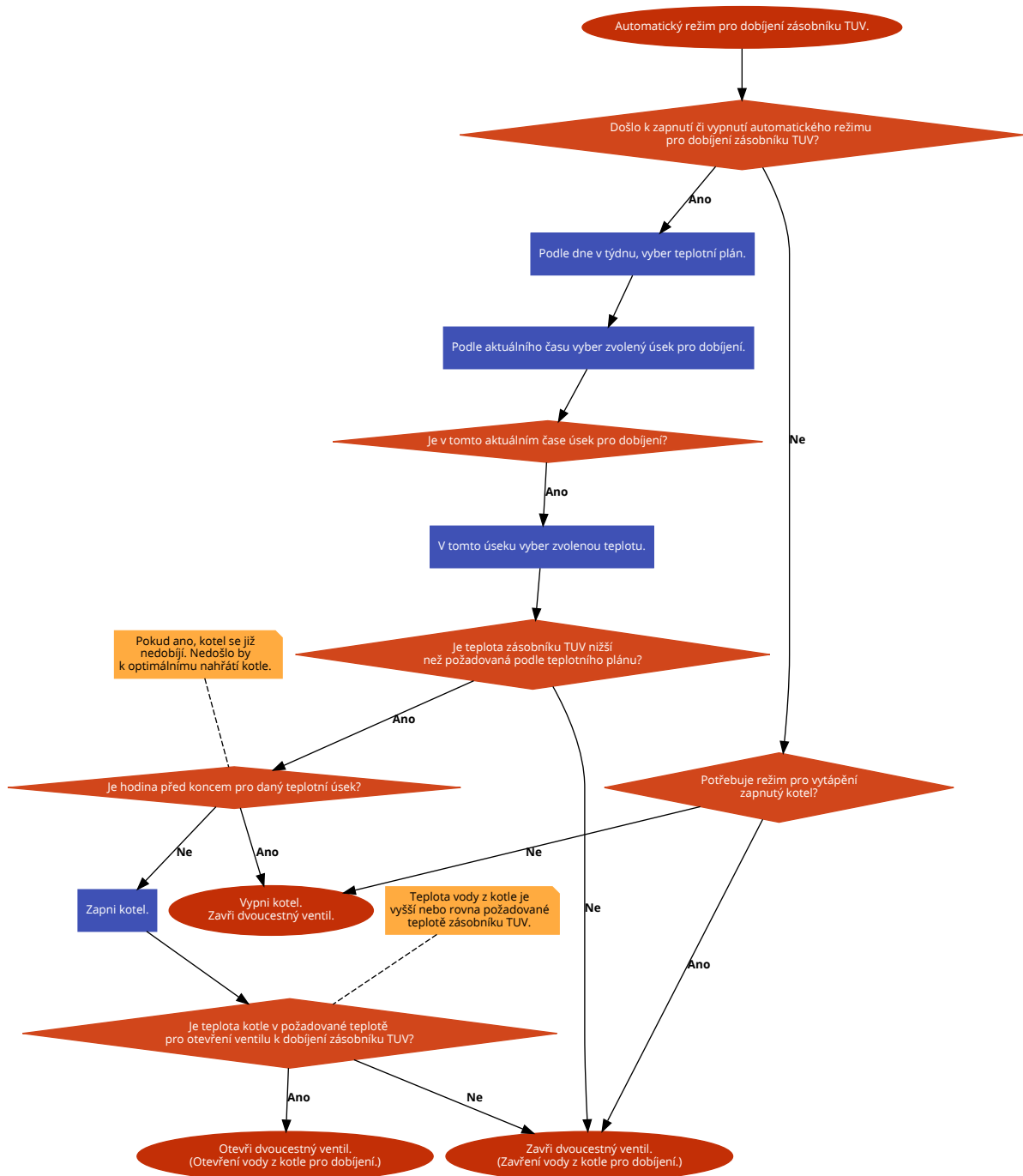
K dispozici jsou tři režimy dobíjení zásobníku TUV. Automatický a manuální režim řídí zapínání nebo vypínání kotle a dvoucestného ventilu k zásobníku. Zimní režim pouze řídí dvoucestný ventil. K otevření dvoucestného ventilu dojde teprve, když teplota kotlové vody je vyšší nebo rovna požadované teploty zásobníku TUV, aby zbytečně nedocházelo k úniku tepla, podobně jako v případě zpoždění otevírání Adexu v režimu vytápění. Zároveň pro automatický a manuální režim, pokud se aktuální čas nalézá hodinu před ukončením dobíjení, tak se již kotel nezapíná z důvodu nedostatečného nahřátí a tedy zbytečného plýtvání energie. Dále je zde opět (jako v režimu vytápění) aplikována ochrana před vypnutím kotle pro případ, že je nastaven jaký režim pro vytápění. Pokud je zapnut jeden z režimů pro vytápění a jeden z režimů pro dobíjení zásobníku (kromě zimního režimu, který se nestará o zapínání kotle) a dojde k vypnutí ať už dobíjení či vytápění, tak je zaručeno, že kotel je zapnut do té doby, kdy je potřeba pro jiný režim. V příloze B lze nalézt zdrojové kódy všech režimů a nastavení popisovány níže.

Automatický režim dobíjení

Tento režim je velmi podobný režimu automatickému režimu vytápění. Podle zvoleného teplotního plánu (k vybraným hodinám každého dne a jim přidělená jedna ze tří zvolených teplot (obrázek 7.6)) je možné dobíjet vodu v zásobníku TUV. To znamená, pokud si uživatel navolí například interval 18:00 až 00:00 s požadovanou teplotou 75 °C a pokud reálná teplota (referenční teplotní senzor v zásobníku) je nižší než požadovaná, dojde k zapnutí v opačném případě k vypnutí kotle. Teplotní kontrola začíná právě v okamžiku začátku kontrolovaného úseku, to znamená že v intervalu 18:00 až 00:00, dojde k teplotní kontrole teprve od 18:00. Znázornění vyhodnocování pro automatického dobíjení zásobníku TUV je zobrazeno ve vývojovém diagramu na obrázku 7.7.



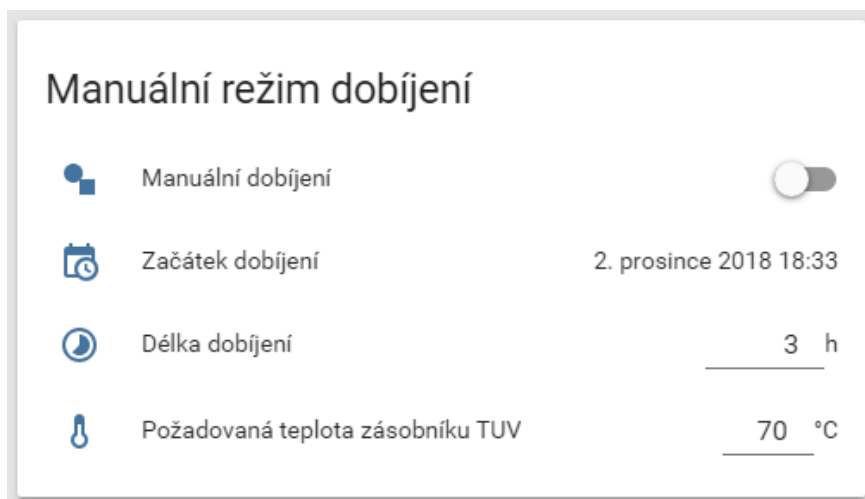
Obrázek 7.6: Příklad teplotního plánu pro automatický režim dobíjení zásobníku TUV.



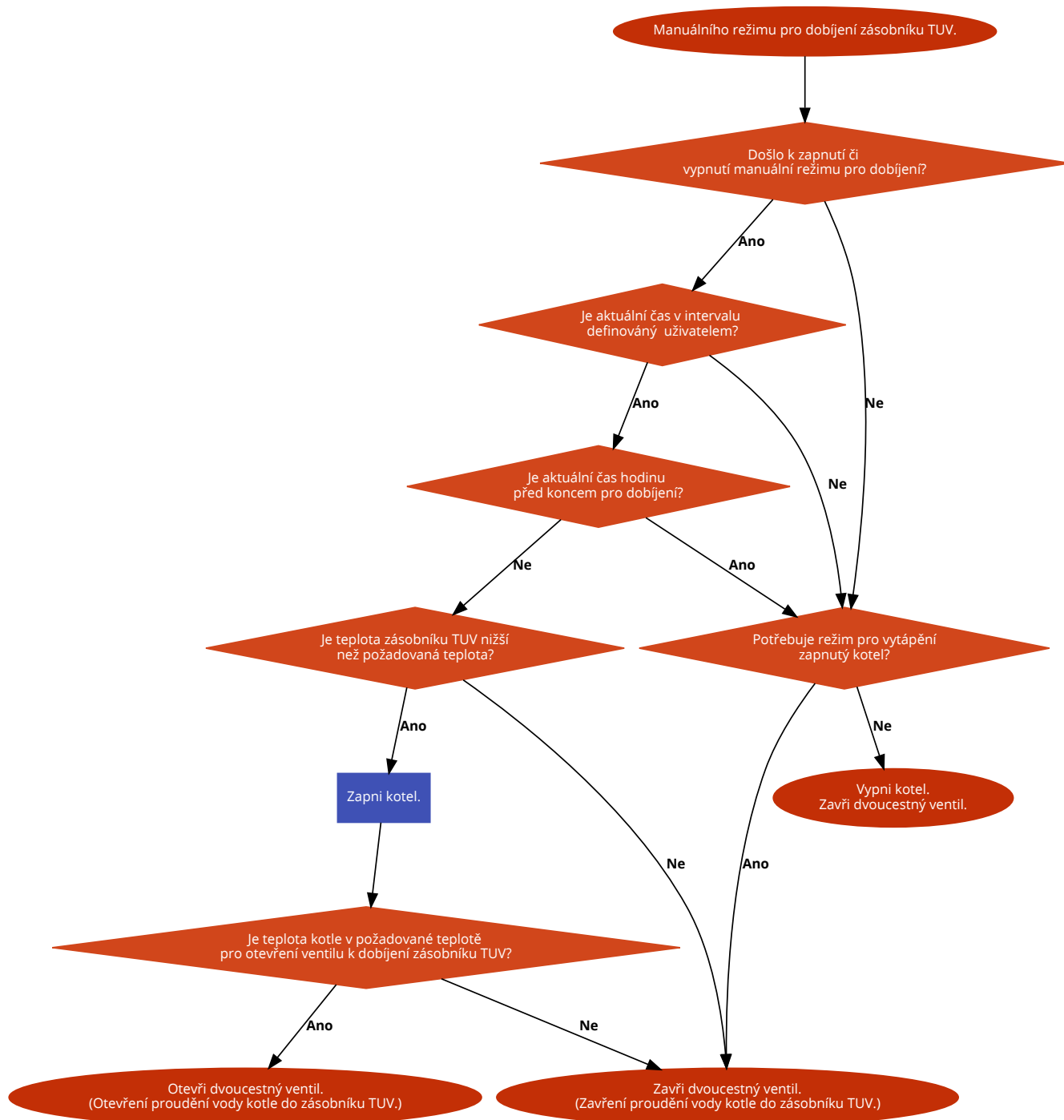
Obrázek 7.7: Vývojový diagram pro automatické dobíjení zásobníku TUV.

Manuální režim dobíjení

V tomto režimu je si možné zvolit datum *začátku dobíjení*, *délku dobíjení* a *požadovanou teplotu zásobníku TUV*. Řízení zapínání, vypínání kotle a dvoucestného ventilu je stejné jako v režimu automatického dobíjení. Nastavení lze vidět na obrázku 7.8. Znázornění vyhodnocování pro manuální dobíjení zásobníku je zobrazeno ve vývojovém diagramu na obrázku 7.9.



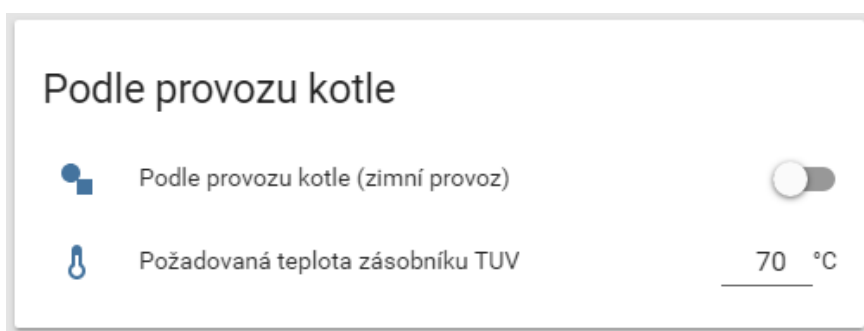
Obrázek 7.8: Nastavení pro manuální režim dobíjení zásobníku TUV.



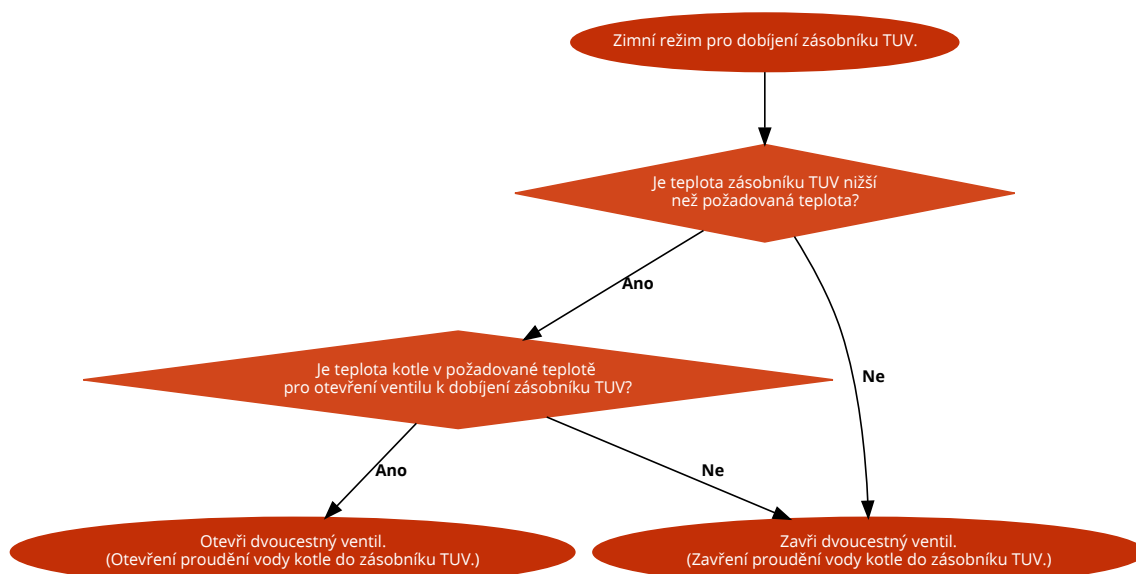
Obrázek 7.9: Vývojový diagram pro manuální dobíjení zásobníku TUV.

Zimní režim dobíjení

V tomto režimu se dobíjí zásobníku TUV jen při současném zapnutí automatického nebo manuálního režimu vytápění. Je zde možné nastavit *požadovanou teplotu zásobníku TUV*. Využívá se již skutečnosti, že kotel je v provozu pro vytápění a zásobníku TUV se udržuje nabitý na požadovanou teplotu. Nastavení lze vidět na obrázku 7.10. Znázornění vyhodnocování pro manuální dobíjení zásobníku TUV je zobrazeno ve vývojovém diagramu na obrázku 7.11.



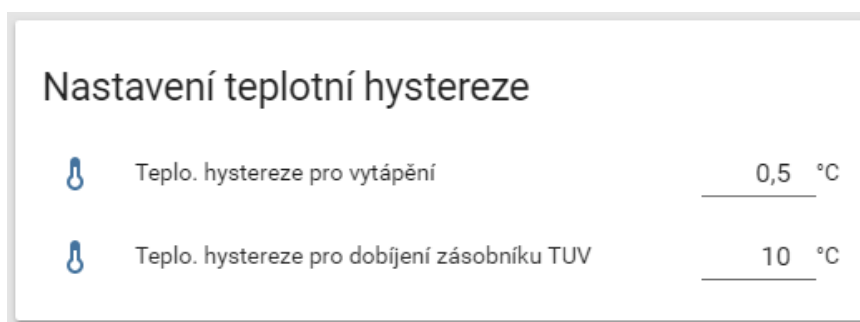
Obrázek 7.10: Nastavení pro zimní režim dobíjení zásobníku TUV.



Obrázek 7.11: Vývojový diagram pro zimní dobíjení zásobníku TUV.

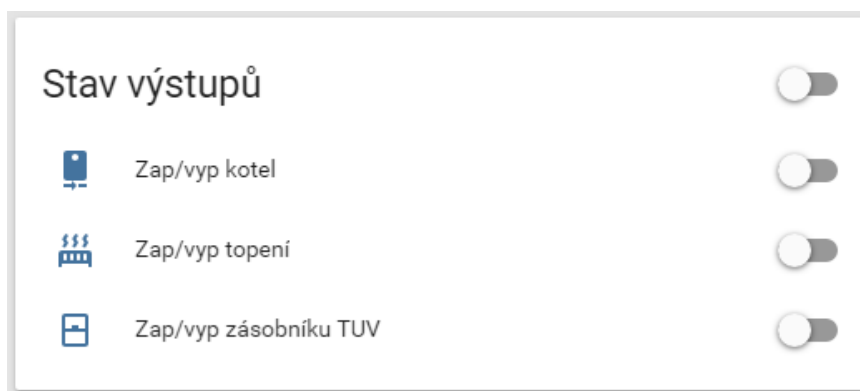
7.3 Ostatní nastavení

V záložce ostatní nastavení je možné nastavit teplotní hysterezi pro vytápění a dobíjení zásobníku TUV (obrázek 7.12). Toto nastavení definuje o kolik je možné, aby klesla teplota v místnosti či v zásobníku TUV, aby tento pokles byl ještě pocitově příjemný. To znamená, pokud budu chtít mít v místnosti 20 °C a při hysterezi 0,5 °C je možné, aby teplota poklesla na 19,5 °C, pokud je nižší dojde k zapnutí vytápění. Obdobně u teploty zásobníku TUV.



Obrázek 7.12: Nastavení hystereze pro vytápění a dobíjení zásobníku TUV.

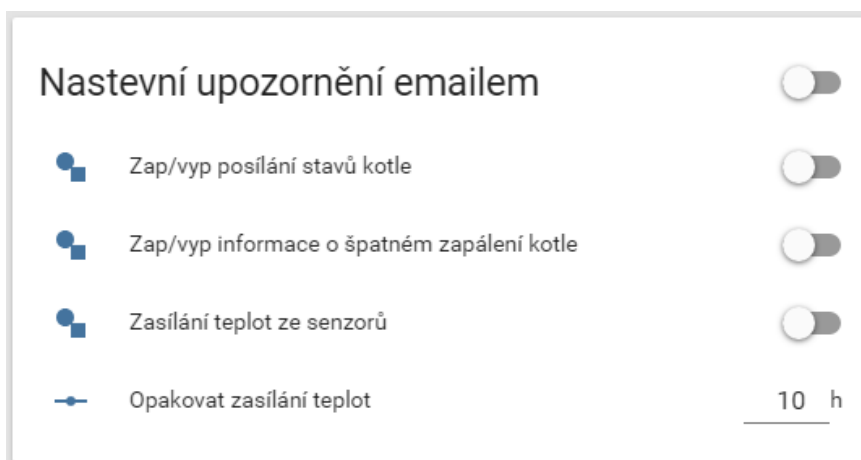
Stav výstupů (obrázek 7.13) informuje o zapnutých koncových zařízeních (kotel, Adex pro vytápění, dvoucestný ventil pro zásobník), pokud jsou všechny režimy pro vytápění a dobíjení vypnuty. Lze tyto výstupy ovládat manuálně.



Obrázek 7.13: Stav řízených zařízení.

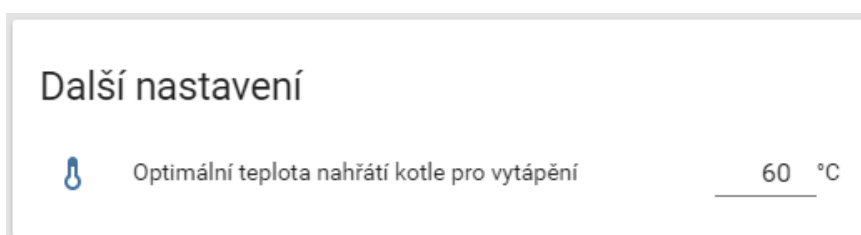
Ve skupině nastavení upozornění emailem (obrázek 7.14) je možné zapnout zasílání *stavů kotle* na email uživatele. První možností je zasílání stavů kotle, uživateli je vždy zaslána informace, zda byl kotel zapnut či vypnut. Dále, pokud do třiceti minut od zapnutí kotle nedojde ke zvýšení kotlové vody o jeden stupeň Celsia, je dosti pravděpodobné, že nedošlo k *zapálení kotle*.

Další možností je *informace o aktuálních teplotách* všech teplotních senzorů, periodu opakování zasílání lze nastavit.



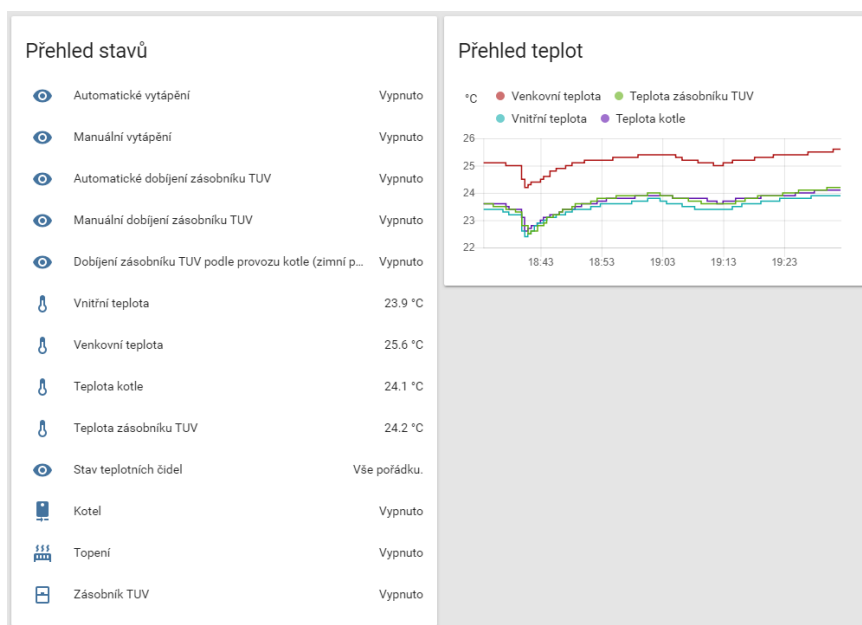
Obrázek 7.14: Možnosti zasílání informací emailem.

V sekci další nastavení, je možné nastavit *optimální teplotu nahřátí kotle pro vytápění* (nastavení teploty vody z kotle), tato hodnota umožňuje měnit, kdy dojde k otevření Adexu (obrázek 7.15).



Obrázek 7.15: Nastavení pro optimální nahřátí kotle pro vytápění (teplota kotlové vody).

V domovské záložce jsou zobrazeny přehledové informace (obrázek 7.16) o použitých režimech, aktuálních hodnotách teplotních senzorů, stavech zařízení. Teploty ze senzorů jsou zobrazeny v jednom přehledném grafu.



Obrázek 7.16: Přehledové informace o aktuálním nastavení.

Kapitola 8

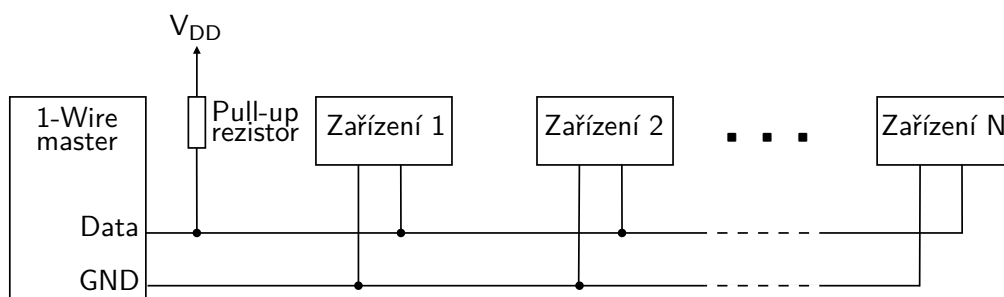
Další prvky k termostatu

■ Teplotní senzory DS18B20

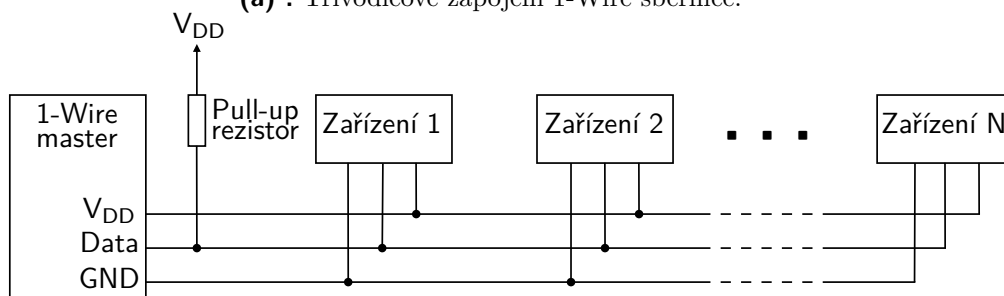
Teplotní senzor DS18B20 od firmy Maxim (dříve Dallas). Umožňuje měřit v teplotním rozsahu od -55 °C do $+125\text{ °C}$. V rozsahu od -10 °C do $+85\text{ °C}$ měří s přesností $\pm 0,5\text{ °C}$. Senzor umožňuje měřit teplotu s přesností 12 bitů. Pro komunikaci využívá 1-Wire sběrnici. Ve svém konkrétním řešení využívám senzory v pouzdře TO-92 a zapouzdřená v kovovém, vodotěsném pouzdru.

■ 1-Wire sběrnice

Sběrnice má jeden (master) řídicí obvod a jeden či více ovládaných zařízení (slave). Datový vodič je přes odpor přibližně $5\text{ k}\Omega$ připojen na napájecí napětí definuje na sběrnici log. 1 (klidový stav sběrnice). Dokáže fungovat ve dvou režimech. První režim se třemi vodiči – jeden pro napájení senzoru, druhý je datová komunikace a třetí je zemní vodič. Druhý režim („parazitní“ mód) umožňuje použít pouze dva vodiče. Zde je místo napájecí vodiče použit pouze datový vodič pro datovou komunikaci a napájení zařízení, druhým vodičem je zemní vodič. Možná zapojení jsou ukázána na obrázku 8.1.



(a) : Třívodičové zapojení 1-Wire sběrnice.



(b) : Dvouvodičové zapojení 1-Wire sběrnice.

Obrázek 8.1: Způsoby zapojení 1-Wire sběrnice.

Komunikace je zahájena masterem reset pulsem. Dojde k uzemnění (log. 0) datového vodiče po dobu nejméně $480 \mu\text{s}$. Pak dojde k uvolnění a přes odpor se sběrnice vrátí na log. 1. Pokud se na sběrnici nalézá 1-Wire zařízení, detekuje vzestupnou hranu a po prodlevě (15 až $60 \mu\text{s}$) stáhne sběrnici na 60 až $240 \mu\text{s}$ k log. 0.

Pokud se zařízení správně ohlásí, je možné, aby master začal vysílat a přijímat data. Data jsou vysílána v časových úsecích. Časový úsek je dlouhý 60 až $120 \mu\text{s}$ a během jednoho slotu je vyslán nebo přijat jeden bit informace.

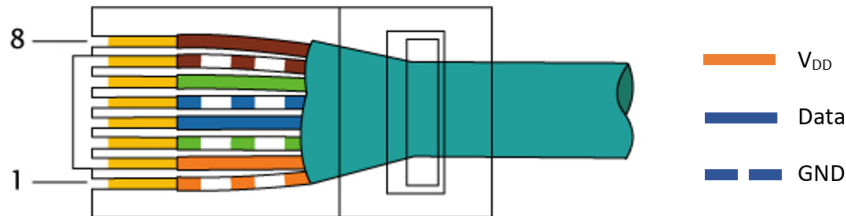
Jsou čtyři druhy časových slotů. Zápis 1, master stáhne sběrnici k zemi minimálně na 1μ a nejpozději do 15μ od začátku ji opět uvolní a ponechá uvolněnou. Zápis 0, master stáhne sběrnici k zemi a ponechá ji tak po celý slot, tedy minimálně $60 \mu\text{s}$. Zařízení vzorkuje stav na datovém vodiči zhruba $30 \mu\text{s}$ po začátku časového úseku.

Čtecí sloty inicializuje master tím, že stáhne sběrnici k zemi na minimálně $1 \mu\text{s}$ a opět ji uvolní. Po tomto zahájení může zařízení vyslat 1 bit buď tím, že ponechá sběrnici v klidu (log. 1) nebo že ji stáhne (log. 0).

Každé zařízení má v sobě paměť ROM, která obsahuje 64bitové unikátní číslo, podle kterého je možné jednotlivé zařízení na sběrnici identifikovat.

■ Způsob rozvedení teplotních senzorů

Samotnou 1-Wire sběrnici jsem realizoval pomocí kroucené dvojlinky. Způsob zapojení vývodů senzoru na kabel je možno vidět na obrázku 8.2.



Obrázek 8.2: Způsoby zapojení vývodů senzoru na kroucenou dvojlinku. Konektor zapojen podle normy EIA/TIA-568B. [14]

Pro rozbočování teplotních senzorů používám rozdvojku RJ45, která vstupní kabel (signály) zdvojuje na dva výstupy.

Na obrázku 8.3a je vidět způsob uchycení teplotního senzoru na kabel. Vývody pouzdra TO-92 jsou připájeny na vodiče kabelu. Poté je každý spoj ochráněn smršťovací bužírkou a následně překryt společnou ochranou (obrázek 8.3b). Senzor tak má dobré mechanické upevnění i ochranu před případnou vlhkostí.



(a) : Zakončené teplotní sensor na kabelu s konektorem.



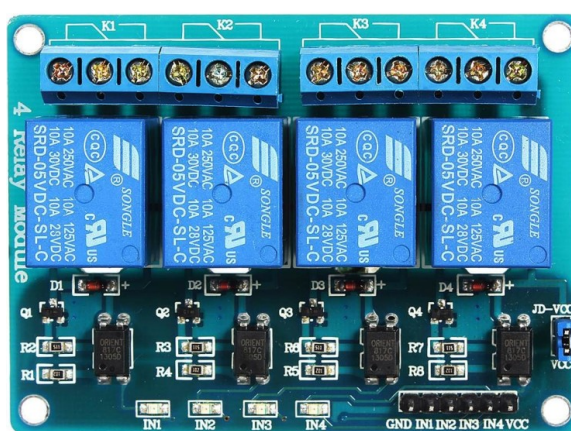
(b) : Detail zakončeného teplotního senzoru. Ochrana spoje zajištěna smršťovací bužírkou.

Obrázek 8.3: Způsob provedení teplotního senzoru.

Krocenou dvojlinku pro rozvedení senzorů jsem zvolil z důvodu, že je cenově dostupná, uživatelsky přívětivá a lze i využít stávající rozvod v domě. Čím lepší bude kategorie kabelu, tím lépe proti případnému rušení a lze zvýšit délku sběrnice. Sběrnice je velmi jednoduše rozšiřitelná díky RJ45 rozdvojkám. V případě výpadku (zničení) teplotního senzoru nedochází k přerušení sběrnice.

Relé modul

Modul disponuje 4 kanály s napájecím napětím 5 V (obrázek 8.4). Umožňuje i silové napětí do 250 V/10 A pro střídavé napětí/proud, 30 V/10 A pro stejnosměrné napětí/proud. Modul disponuje optickým oddělením řídicí a spínací (výkonové) části. Řídicí napětí je od 3 do 5 V, pro sepnutí relé je nutná logická nula. V mé aplikaci používám tento modul pro spínání kotle, Adexu pro vytápění a dvoucestného ventilu pro dobíjení zásobníku TUV (ventil je řízen samostatným, dalším modulem s vlastním napájecím zdrojem, zde je povolena varianta s optickým oddělením, nedochází tedy k napájení modulu přímo z Raspberry Pi).



Obrázek 8.4: Relé modul. [15]

Kapitola 9

Návrh zdroje nepřerušovaného napájení

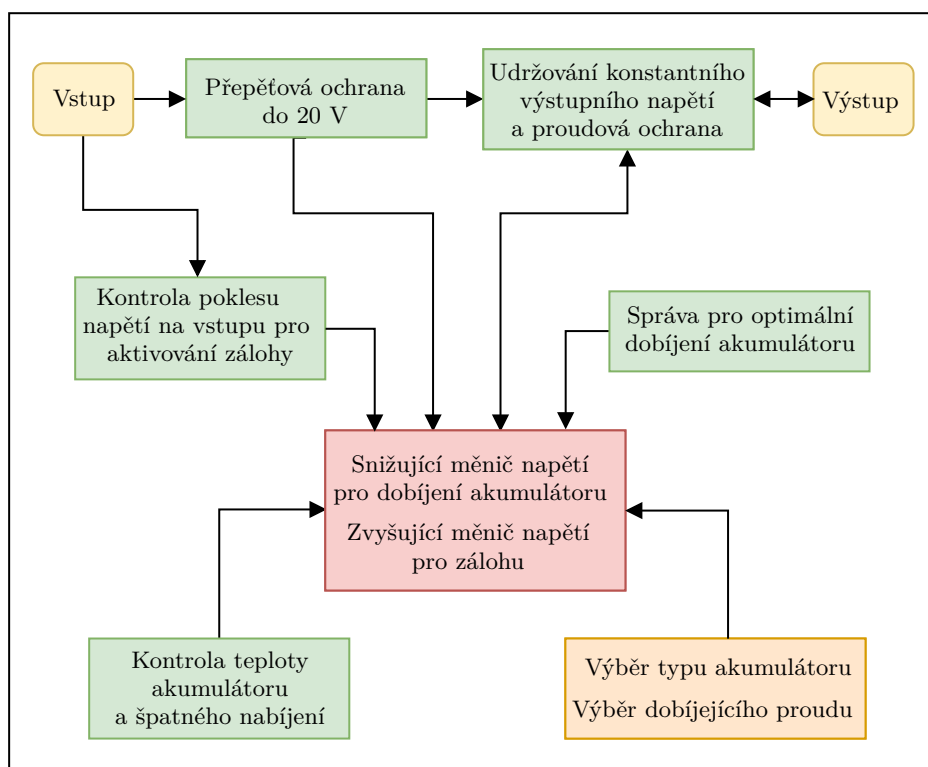
Vlastní řešení zálohovacího řešení

Zdroje nepřerušovaného napájení zajišťuje konstantní výstupní napětí 5 V (v rámci standardní tolerance napětí USB $5 \pm 0,25$ V) pro Raspberry Pi 3 B (na kterém funguje řídicí systém HA). Velikost výstupního proudu závisí na možnostech vstupního adaptéru, nicméně v zálohovacím zařízení je pojistka na 4 A. Zařízení je napájeno síťovým adaptérem s výstupním napětím 5 V/4 A od firmy Mean Well. Základním prvkem je řídicí integrovaný čip LTC4040 od firmy Analog Devices. Tento obvod je pro toto řešení přímo navržen. Jako zálohovací akumulátor může být použit Li-Ion či LiFePO₄. V mém konkrétním případě jsem zvolil variantu LiFePO₄ z důvodu dobrého poměru velikosti, kapacity a ceny. Použitý akumulátor je od firmy A123 Systems má označení ANR26650M1B s kapacitou 2,5 Ah a jmenovitým napětím 3,3 V.

Funkce integrovaného obvodu LTC4040

Integrovaný obvod LTC4040 zajišťuje dobíjení zálohovacího akumulátoru a zároveň z akumulátoru udržuje požadované výstupní napětí v případě výpadku elektrické energie. Obvod využívá snižující a zvyšující měnič napětí. V případě, že je vstupní napětí k dispozici, dochází k napájení výstupního zařízení a zároveň k dobíjení akumulátoru, pokud je potřeba. V případě výpadku elektrické energie dochází k napájení výstupního zařízení z akumulátoru a to pomocí zvyšujícího měniče napětí. Dále obvod zajišťuje vstupní napětovou ochranu proti přepětí až do 20 V a proudové omezení. Kontroluje správné dobíjení akumulátoru, k dobíjení dochází pouze v případě dostatečného poklesu napětí na článku, aby nedocházelo k zbytečnému dobíjení a tím k opotřebením. V neposlední řadě je zde kontrola poškozeného akumulátoru, dodržení teplotních mezí akumulátoru. Akumulátor je možné dobíjet až 2,5 A v rámci mého

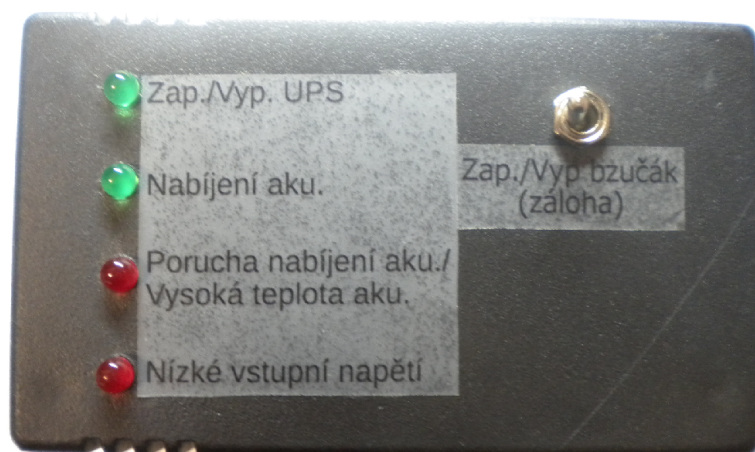
zařízení umožňují dobíjet akumulátor 0,5 A, 1 A nebo 1,5 A. Z důvodu snížení zbytečného přehřívání akumulátoru, však používám hodnotu 0,5 A (což je minimální garantovaná hodnota, kterou obvod umožňuje). Pro dobíjení se využívá princip konstantního proudu. Zjednodušené blokové schéma obvodu LTC4040 je na obrázku 9.1.



Obrázek 9.1: Blokové schéma zdroje nepřerušovaného napájení.

■ Popis fyzického zařízení

Pro zdroj nepřerušovaného napájení mám čtyři indikační LED (obrázek 9.2), první indikuje zapnutí. Druhá, zda se nabíjí akumulátor. Třetí upozorňuje na poruchu nabíjení ať už z důvodu vysoké teploty nebo špatného akumulátoru. Poslední indikuje nízké/žádné vstupní napětí. Dále se zde nachází přepínač pro zapnutí či vypnutí zvukové signalizace v případě výpadku elektrické energie.



Obrázek 9.2: Horní strana s indikačními LED.

Na jedné z boční strany se nachází DC jack pro vstupní napětí a konektor pro tavnou pojistku (obrázek 9.3a). Z druhé strany se nachází výstup pro napájení koncového zařízení (obrázek 9.3b). Dále je zde indikační konektor, zda došlo k výpadku elektrické energie. *Status pin* disponuje 3,3 V logikou. V případě výpadku elektriky se na status pinu objeví logická nula v opačném případě je logická jednička. Tento pin je připojen přímo na Raspberry Pi a v systému HA je pak umožněno po opětovném zprovoznění elektrické energie informovat uživatele o přerušení elektřiny.



(a) : Vstupní konektor a držák pro tavnou pojistku.

(b) : USB typu A pro napájení koncového zařízení a status pin pro indikaci přerušení elektřiny.

Obrázek 9.3: Boční strany.

■ Postup návrhu

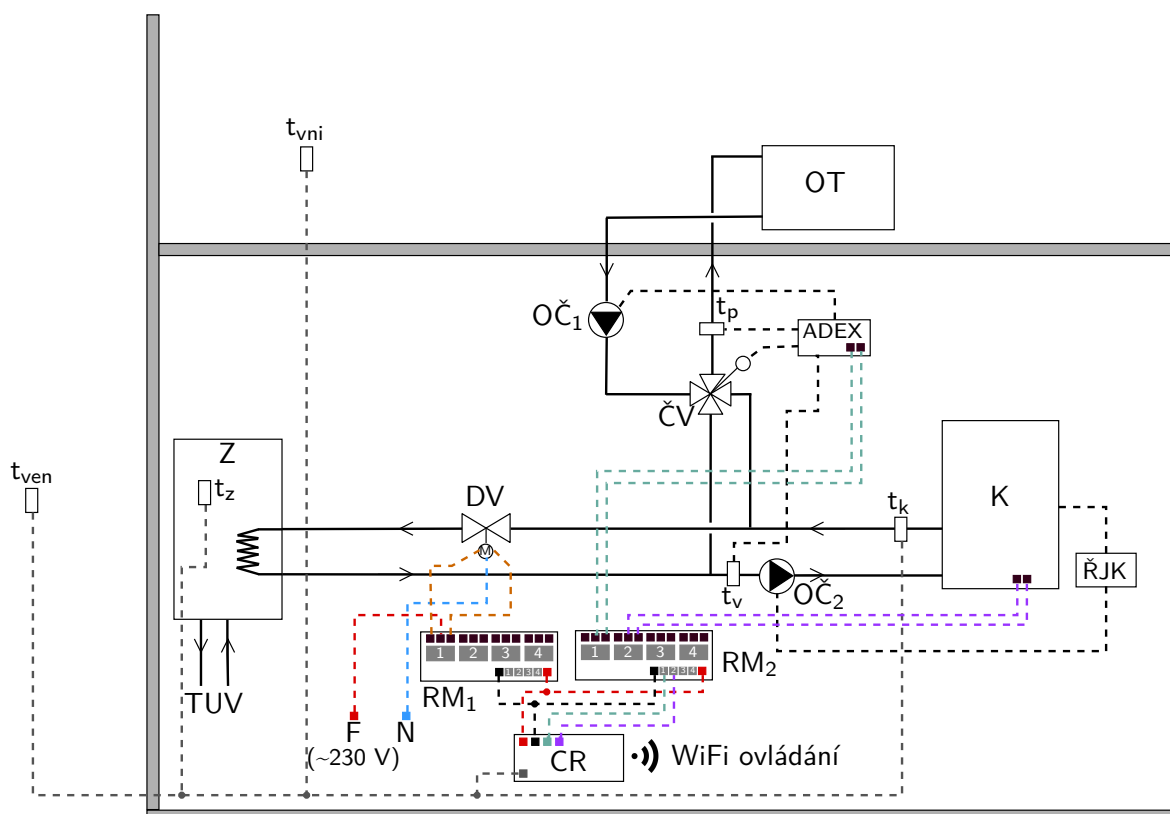
Návrh zařízení zdroje nepřerušovaného napájení jsem provedl v programu OrCAD 17.2-2016 a použil jsem primárně SMD součástky. Při návrhu jsem vycházel ze základního zapojení od výrobce. Při samotném návrhu jsem však přidal indikační LED a bzučák. Vybral jsem vhodný vstupní a výstupní konektor. Přidal jsem tavnou pojistku, kterou lze uživatelsky přívětivým způsobem vyměnit. Dále jsem zvolil uchycení akumulátoru do držáku, pro snadnější způsob výměny článku a možnost nastavení dobíjecího proudu. Vzhledem k rychlosti dodání, cenové relaci jsem pro výrobu desky zvolil výrobce AllPCB. Schéma zapojení lze vidět v příloze A společně s Gerber daty plošných spojů a samotnou vyrobenou deskou.

V neposlední řadě jsem celou desku plošného spoje přizpůsobil k montáži do ochranné plastové krabičky. Krabičku jsem volil s ohledem na velikost akumulátoru, způsob odvětrávání a dostupnosti na trhu. Krabičku jsem přizpůsobil pro možnost viditelnosti indikačních LED, dalších konektorů a jiného. V neposlední řadě jsem udělal popisky zařízení. V příloze A je možné vidět zkompletované zařízení zevnitř.

Kapitola 10

Testování návrhu

Při samotné realizaci zapojení jsem postupoval následovně. Nejprve jsem zprovoznil systém Home Assistant na Raspberry Pi společně s regulací pro vytápění domácnosti a ohřev TUV (prováděl jsem úkony zmíněné ve 4.4 *Obecné informace o používání systému Home Assistant*). Sestavil jsem 1-Wire sběrnici s teplotními senzory a připojil jí k Raspberry Pi. Tyto senzory jsem testoval, zda jsou korektně zapojené podle jejich identifikačních čísel v rámci systému Hassbian. Následně jsem tato identifikační čísla zaintegroval do svého řídicího systému, kde jsem ověřil korektní zobrazení teplot. Všechny senzory zobrazovaly podobná čísla. Senzory jsem umístil na jejich správné místo, tedy do obývacího pokoje, na potrubí s ohřátou vodou z kotle, do zásobníku na TUV a ven. Připojil jsem spínací relé moduly, jeden modul pro dvoucestný ventil (který však nebyl ještě instalován na svém místě) a druhý pro kotel a Adex. V rámci HA jsem testoval jednotlivé režimy, tedy nejdříve jednotlivé prosté spínání relé (zatím bez připojených koncových zařízení), pak jednotlivé režimy. V automatických režimech jsem nastavil jednoduchý plán pro konkrétní den a ověřoval jsem, zda dochází ke spínání koncových relé ve správný čas a při požadovaných teplotách, též jsem ověřoval venkovní teplotní korekci, zda dochází k časovým posuvům začátků teplotních úseků. Poté jsem testoval manuální režimy, správné časové spínání relé při požadovaných teplotách. Instaloval jsem dvoucestný ventil na potrubí mezi kotel a zásobník TUV, neboť dříve zde tento ventil nebyl. Připojil jsem ovládaná koncová zařízení k relé modulům pro přímé ovládání. Poté jsem provedl ještě jednu kontrolu zmíněnou výše s nastavováním jednotlivých režimů a sledování správného spínání. Zapojení jednotlivých zařízení je možné vidět schématicky na obrázku 10.1. Na obrázku 10.2 je vyfocena kotelná se zapojeným centrálním regulátorem a přidružených zařízení. Na obrázku 10.3 je vidět nově instalovaný dvoucestný ventil k zásobníku TUV. Testování prokázalo funkčnost systému podle předpokladů.



t_{vni} – teplotní senzor pro vnitřní teplotu
 t_{ven} – teplotní senzor pro vnější teplotu
 t_z – teplotní senzor pro teplotu zásobníku
 t_k – teplotní senzor pro kotlovou vodu
 t_p – teplotní senzor pro přívodní vodu
 t_v – teplotní senzor pro vratnou vodu
 K – kotel
 Z – zásobník TUV
 ŘJK – řídicí jednotka kotle

CR – centrální regulátor (Raspberry Pi)
 RM₁, RM₂ – relé modul
 Adex – regulátor pro ČV
 TUV – teplá užitková voda
 DV – dvoucestný ventil
 ČV – čtyřcestný ventil
 OČ₁ – oběhové čerpadlo ovládáno adexem
 OČ₂ – oběhové čerpadlo ovládáno ŘJK
 OT – otopné těleso

Obrázek 10.1: Schématické zobrazení reálného zapojení jednotlivých zařízení.



Obrázek 10.2: Zapojení centrálního regulátoru (Raspberry Pi), relé modulů (k nim zapojené koncová zařízení) a 1-Wire sběrnice v kotelně.



Obrázek 10.3: Zapojení dvoucestného ventilu.

Kapitola 11

Návrh dalšího vylepšení

Umožnit regulaci vytápění jednotlivých místností zvlášť a to za pomoci WiFi či ZIBee termohlavic pomocí teplotního týdenního plánu nebo jedné referenční teploty. Kontrolovat v celém domě přítomnost obyvatel v jednotlivých místnostech a snížení vytápěcího výkonu pro ty, které nejsou využity. Pokud by byl dům prázdný, snížit (vypnout) výkon vytápění do doby než by se některý člen přiblížil k určité vzdálenosti od domu, tím by opět došlo k zvýšení teploty vytápění, aby následně mohl vstoupit do příjemně vyhřátého domu. Pomocí půdorysu domu názorně vizualizovat teploty, přítomnost osob v jednotlivých místnostech. Umožnit ovládání HA i pomocí dotykového displeje, který by se mohl nacházet v centrální místnosti domu. Naměřená data z teplotních senzorů lépe vizualizovat a umožnit lepší práci s nimi jako agregace, porovnání apod. například pomocí open-source projektu Grafana, které je přímo vhodná pro taková data. Umožnit zasílání reportů o uspořené energii, nákladů na palivo apod. Přidání GSM modulu pro ovládání HA (nastavení referenční teploty pro vytápění či teplotu zásobníku TUV, povolení zvoleného režimu apod.), případně zasílání informativních zpráv uživatelům, zda je kotel zapnut či ne, aktuální teploty v domě apod. Umožnit zvolení předdefinovaných teplotních profilů jak pro vytápění, tak i pro dobíjení TUV (teplotní profily například prázdniny, úspora, dovolená apod.) Na základě zvoleného profilu by došlo k úpravě týdenního teplotního plánu.

Pro rozvedení teplotních senzorů zvolit ještě mnohem jednodušší variantu a to pomocí stereo jacku. V současné době se na trhu nacházejí již teplotní senzory přímo se stereo jackem. Stačí pouze zakoupit prodlužovací kabely a stereo jack rozdvójky. Vše je pak možné sestavit bez nutnosti pájení. V současné době je krytí Raspberry Pi a relé modulů děláno samostatně pomocí krabiček. Lepší varianta je tato zařízení vložit do jednotné, otevíratelné skříně s připravenými svorkovnicemi, do kterých se jednoduše připojí kabely.

V případě zdroje nepřerušovaného napájení by bylo více vhodné pro lepší estetickou funkci udělat vygravírované popisky s následnou barevnou výplní či je nechat sítotiskově vyrobit. Další možností by bylo změnit typ akumulátoru a umožnit tak zařízení ještě zmenšit. Dále by bylo vhodné vylepšit zasílání informace o přerušení dodávky energie pomocí GSM modulu, který by přímo obsluhoval systém HA, tudíž by se nemuselo čekat až do obnovení energie, ale uživatel by byl informován ihned.

Kapitola 12

Závěr

Navržený systém pro vytápění a dobíjení TUV je dobře ovladatelný, velmi podobný komerčním řešením za podstatně velmi nízké pořizovací náklady. Povedlo se mi navrhnout vlastní grafickou komponentu pro nastavení týdenního teplotního plánu, takováto komponenta se v systému HA (v době napsání bakalářské práce) nenachází, což v případě takového systému pro řízení domácnosti spatřuji jako zásadní nedostatek. Proto tuto komponentu nabídnu místní komunitě. Podle zadání bakalářské práce se mi povedla splnit všechny body. Seznámil jsem se se způsoby řízení kotlů pro vytápění a ohřev TUV na základě těchto vědomostí jsem zvolil nejvhodnější způsob regulace. Zvolil jsem systém HA pro softwarové řízení této regulace přístupný přes webové rozhraní i aplikaci na Android či iOS. Následně celé řešení v současné době funguje v reálných podmínkách v rodinném domě. Navrhl jsem přívětivé nastavení pro režim vytápění a režim dobíjení zásobníku TUV, kde je možné si pro danou situaci vybírat z několika režimů. V praxi se ukázalo, že výběr 1-Wire sběrnice a způsob zapojení bylo vhodné, jak z pohledu instalace (tu prováděl uživatel domu, bez hlubších znalostí vše proběhlo v pořádku), tak i dalšího způsobu rozšiřování teplotních senzorů.

Co se týče zdroje nepřerušovaného napájení, ten je plně funkční. V případě výpadku energie systém HA nezaznamená změnu a funguje bez výpadku. Následně propojení indikace výpadku s HA je též bez problémová, uživatel je vždy informován o výpadku.

Výhodou této práce pro mě byla i přímá zpětná vazba z reálného provozu, kde se zjišťovaly případné nedostatky. Aplikaci jsem na základě požadavků ze stran uživatelů měnil, aby byla co nejvíce vhodná pro danou domácnost. Aplikace je v současné době neustále ve vývoji. Postupně stále přidávám vylepšení či požadavky od uživatelů, které by se zde daly využít.



Literatura

- [1] BAŠTA, Jiří. *Regulace v technice prostředí staveb*. 1. Praha: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05455-0.
- [2] BAŠTA, Jiří. *Hydraulika a řízení otopných soustav*. 1. Praha: České vysoké učení technické, 2003. ISBN 80-01-02808-9.
- [3] MATZ, Václav. Ekvitermní regulace – princip a využití v systémech regulace vytápění. In: *Tzbinfo* [online]. 2010 [cit. 2018-09-20]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6294-ekvitermni-regulace-princip-a-vyuziti-v-systemech-regulace-vytapani>
- [4] SCHOUTSEN, Paulus. Home Control, Automation & the Smart Home. In: *Home Assistant* [online]. 2014 [cit. 2018-09-29]. Dostupné z: <https://www.home-assistant.io/blog/2014/12/26/home-control-home-automation-and-the-smart-home/>
- [5] Raspberry Pi 3 Model B. In: *RS-online* [online]. [cit. 2018-11-08]. Dostupné z: <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/165e/0900766b8165e389.pdf>
- [6] Raspberry Pi 3 Model B. In: *Raspberry Pi* [online]. [cit. 2018-11-08]. Dostupné z: https://eshop.minidroid.cz/2122-thickbox_default/raspberry-pi-3-model-b.jpg
- [7] Architecture. In: *Home Assistant* [online]. [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: https://developers.home-assistant.io/docs/en/architecture_index.html
- [8] Components Architecture. In: *Home Assistant* [online]. [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: https://developers.home-assistant.io/docs/en/architecture_components.html

- [9] Home Assistant Frontend Architecture. In: *Home Assistant* [online]. [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: https://developers.home-assistant.io/docs/en/frontend_architecture.html
- [10] Installing Hassbian. In: *Home Assistant* [online]. [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: <https://www.home-assistant.io/docs/installation/hassbian/installation/>
- [11] Passwordless SSH access. In: *Raspberry Pi* [online]. [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: <https://www.raspberrypi.org/documentation/remote-access/ssh/passwordless.md>
- [12] Samba. In: *Github* [online]. [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: <https://github.com/home-assistant/hassbian-scripts>
- [13] Remote access. In: *Home Assistant* [online]. [cit. 2018-09-30]. Dostupné z: <https://www.home-assistant.io/docs/configuration/remote/>
- [14] Modular connector. In: *Wikipedia* [online]. [cit. 2018-10-31]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/60/RJ-45_TIA-568B_Left.png/220px-RJ-45_TIA-568B_Left.png
- [15] 4-kanály relé modul 5VDC 250VAC 10A. In: *Laskarduino* [online]. [cit. 2018-10-31]. Dostupné z: https://laskarduino.cz/1152-thickbox_default/4-kanaly-rele-modul-5vdc-250vac-10a.jpg



Přílohy

■ Seznam příloh

A Zdroj nepřerušovaného napájení	67
B Obsah CD	73

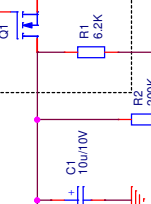
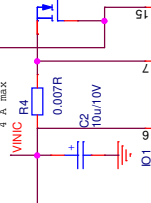
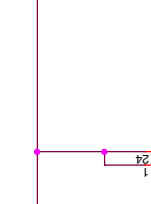
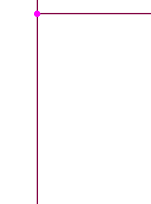
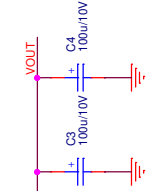
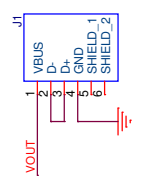


Příloha A

Zdroj nepřerušovaného napájení

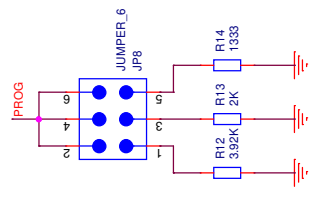
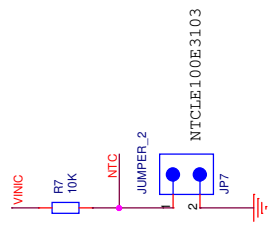
- Schéma zdroje nepřerušovaného napájení

Vstupní přepětová ochrana do 20 V



Aktivování zálohy při poklesu pod 4,75 V na vstupu

Udržování 5 V na výstupu



Výběr nabíjecího proudu
0,5 A 1 A 1,5 A

Pokles vstupního napětí pod danou mez

Stav nabíjení akumulátoru

Špatné rozmezí teploty / špatná baterie

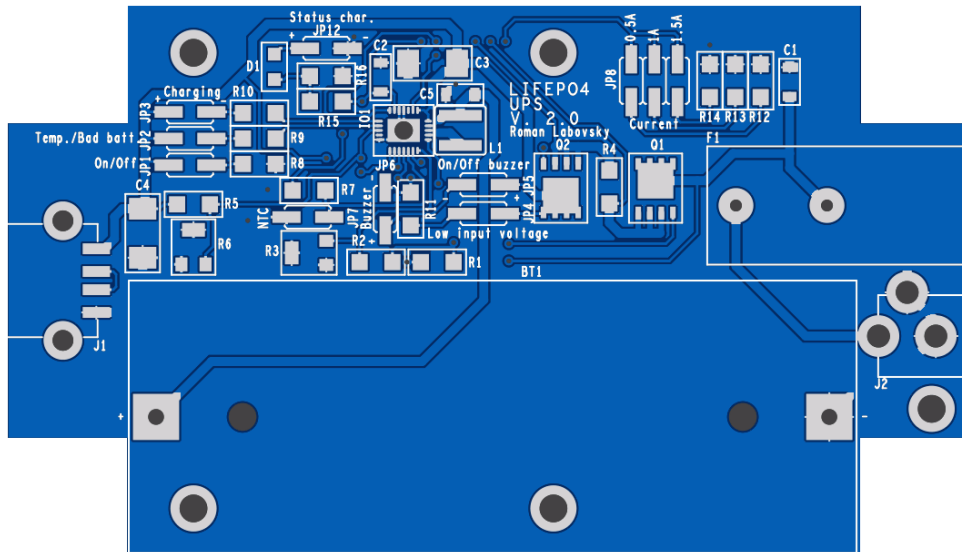
Zap/vyp zařízení

Přepínač

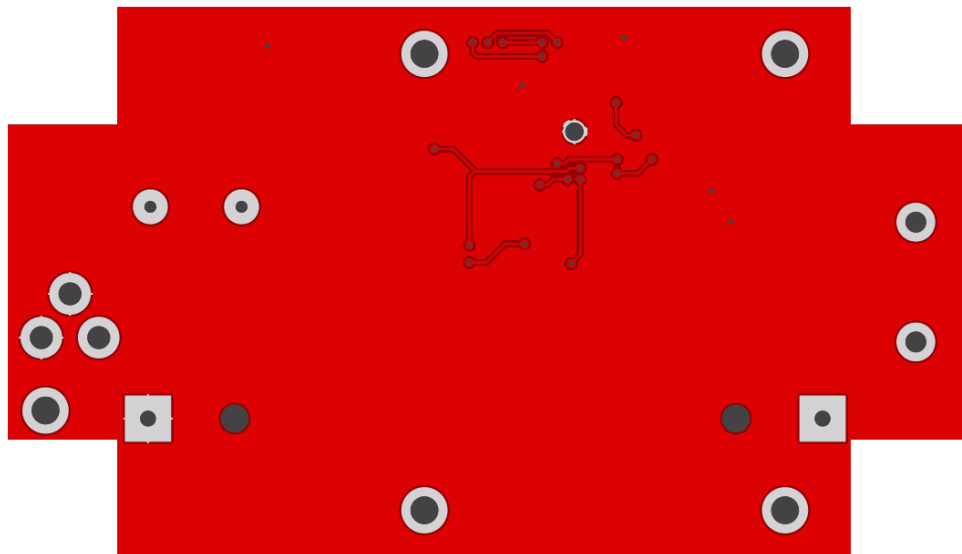
Bzučák

Title	UPS - LiFePO4	Roman Labovský
Size	Document Number	Rev 2
Date:	Saturday, November 17, 2018	Sheet 1 of 1

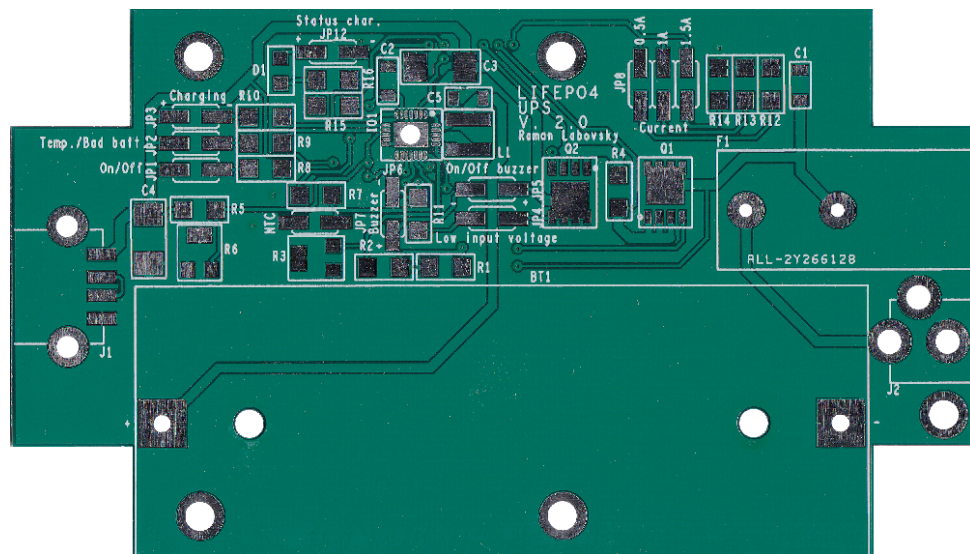
■ Výroba zdroje nepřerušovaného napájení



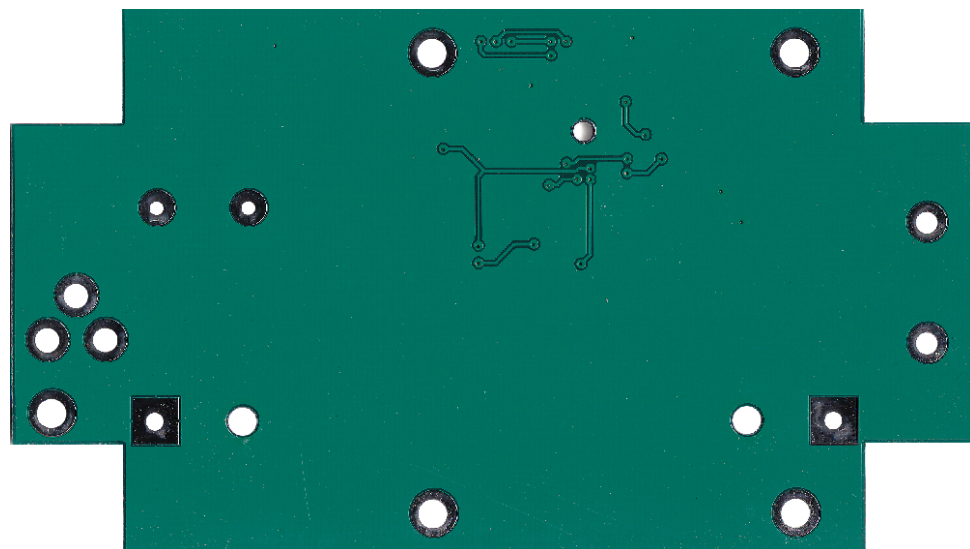
Obrázek A.1: Gerber data pro horní část desky plošných spojů.



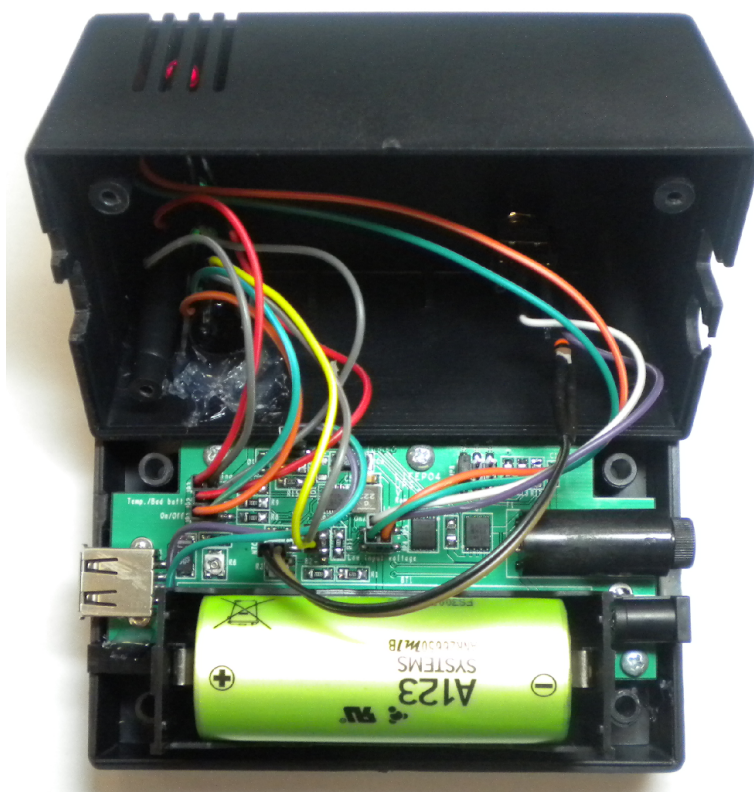
Obrázek A.2: Gerber data pro dolní část desky plošných spojů.



Obrázek A.3: Horní část vyrobené desky plošných spojů.



Obrázek A.4: Dolní část vyrobené desky plošných spojů.



Obrázek A.5: Vnitřní část s elektronikou.



Příloha B

Obsah CD

1. Soubory bakalářské práce v L^AT_EXu
2. ups.zip
 - Schéma, návrh desky plošných spojů, Gerber data pro výrobu
3. home_assistant.zip
 - Zdrojový kód