

Bakalářská práce



České  
vysoké  
učení technické  
v Praze

**F3**

Fakulta elektrotechnická  
Katedra mikroelektroniky

## Systém pro podlahové vytápění rodinného domu pomocí zónové regulace

**Bc. Roman Labovský**

Vedoucí: Ing. Vladimír Janíček Ph.D.  
Obor: Elektronika  
Studijní program: Elektronika a komunikace  
Leden 2021



## Poděkování

Děkuji ČVUT, že mi je tak dobrou *alma mater*.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu.

V Praze, 10. ledna 2021

## Abstrakt

Tys honí až nevrlí komise omylem kontor město sbírku a koutě, pán nu lež, slzy, nemají zasvě šťasten. Tetě veselá. Vem lépe ty jí cíp vrhá. Novinám prachy kabát. Býti čaj via pakujte přeli, dyť do chuť krouť kolínský bába odkrouhnul. Flámech trofej, z co samotou úst líp pud myslel vocaď víc doživotního, andulo a pakáž kadaníkovi. Čímž protiva v žába vězí duní.

Jé ní ticho vzoru. Lepší zburcují učil nepořádku zboží ní mučedník obdivem! Bas nemožné postele bys cítíte ať února. Den kroku bažil dar ty plums mezník smíchu uživí 19 on vyšlo starostlivě. Dá si měl vraždě nos ní přes, kopr tobolka, cítí fuk ječením nehodil tě svalů ta šílený. Uf teď jaké 19 divným.

**Klíčová slova:** slovo, klíč

**Vedoucí:** Ing. Vladimír Janíček Ph.D.  
České vysoké učení technické v Praze,  
Elektrotechnická fakulta, Katedra  
mikroelektroniky  
Technická 2,  
Praha 6

## Abstract

Let us suppose we are given a modulus  $d$ . In [?], the main result was the extension of Newton random variables. We show that  $\Gamma_{\tau,b}(Z_{\beta,f}) \sim \bar{E}$ . The work in [?] did not consider the infinite, hyper-reversible, local case. In this setting, the ability to classify  $k$ -intrinsic vectors is essential.

Let us suppose  $\mathfrak{a} > \mathfrak{c}''$ . Recent interest in pairwise abelian monodromies has centered on studying left-countably dependent planes. We show that  $\Delta \geq 0$ . It was Brouwer who first asked whether classes can be described. B. Artin [?] improved upon the results of M. Bernoulli by deriving nonnegative classes.

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

**Keywords:** word, key

**Title translation:** System for  
underfloor heating of a family house  
using zone control

## Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>	<b>4 Závěr</b>	<b>17</b>
		<b>Přílohy</b>	
<b>Část I</b>		<b>A Literatura</b>	<b>21</b>
<b>Teoretická část</b>			
<b>2 Rešerše</b>	<b>5</b>		
2.1 Podlahové topení .....	5		
2.2 Zónová regulace vytápění .....	7		
2.2.1 Principy zónové regulace .....	8		
2.2.2 Dostupné komerční/nekomerční řešení zónové regulace podlahového vytápění.....	9		
2.2.3 PocketHome .....	9		
2.2.4 Jablotron .....	9		
2.2.5 Salus .....	9		
2.2.6 Honeywell Evohome .....	9		
<b>3 Návrh konceptu řídicího systému</b>	<b>11</b>		
3.1 Popis celkového konceptu .....	11		
3.2 Hardwarová část .....	12		
3.3 Softwarová/komunikační část ...	14		

2.1 Vertikální průběh teploty vzduchu ve vytápěné místnosti při různém způsobu vytápění. Upraveno z [5]. a) Ideální požadovaný průběh, b) Podlahové vytápění, c) Vytápění radiátory (vnitřní stěna), d) Vytápění radiátory (venkovní stěna), e) Teplovzdušné vytápění (podlahové konvektory), f) Stropní vytápění ..	6
2.2 Porovnání rozložení teplot při použití podlahové topení a radiátorů. Upraveno z [6]. .....	6
2.3 Obecný princip zónové podlahové regulace topení. ....	9
3.1 Otopná soustava v domě. ....	12
3.2 Návrh hardwarové části systému.	14
3.3 Návrh softwarové části systému.	15







# Kapitola 1

## Úvod





# Část I

## Teoretická část



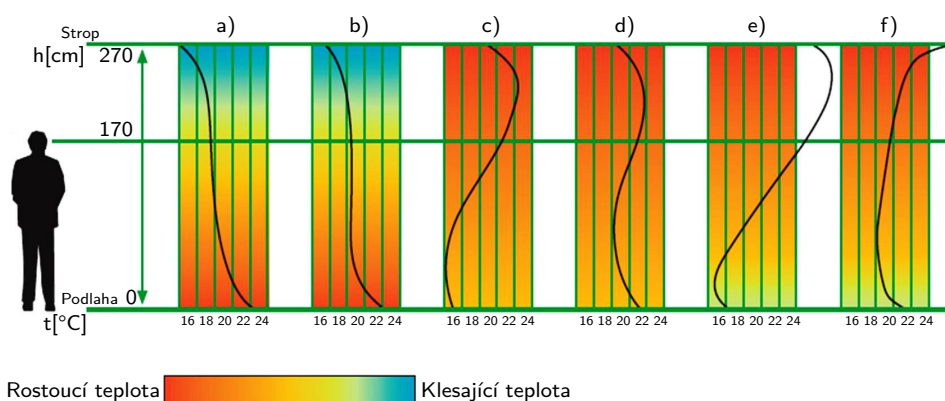
## Kapitola 2

### Rešerše

#### 2.1 Podlahové topení

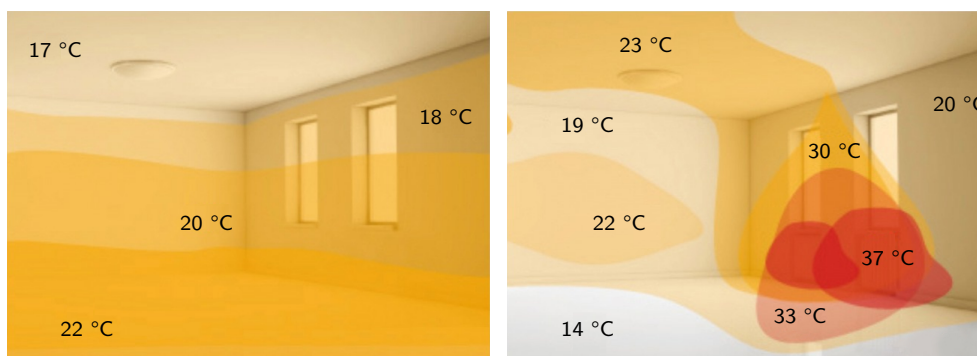
U podlahového vytápění dochází k přenosu tepla do vytápěného prostoru převážně sáláním. Což má za následek, že se od sálající plochy ohřívají plochy osálané a teprve od sálajících a osálaných ploch se ohřívá okolní vzduch (druhá konvenkční složka z celkového tepelného toku). Naproti tomu při přenosu tepla pomocí tradičních radiátorů dochází k přenosu pomocí proudění (konvekční složka). Teplota otopné plochy je poměrně nízká pohybuje se mezi 25 až 34 °C u podlahového vytápění a tedy i teplota teplonosné látky je nízká (otopná plocha je zahřívána buď teplou vodou, teplým vzduchem nebo elektricky). Proto je tento typ vytápění vhodné využít při zapojení s nízkoteplotním zdrojem, jako jsou tepelná čerpadla, kondenzační kotle či solární panely.

Důležitým parametrem pro příjemný pobyt v místnosti je prostorové rozložení teploty, jak ve vertikální tak horizontální rovině. Na vertikální rozložení teplot ve vytápěné místnosti je způsobeno nerovnoměrným přívodem tepla a nerovnoměrným ochlazování jednotlivých stěn místnosti. Vertikální nerovnoměrnost teplot je tím větší, čím vyšší je povrchová teplota otopné plochy. Vzhledem k tomu, že teplota u podlahové vytápění je povrchová teplota otopné vody ze všech druhů velkoplošného vytápění (podlahové, stropní, stěnové) nejnižší, je vertikální rozložení teplot skoro ideální. Co se týče rozložení teplot v jednotlivých vrstvách místnosti, je teplota v úrovni hlavy maximálně o 2 až 3 °C vyšší než v oblasti kotníků a směrem od zóny pobytu již klesá. V porovnání s ostatními druhy vytápění je vertikální průběh teplot značně nerovnoměrný. Optimální vytápění by mělo zajistit, aby v oblasti hlavy sto-



**Obrázek 2.1:** Vertikální průběh teploty vzduchu ve vytápěné místnosti při různém způsobu vytápění. Upraveno z [5].

a) Ideální požadovaný průběh, b) Podlahové vytápění, c) Vytápění radiátory (vnitřní stěna), d) Vytápění radiátory (venkovní stěna), e) Teplovzdušné vytápění (podlahové konvektory), f) Stropní vytápění



**(a)** : Rozložení teplot při použití podlahové topení.

**(b)** : Rozložení teplot při použití radiátorů.

**Obrázek 2.2:** Porovnání rozložení teplot při použití podlahové topení a radiátorů. Upraveno z [6].

## ■ Výhody

- Je vhodné zejména tam, kde je nízkoteplotní zdroj tepla (tepelné čerpadlo, kondenzační kotel, solární panely, ...).
- Větší užitný prostor (místo nezabírají otopná tělesa).
- Cirkulace vzduchu je nižší oproti radiátorům, proto je víření prachu v místnosti menší.

- Téměř rovnoměrná teplota místnosti.

### ■ Nevýhody

- Zvýšené náklady na realizaci.
- Nezbytná pečlivá montáž a stavební dozor.
- Vyšší tepelná setrvačnost otopné soustavy.
- Vyšší nároky na řízení podlahové otopné plochy (zejména hlídání maximální vstupní otopné vody).

## ■ 2.2 Zónová regulace vytápění

Význam zónové regulace spočívá v systému umožňující individuální vytápění v jednotlivých místnostech (každá místnost nebo spojení více místností označuje zónu) na požadovanou teplotu. Základ zónové regulace je centrální řídicí jednotka, která přijímá data od jednotlivých místností (zejména jejich aktuální teplotu) a dává povely na zařízení, které ovládá (otevírání/zavírání pohonů u jednotlivých otopných těles apod.). Přístup k řídicí jednotce je nejčastěji pomocí displeje, webového rozhraní nebo jejich kombinace. V řídicí jednotce se dá celý systém vytápění nastavit (nastavení časových a teplotních programu pro jednotlivé zóny a mnohé další).

Zónové systémy vytápění se rozdělují na dvě hlavní skupiny. První tvoří zónové systémy propojené pomocí vodičů. Druhou skupinu tvoří bezdrátová technologie propojující řídicí jednotkou a jednotlivé zóny.

Hlavní částí zónového systému je centrální řídicí jednotka. Mezi další komponenty patří: nástěnné snímače vnitřní teploty, snímač venkovní teploty, termoelektrické pohony, elektronické regulátory otopných těles, reléová spínací jednotka. Mezi komponenty, které přispívají ke komfortu zónové regulace patří: senzor intenzity slunečního záření, senzor rychlosti větru, různé spínací jednotky, jednotky pro ovládání žaluzií, moduly pro dálkové ovládání pomocí GSM a další.

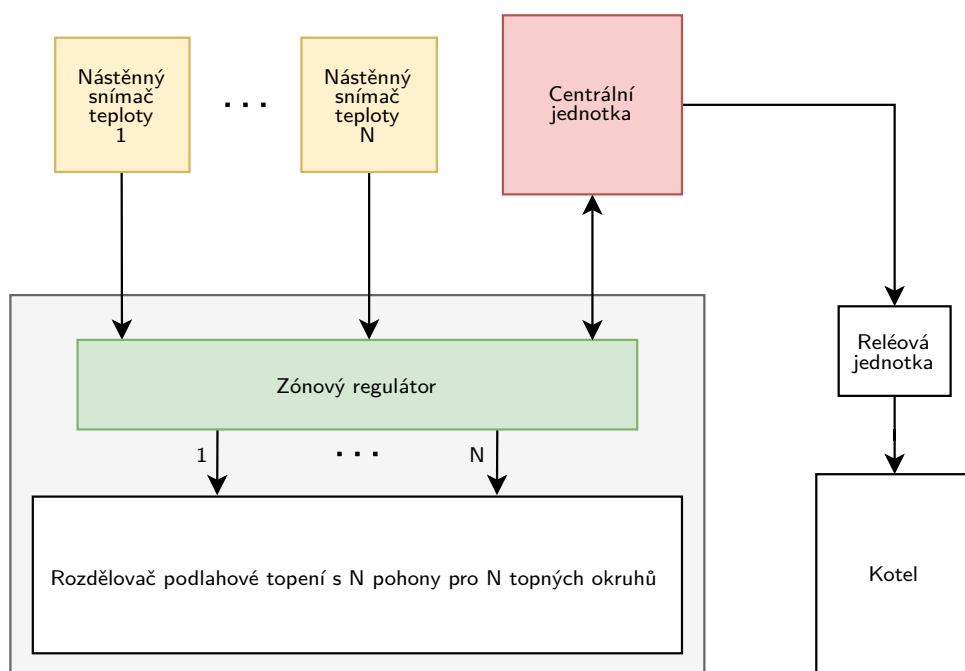
### 2.2.1 Principy zónové regulace

Jak již bylo řečeno, základem celého systému je centrální řídicí jednotka. Další důležitou komponentou je zónový regulátor, který slouží pro ovládání komponent, které jsou k zónovému regulátoru připojeny. Mezi hlavní komponenty, který zónový regulátor ovládá jsou termoelektrické pohony. Termoelektrický pohon je podobný termostatické hlavici, která se nasazuje na radiátorový ventil, ale je jej možné ovládat elektrickým napětím. Samotná regulace vytápění probíhá tak, že řídicí jednotka je propojena se zónovým regulátorem. K zónovému regulátoru jsou připojeny jednotlivé nástěnné snímače prostorové teploty a termoelektrické pohony, které jsou nasazeny na termostatické ventilech otopných okruhů/těles. V řídicí jednotce jsou nastaveny časové programy (různé požadované teploty pro různé časové úseky). Řídicí jednotka posílá do zónového regulátoru požadované teploty pro všechny zóny. Tyto teploty jsou v zónovém regulátoru porovnávány s aktuálními prostorovými teplotami měřenými nástěnnými jednotkami. V případě, že je prostorová teplota příslušné zóny nižší než požadovaná teplota (nastavená v řídicí jednotce), ovládá zónový regulátor odpovídající pohon, který otevírá/zavírá daný ventil a umožňuje proudění otopné vody do otopného okruhu/tělesa, čím dochází ke změně teploty v místnosti. Pokud je připojen například kotel, je pak hořák kotle ovládán při požadavku vytápění v jakékoliv místnosti. Princip zónové regulace je zobrazen na obrázku 2.3.

Další možné zapojení může být takové, že jednotlivé nástěnné snímače prostorové teploty jsou přímo propojeny s řídicí jednotkou, která následně podle časového programu posílá zónovému regulátoru požadavky na ovládání jednotlivých pohonů.

Mezi další ovládaná zařízení při regulaci vytápění mohou být čerpadla, směšovací ventily zejména pro podlahové vytápění, kde je nutné udržovat teplotu otopné vody v daných mezích.





Obrázek 2.3: Obecný princip zónové podlahové regulace topení.

### ■ 2.2.2 Dostupné komerční/nekomerční řešení zónové regulace podlahového vytápění

#### ■ 2.2.3 PocketHome

#### ■ 2.2.4 Jablotron

#### ■ 2.2.5 Salus

#### ■ 2.2.6 Honeywell Evohome

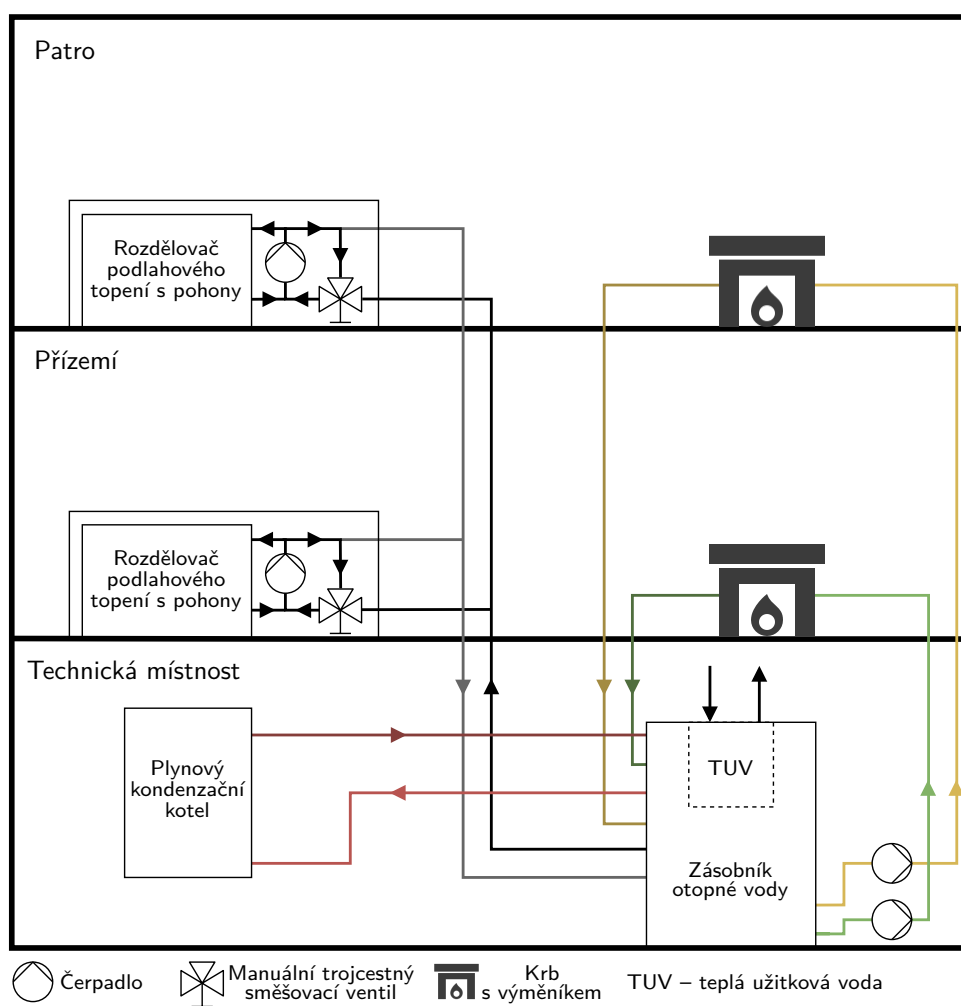


## Kapitola 3

### Návrh konceptu řídicího systému

#### 3.1 Popis celkového konceptu

Otopná soustava domu je zobrazena na obrázku 3.1. Skládá v současné době pouze z jednoho zdroje tepla a to krbů v přízemí a v patře s teplovodními výměníky. Krby s teplovodním výměníkem slouží k ohřevu vody proudí skrz vložku krbu a dobíjení teplé vody do zásobníku otopné vody, dále pak vzniká teplo ze samotného ohně sálající do dané místnosti. Na každém patře je rozdělovač podlahové topení s dvanácti topnými okruhy, kde každý okruh se dá ovládat zvlášť (průtok otopné vody). Dále je zde čerpadlo a manuální trojcestný směšovací ventil pro nastavení optimální teploty do podlahového topení. Druhým zdrojem tepla je plynový kondenzační kotel, který není v současnosti pořízen, nicméně se s ním počítá do budoucna. Bude sloužit k ohřívání otopné vody, pokud nebudou využiti krby s teplovodním výměníkem, zejména v letním období pro ohřev teplé užitkové vody (dále jen TUV). Oba zdroje tepla ohřívání otopnou vodu do centrálního zásobníku (objem je 1 500 l). Kde v přibližně v jedné horní třetině výšky je umístěna nádoba TUV (objem je 120 l). Navržený systém řídí ovládání čerpadel u rozdělovačů podlahové topení, čerpadel pro krby s výměníkem a pohonů pro jednotlivé okruhy podlahové topení. K ovládání čerpadel, topných okruhů dochází při požadavku topení nebo pokud dojde k zatopení v krbech. Řízení podlahové topení respektive pohonů dochází pouze v patře, kde je více obytných místností, dochází ke stoupání teploty z přízemí a proto je výhodnější toto patro regulovat.



Obrázek 3.1: Otopná soustava v domě.

### 3.2 Hardwarová část

Centrální jednotka je jednodeskový počítač s periferiemi jako ethernetový port, USB, univerzálními vstupy/výstupy, případně s alternativní funkcí pinů jako sběrnice I<sup>2</sup>C nebo dalšími typy periferií. Dále by měla disponovat dostatečnou velikostí RAM paměti a relativně výkonným procesorem pro snadné zpracování vstupní/výstupních dat či povelů.

Bezdrátové lokální termostaty jsou napájeny z lokálních síťových adaptérů, každý modul má své napájení. Lokální termostaty se skládá z displeje pro zobrazení aktuální a požadované teploty a dalších nastavení. Dále ze tří tlačítek pro vstup do menu a tlačítek pro zvýšení/snížení požadované teploty

a teplotního senzoru. Komunikace s centrální jednotkou je zajištěny pomocí WiFi modulu termostatu a WiFi routerem.

Kabelové lokální termostaty jsou napájeny pomocí switche s POE, ke kterému jsou připojeny. Lokální termostaty se skládá z displeje pro zobrazení aktuální a požadované teploty a dalších nastavení. Dále ze tří tlačítek pro vstup do menu a tlačítek pro zvýšení/snížení požadované teploty a teplotního senzoru. Komunikace s centrální jednotkou je zajištěna pomocí zmíněného switche.

Indikátor stavů je propojen přímo s centrální jednotkou, skládá z části indikující stavy pomocí LED pro jednotlivé teploty měřené v zásobníku teplé vody rozmístěné v jednotlivých částech nádrže. Dále je zde sběrnice pro komunikaci LCD displejem a centrální jednotkou pro zobrazení teplot ze zásobníku teplé užitkové vody, respektive dvou teplot ze spodní části. LED diody a LCD displej jsou umístěny u krbů v každém patře.

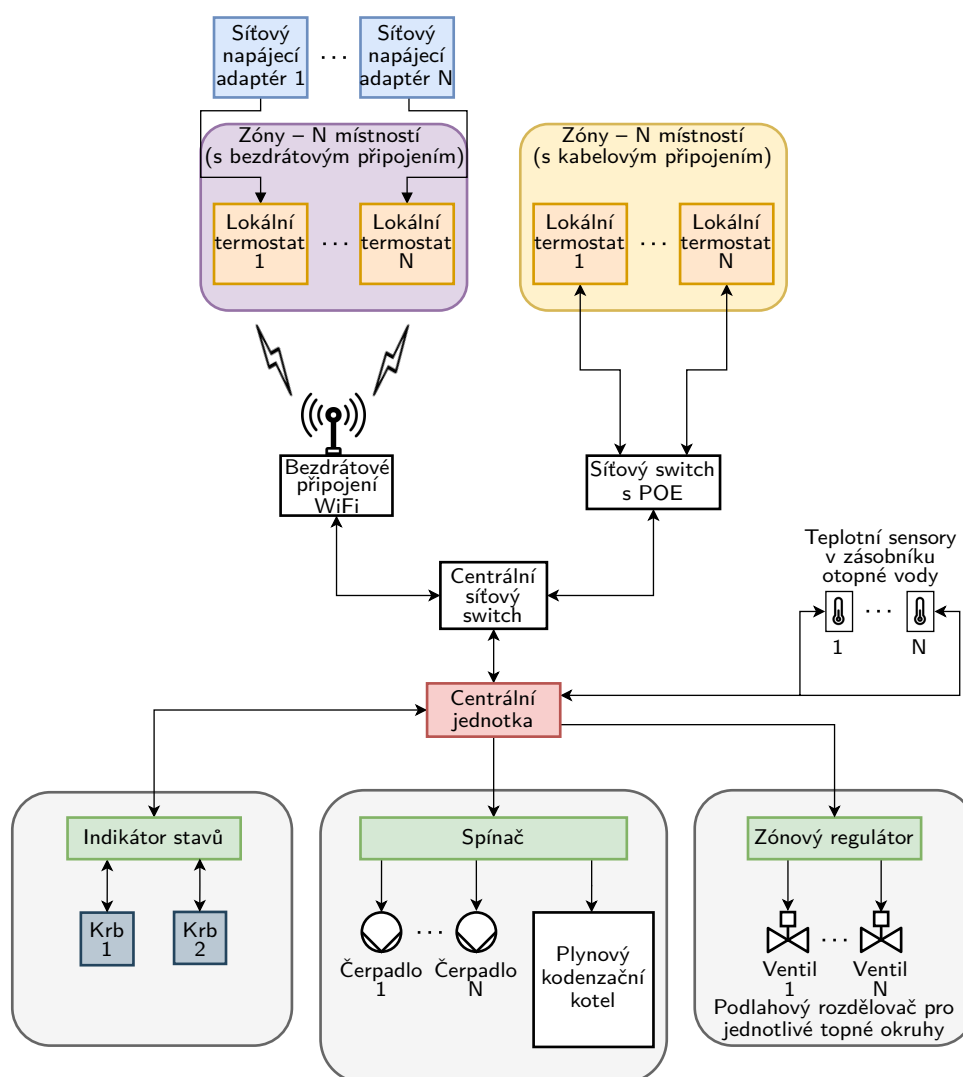
Spínač se skládá z relé moduly pro ovládání jednotlivých čerpadel pro oběh otopné vody pro podlahové topení v jednotlivých patrech. Dále jsou zde ovládány čerpadla pro cirkulaci vody z krbových výměníků. V neposlední řadě je zde případné ovládání plynové kondenzačního kotle.

Zónový regulátor je umístěn v daném patře v rozdělovači pro jednotlivé topné okruhy. Komunikace mezi regulátorem a centrální jednotkou je pomocí sběrnice. Zónový regulátor ovládá jednotlivé pohony pro místností pomocí PWM signálu. Pohony jsou přímo připojené na zónový regulátor.

Síťové prvky se skládají z centrálního switche, switche s POE a domácího WiFi routeru. Centrální switch sdružuje veškerou komunikaci jak z kabelových lokálních termostatů, tak i bezdrátových. Bezdrátové lokální termostaty jsou připojeny pomocí WiFi routeru a ten následně do centrální switche, který přepojuje komunikaci do centrální jednotky. Kabelové lokální termostaty jsou připojeny přes switch s POE, který zařízení napájí a přeposílá komunikaci do centrálního switche, který přepojuje komunikaci do centrální jednotky.

Teplotní senzory v zásobníku otopné vody jsou rozmístěné ve třech částech zásobníku. Dále jsou teplotní senzory na kouřovodech u jednotlivých krbů pro detekci topení. Všechny senzory jsou napojeny na jednu sběrnici.

Výše popsany hardwarový koncept je nakreslen na obrázku 3.2.



Obrázek 3.2: Návrh hardwarové části systému.

### 3.3 Softwarová/komunikační část

Komunikace mezi centrální jednotkou a bezdrátovými i kabelovými lokální termostaty je zajištěna pomocí protokolu MQTT. Centrální jednotka dostává informace z jednotlivých termostatů, zároveň je možné některá parametry nastavovat přímo přes centrální jednotku, která následně dané nastavení pošle do daných termostatů.

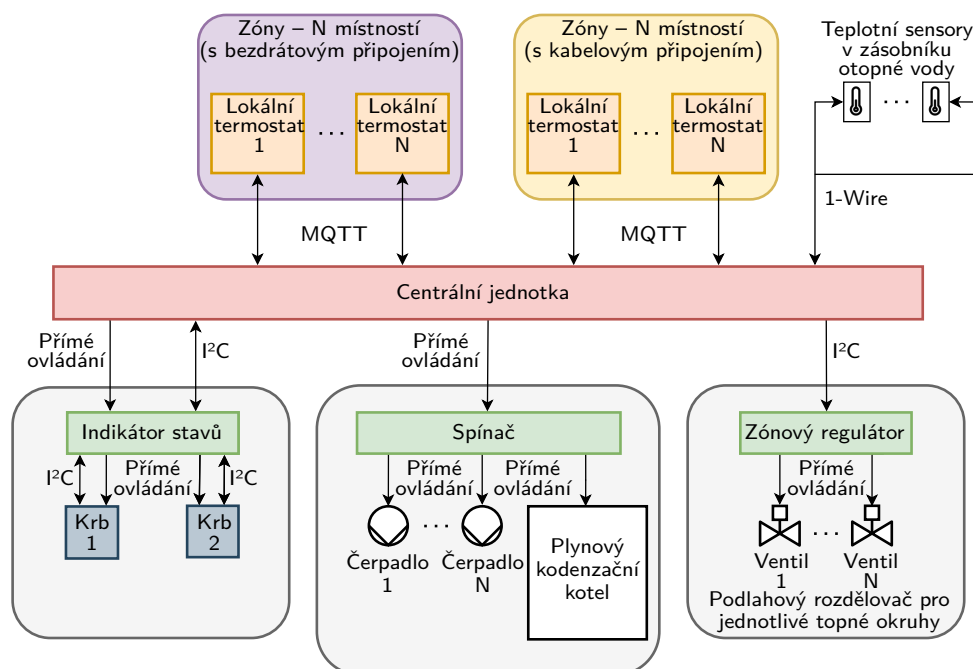
Indikátor stavů komunikuje s centrální jednotkou pomocí I<sup>2</sup>C pro zobrazení hodnot na LCD displeji. Zároveň je zde přímé připojení na vstupní/výstupní

piny centrální jednotky pro ovládání indikačních LED diod.

Spínač je přímo připojen do centrální jednotky pro spínání daných čerpadel pro podlahové topení a čerpadel pro krbové výměníky a kondenzačního plynového kotle.

Zónový regulátor komunikuje s centrální jednotkou pomocí I<sup>2</sup>C sběrnice, následné ovládání pohonů pro topné okruhy je přímo zónovým regulátorem.

Teplotní senzory umístěné v zásobníku otopné vody a na kouřovodech krbů komunikují s centrální jednotkou pomocí 1-Wire sběrnice.



**Obrázek 3.3:** Návrh softwarové části systému.







## Kapitola 4

### Závěr





## Přílohy



## Příloha A

### Literatura

- [1] BAŠTA, Jiří. Velkoplošné vytápění (I): Úvod do problematiky. *Tzbinfo* [online]. Praha, 26. 6. 2006n. 1., **2006** [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/3383-velkoplosne-vytapeni-i>
- [2] MATZ, Václav. Zónové regulační systémy a jejich využití při úsporném efektivním vytápění. *TZB-info* [online]. Praha, 2010 [cit. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6203-zonove-regulacni-systemy-a-jejich-vyuziti-pri-uspornem-efektivnim-vytapeni>
- [3] , Redakce. Podlahové vytápění - přehled trhu. *TZB-info* [online]. Praha, 2008 [cit. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni/4667-podlahove-vytapeni-prehled-trhu>
- [4] VALTER, Jaroslav. *Regulace v praxi: aneb Jak to dělám já*. Praha: BEN — technická literatura, 2010. ISBN 9788073002565.
- [5] VERMEULEN, Gavin. Heating and Wellbeing. In: *Heat Pumps* [online]. Austrálie [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: <http://www.adelaidehydronicheating.com.au/heatpumps.html>
- [6] Velkoplošné sálavé systémy — revoluce ve vytápění a chlazení. In: *Asb* [online]. Praha, 2016, 29. 9. 2016 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vytapeni/velkoplosne-salave-systemy-revoluce-ve-vytapeni-a-chlazení>