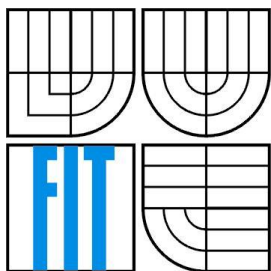


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

INTELEKTUÁLNÍ ŘÍZENÍ DOMÁCNOSTI

INTELLIGENT HOUSEHOLD MANAGEMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PATRIK UNZEITIG

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARTIN MUSIL

BRNO 2016

Abstrakt

Tato bakalářské práce se zabývá inteligentním řízením budov a následný návrhem a tvorbou systému, který bude sloužit k regulaci teploty v domácnosti. Práce se zaměřuje na sestavení fyzické části s využitím dostupných komponent a na tvorbu dotykové aplikace, která prostřednictvím bezdrátové komunikace řídí vytápění a využívá soubor ve formátu XML pro uchování uživatelských dat.

Abstract

The purpose of this bachelor thesis is to find out how intelligent household management works and then to design and construct system to control home's temperature. This thesis focuses on creation of physical part using Raspberry Pi and on implementation of controlling application, which can be used through touchscreen. Application uses XML file to make data persistent.

Klíčová slova

Inteligentní dům, chytrá domácnost, Raspberry Pi, GPIO, teplotní senzor, DS18B20, Bluetooth modul, BTM-112, Bluetooth relé

Keywords

Intelligent house, smart home, Raspberry Pi, GPIO, temperature sensor, DS18B20, Bluetooth module, BTM-112, Bluetooth relay

Citace

Patrik Unzeitig: Inteligentní řízení domácnosti, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2016

Inteligentní řízení domácnosti

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Musila a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....

Patrik Unzeitig
16. května 2016

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu práce panu Ing. Martinu Musilovi za odborné vedení a cenné rady, které mi při tvorbě této práce poskytl.

© Patrik Unzeitig, 2016

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

1	Úvod.....	2
2	Inteligentní domy	3
2.1	Úvod k inteligentním domům	3
2.2	Druhy elektroinstalace	5
2.3	Vlastnosti inteligentních domů	6
3	Rozbor	8
3.1	Jednodeskové počítače	8
3.2	Příslušenství	12
3.3	Bezdrátová komunikace	14
3.4	Sériová komunikace	15
4	Specifikace zadání a návrh řešení.....	16
4.1	Cíl práce	16
4.2	Návrh systému.....	16
5	Sestavení a implementace	19
5.1	Sestavení	19
5.2	Instalace systému	20
5.3	Implementace aplikace.....	23
5.4	Testování.....	28
6	Závěr.....	30
	Příloha A	33

1 Úvod

V dnešní moderní době se setkáváme s počítači nebo jinou elektronikou, díky neustálému snižování ceny, spotřeby a rozměrů, téměř kdekoliv. Instalace inteligentních technologií do nových nebo již stávajících staveb je stále dostupnější. Úkolem těchto technologií je zejména snížení spotřeby energií a automatizace procesů v domě, za účelem zvýšení komfortu obyvatel. Na výběr máme nejen z nabízených řešení na trhu, ale i vytvoření vlastního řešení. Propojením inteligentních prvků či systémů do jednoho systému získáme budovu, kterou můžeme nazývat inteligentní.

Cílem této práce je seznámit se se základními principy inteligentních domů a s návrhem a tvorbou systému pro regulaci teploty v domácnosti. Tento systém bude využívat některou z dostupných platforem a bude měřit teplotu a komunikovat prostřednictvím Bluetooth modulu s Bluetooth relé, které bude sloužit k ovládání vytápění domácnosti. K zobrazení a ovládání systému bude použit dotykový displej a pro ukládání nastavení systému bude aplikace využívat soubor ve formátu XML.

V úvodu této práce je popsán vznik inteligentních domů a rozdělení pojmů podle míry inteligence, kvůli jeho obecnosti. Obsahem této části jsou také rozdíly mezi starou klasickou a novou inteligentní elektroinstalací a popis vlastností, které dělají dům inteligentním. Další část práce slouží k seznámení s hardwarovými komponentami, bezdrátovými technologiemi a druhy komunikace, které lze využít nejen při sestavení systému pro regulaci teploty. Předposlední část definuje cíl práce a popisuje návrh systému jak po hardwarové, tak po softwarové stránce. Poslední část práce obsahuje detailní popis sestavení výsledného zařízení s následným uvedením do stavu, ve kterém je možné realizovat výslednou aplikaci. Následně je popsáno, jakým způsobem je vyřešena komunikace s hardwarovými komponentami a způsob implementace samotné aplikace. V závěru této části je popsáno, jak výsledný systém funguje a jak by jej bylo možné zdokonalit.

2 Inteligentní domy

Tato kapitola seznamuje s teoretickými informacemi ohledně inteligentních domů. Nejprve se zaměřuje na vznik inteligentních domů a poté na seznámení se samotným pojmem a jeho rozdělením na základě inteligence domu. Následně se zabývá rozdíly mezi klasickou a inteligentní elektroinstalací a vlastnostmi inteligentních domů. Poslední kapitola slouží k seznámení s aktuální nabídkou řešení inteligentních domácností.

2.1 Úvod k inteligentním domům

Za zrození „inteligentních domů“ v České republice, lze považovat vilu Tugendhat v Brně, která už ve 30. letech 20. století měla elektromotory spouštěná okna, systém vzduchotechniky (kombinace topení, ochlazování a zvlhčování) a bezpečnostní i signalizační zařízení [1].

V 60. letech minulého století byl v Japonsku prezentován „inteligentní dům“, jehož veškeré činnosti byly řízeny počítačem. Nesetkal se ale se širokým uplatněním, protože ceny energií byly tehdy zanedbatelné a neexistoval tedy důvod ke snižování provozních nákladů. Počátkem 70. let minulého století však nastartovala energetická krize a nárůst cen ropy vývoj projektů směřujících ke snížení provozních nákladů budov. Za počátek zrodu jednotné koncepce inteligentní elektroinstalční techniky lze považovat rok 1987, kdy firmy Berker, Gira, Merten a Siemens založily společnost Instabus Gemeinschaft., jejíž cílem bylo vyvinout systém pro měření, řízení, regulaci a sledování provozních stavů v budovách [2].

Inteligentní dům je budova vybavená počítačovou a komunikační technikou, která předvídá a reaguje na potřeby obyvatel. Jejich cílem je dosažení maximálního komfortu uživatelů, energetických úspor, zábavy a zabezpečení pomocí řízení všech technologií v domě a jejich interakcí s vnějším světem. Tento pojem se používá pro budovy vybavené např. pouze běžným kamerovým systémem, až po plně automatizované domy budoucnosti, které slouží jako výzkumné laboratoře pro vývoj a testování nejnovějších technologií. Inteligentními budovami mohou být jak rodinné domy, tak i kanceláře a obchodní centra [3]. Kvůli obecnosti pojmu je vhodné inteligentní domy rozdělit.

Každý další stupeň obsahuje schopnosti všech předešlých [4]:

- **Dům obsahující inteligentní zařízení a systémy**
Dům obsahující samostatná inteligentní zařízení a systémy, fungující samostatně, nezávisle na ostatních. Může se jednat například o systém řízení osvětlení pomocí snímače pohybu.
- **Dům obsahující inteligentní komunikující zařízení a systémy**
Dům obsahující inteligentní zařízení a systémy, kvůli zdokonalení své činnosti vzájemně komunikují. Například po zamčení vchodových dveří se automaticky zapne bezpečnostní systém domu a zhasnou všechna světla. Domácí kino v obývacím pokoji, které je napojené na domácí server, umožní přehrávání na něm uložené hudby, filmů, fotografií.
- **Propojený dům**
Dům je propojen pomocí interní a externí komunikační sítě, sloužící k interaktivní vzdálené obsluze systémů, stejně jako přístup k službám a informacím odkudkoliv z domu i mimo něj. Například bezpečnostní systém přivolá bezpečnostní službu a umožní vzdálený přístup z bezpečnostních kamer.
- **Učící se dům**
Aktivity v domech jsou nahrávány a získaná data jsou využívána k pochopení uživatelů a jejich potřeb, sloužících k automatickému ovládní technologií podle předvídaných potřeb uživatele. Výhodou by mohlo být snížení nákladů na vývoj řídicího systému inteligentního domu, který je nutné přizpůsobit konkrétnímu domu a jeho uživatelům.
- **Pozorný dům**
Na rozdíl od učícího se domu, kde jsou využívány údaje z historie, v pozorném domu vše probíhá v reálném čase. Aktivita a okamžitá poloha všech lidí a objektů v domě jsou neustále vyhodnocovány a podle předvídaných potřeb jsou ovládány všechny akce v domě.

Existující řešení

Současné společnosti orientované na inteligentní domácnosti poskytují nejen řešení velkých zahraničních firem, ale i svá vlastní řešení. Poskytovaná řešení nabízí často systémy s velmi podobnými vlastnostmi, jakými jsou například: ovládní osvětlení, stínící techniky, inteligentní regulaci vytápění, chlazení, ovládní alarmu, simulaci přítomnosti, ovládní zavlažovací techniky, zásuvek a multimédií. Důležitými parametry je funkčnost, úspora energie a také možnost kontroly a ovládní pomocí internetového rozhraní či mobilních aplikací. Společnosti nabízející zahraniční řešení jsou například Yatun¹ a Insight Home². Vlastní systémy nabízejí například společnosti iNELS³, TECO⁴, Haidy⁵, Loxone⁶, Fibaro⁷ a GILD⁸.

¹ <https://www.yatun.cz/>

² <http://www.insighthome.eu/>

³ <http://www.inels.cz/>

⁴ <http://www.tecomat.com/>

⁵ <http://haidy.cz/>

⁶ <http://www.loxone.com/>

⁷ <http://www.mojefibaro.cz/>

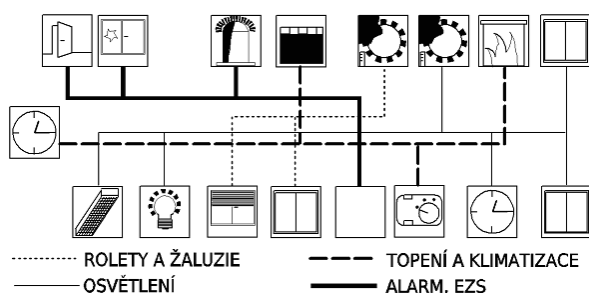
⁸ <http://www.gildsystem.cz/>

2.2 Druhy elektroinstalace

Klasická

Patří mezi nejpoužívanější na světě. Byla od počátku určena pro spotřebičové a světelné rozvody. Skládá se z různých samostatných celků jako např. ovládání světel, ovládání topení. V klasické elektroinstalaci se neposílají žádné informace, spíná se přímo obvod příslušného spotřebiče. Jakákoliv změna vyžaduje další náklady, zásah do instalace nebo do budovy a často nepřehlednost instalace. Každý systém vyžaduje samostatné vedení a každý řídicí systém samostatnou komunikační síť. Jsou určeny pro méně náročné uživatele.

Klasická elektroinstalace je vhodná pouze pro jednoduché instalace. Výhodou je její finanční nenáročnost a možnost výběru dodavatele. Nevýhodou je finanční náročnost složité instalace, nepřehlednost při velkém množství kabeláže a problémy se vzájemným propojením [5].

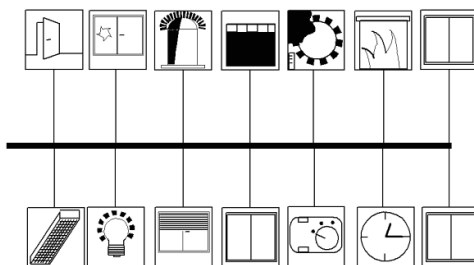


Obrázek 2.1: Schéma klasické elektroinstalace⁹. Převzato z [5]

Inteligentní

Slouží k ovládání a řízení technologií a procesů v budovách. Spojují samostatné technologie do jednoho funkčního celku. Komunikace probíhá pomocí datové sběrnice, díky čemuž mohou jednotlivé systémy mezi sebou komunikovat a ovlivňovat se. Uživatel ovládá pouze centrální systém, který dává impulzy ostatním. Tento systém poté umožňuje měření a regulaci topení, ovládání a řízení osvětlení, spínání ventilace, řízení pohonu okenních žaluzií, rolet, markýz, řízení pohonu dveří, atd.

Hlavní výhodou je komfort v ovládání a řízení spotřeby energie. Výhodnější řešení u velkých systémech. Možnost libovolného rozšíření celé inteligentní instalace a jednoduchost kabeláže. Nevýhodou je vyšší finanční náročnost u malých systémech [5].



Obrázek 2.2: Schéma inteligentní elektroinstalace. Převzato z [5]

⁹ EZS – Elektronický zabezpečovací systém

2.3 Vlastnosti inteligentních domů

Vytápění, chlazení, klimatizace, stínění

Všechny činnosti spolu úzce souvisejí. Jejich cílem je vytvoření optimálního prostředí pro obyvatele domu.

Na rozdíl od dnes nejběžnějšího způsobu vytápění, kdy je v domě pouze jeden termostat (nejčastěji v obývacím pokoji) sloužící k řízení teploty v celém domě, je komfortnější a ekonomičtější řídit vytápění v každé místnosti zvlášť, nezávisle na zbytku domu. V tomto případě je nutné měřit teplotu v každé místnosti a mít místo klasických, ručně ovládaných termoregulačních hlavice nebo ventilů elektricky ovládané. Také je nutné mít topný systém, který by regulaci po jednotlivých místnostech umožňoval.

Možnosti řízení:

- **Automatické nebo manuální přepínání** - Přepínání mezi různými režimy vytápění jako např. komfort, útlum, noc, protinámrazová ochrana. Automatické změny režimů pomocí detektoru přítomnosti osob, nastavení útlumu při zapnutém bezpečnostním systémem.
- **Časové programy** - nastaví požadovaný režim nebo přímo teplotu podle hodiny (ráno, noc, večer, doba kdy nikdo není doma) podle dne v týdnu (pracovní dny, volné dny) nebo podle přesného data (např. v době dovolené)
- **Dálkové ovládání** - např. v situaci, kdy přijdeme domů později
- **Vypnutí při otevřeném okně** - zamezení zbytečnému plýtvání

Tyto režimy mohou být společné pro celý dům, skupinu místností, nebo platí jen pro jedinou místnost.

Pro zajištění optimální výměny vzduchu (celý objem vzduchu v místnosti by se měl z hygienických důvodů vyměnit během dvou hodin) a nízké energetické náročnosti větrání je vhodné použít místo přirozeného větrání mechanické (nucené). Lze využít rekuperaci, kdy se vzduch přiváděný do budovy predehřívá vzduchem, který je odpadní. K získání údajů o kvalitě vzduchu lze využít snímače CO₂, vlhkosti, přítomnosti osob a v budoucnu snímače pachu. V místnostech s proměnlivou vlhkostí vzduchu jako je kuchyň nebo koupelna, je vhodné ve chvíli, kdy vlhkost stoupne nad určitou hodnotu, zajistit automatické zapnutí ventilátorů. Ventilátory mohou mít plynule regulovatelné otáčky, čímž se zajistí, že poběží v takové intenzitě, jaká je v dané situaci potřeba.

Klimatizace zahrnuje všemožné úpravy vzduchu, jako jsou filtrace, ohřev, chlazení, zvlhčování, odvlhčování. Může, ale nemusí zajišťovat větrání. Nejčastější využití je k chlazení. Cíle jsou víceméně stejné, jak již bylo zmíněno ve vytápění. Podstatným rozdílem je, že v první řadě je snaha o minimalizaci tepelných ztrát a maximalizaci tepelných zisků domu stavebními úpravami. Největší zisky bývají ze slunečního záření, a ty lze snížit pasivními prvky (např. žaluzie, folie, markýzy, antireflexní sklo).

V letním období je výhodnější využívat pasivní prvky, než energeticky náročnou klimatizaci. Nejúčinnější je regulovatelné clonící zařízení z vnějšku budovy, jako jsou např. venkovní žaluzie. Motorový pohon umožní nejen automatizaci, ale zároveň méně zatěžuje navijecí mechanismus, což prodlužuje jeho životnost.

Pokud stoupne teplota v domě nad stanovenou mez, může se provést automatické zastínění oken, pokud by bylo slunce delší dobu schované za mraky, může se zastínění zase odstranit. Zatažené rolety v noci navíc pomáhají snížit tepelné ztráty budovy, což je energeticky výhodné. Je-li tedy dům v režimu spánek, je výhodné automaticky zatahnout v celém domě [3].

Ohřev teplé vody

Velkého snížení výdajů za energie lze dosáhnout využitím solárních kolektorů k ohřevu teplé vody. V letních měsících lze pokrýt až 100% spotřeby, v celoročním průměru 50-60%. Stejným způsobem lze ohřívat bazénovou vodu. Pokud chceme, aby ihned tekla voda o požadované teplotě, musí být v rozvodu před baterií pořád teplá voda a toho dosáhneme její cirkulací pomocí čerpadla. Při cirkulaci vody se zvyšují tepelné ztráty a by měla být cirkulace řízena, např. pokud nikdo není doma nebo v noci, může být cirkulace vody zastavena [3].

Osvětlení

V místech, kde se lidé méně zdržují (např. sklep, chodba, schody) je pohodlné a také úsporné spínat osvětlení automaticky pomocí snímačů pohybu. Stejným způsobem lze vyřešit osvětlení příjezdové cesty nebo zahrady.

V místnostech s dlouhodobým výskytem osob může přinést energetickou úsporu regulace osvětlení s přizpůsobitelnou intenzitou svícení v závislosti na intenzitě denního světla. V noci může být příjemnější osvětlení s nižší intenzitou svícení [3].

Komunikace

U vstupní branky nebo dveří může být u zvonku navíc mikrofon s reproduktorem pro komunikaci s příchozími. Při propojení s domácí ústřednou v domě stisk zvonku vyvolá zvonění telefonů v domě. Přidáním videokamery, lze také vidět, kdo stojí přede dveřmi, ať už pomocí telefonu, televize nebo dotykového panelu [3].

Bezpečnost

Automatizaci aktivace lze např. provést uzamčením vchodových dveří. Alarm může být deaktivován zadáním číselného kódu nebo ověřením biometrických údajů. Poplach rozsvítí všechna světla v domě a na zahradě a přivolá bezpečnostní službu [3].

Komfort

Vyššího komfortu lze dosáhnout díky jednoduššímu a rychlejšímu ovládní, automatickému provádění rutinních činností a správnému nastavení podle očekávání obyvatel, případné změny jsou jednoduše proveditelné. Ovládní je možné pomocí počítače, mobilního telefonu, tabletu či televize. Internetová rozhraní umožňují vzdálenou vizualizaci s přenosem vizuálních informací a také vzdálené programování nebo servis [3].

3 Rozbor

Tato kapitola popisuje možné platformy a vybrané příslušenství pro realizaci systému sloužícího k regulaci vytápění. Další se zabývá typy bezdrátové komunikace, které jsou použitelné pro potřeby inteligentního řízení domácnosti. V poslední kapitole jsou rozebrány typy sériové komunikace, které lze využít při práci s těmito platformami.

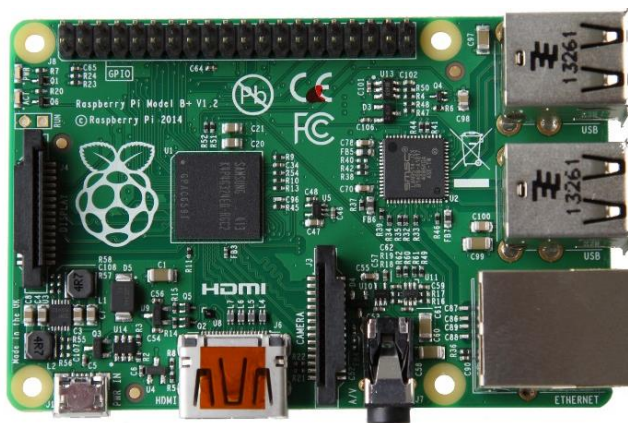
3.1 Jednodeskové počítače

Jednodeskové počítače jsou levná zařízení s malými rozměry a nízkou spotřebou. Operačním systémem je většinou speciální linuxová distribuce. Díky těmto vlastnostem mohou sloužit k řízení domácnosti, ovládání kamery, přehrávání multimédií a dalším účelům.

3.1.1 Raspberry Pi

Raspberry Pi je levný, velmi rozšířený, jednodeskový počítač s rozměry 85mm x 56mm, který je vyvíjen britskou nadací Raspberry Pi Foundation. Primárním cílem je rozšíření počítačové gramotnosti ve světě, ale lze použít i jako plnohodnotný počítač.

Počítač obsahuje ARM procesor a podporuje HDMI, USB a paměťové karty. Paměťová karta poté slouží jako hlavní uložení. Jako operační systém lze využít upravenou distribuci Linuxu Raspbian, která je založena na Debianu.



Obrázek 3.1: Raspberry Pi B+. Převzato z [6]

Od vzniku prvního Raspberry Pi již prošlo zařízení určitým vývojem, a proto existuje na trhu několik variant:

- **Raspberry Pi 1 B+** - obsahuje jednovádrový ARM procesor Broadcom BCM2835 700MHz, grafický procesor VideoCore IV s podporou OpenGL ES 2.0, 512MB RAM, 4 USB 2.0, Ethernet 10/100 s konektorem RJ45, slot na micro SD kartu
- **Raspberry Pi 2 B** - obsahuje čtyřjádrový ARM procesor Broadcom BCM2836 900MHz, grafický procesor VideoCore IV s podporou OpenGL ES 2.0, 1024MB RAM, 4 USB 2.0, Ethernet 10/100 s konektorem RJ45, slot na micro SD kartu
- **Raspberry Pi 3 B** - obsahuje čtyřjádrový ARM procesor Broadcom BCM2387 1200MHz, grafický procesor VideoCore IV s podporou OpenGL ES 2.0, 1024MB RAM, 4 USB 2.0, Ethernet 10/100 s konektorem RJ45, 802.11 b/g/n Wi-Fi, Bluetooth 4.1, slot na micro SD kartu

Všechny varianty mají zvukový výstup v podobě 3,5mm sluchátkového konektoru nebo HDMI a video výstup skrz kompozitní video kabel nebo HDMI [6].

Základní rozhraní Raspberry Pi sloužící pro připojení příslušenství:

GPIO (General-purpose input/output) – vstupně výstupní piny, které lze naprogramovat.

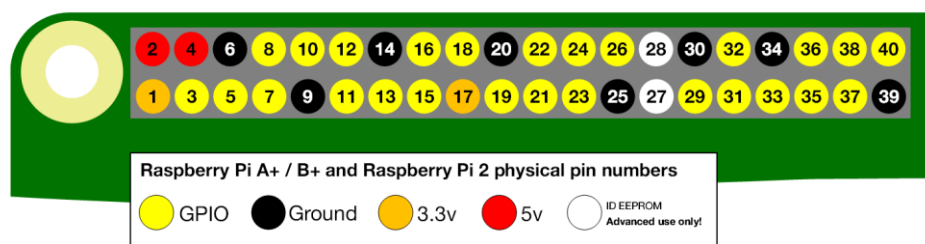
Umožňují zápis nebo čtení jak analogového, tak digitálního signálu. Slouží k připojení dalších zařízení nebo přídavných modulů k Raspberry Pi.

CSI (Camera Serial Interface) – slouží pro připojení kamery

DSI (Display Serial Interface) – slouží pro připojení externího displeje

GPIO konektor

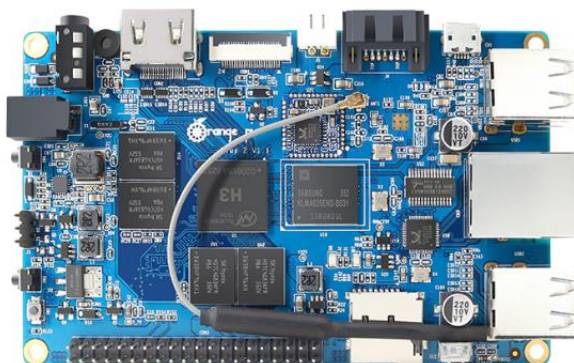
Konektor GPIO obsahuje 40 pinů, z nichž je 17 pinů standardně vstupně výstupních. Dále se zde nacházejí dva piny pro UART (viz 3.4.3), dva piny pro I2C (viz 3.4.2), 5 pinů pro SPI (viz 3.4.1), dva výstupy s napětím 3,3V, dva s 5V a zem. Při používání jakéhokoliv pinu je nutné si dávat pozor na napěťové úrovně signálů, protože jsou připojeny bez ochrany přímo na čip a ten snese napětí maximálně 3,3V. V případě zapojení napětí vyššího než 3,3V by mohlo dojít k poškození Raspberry Pi [7].



Obrázek 3.2: GPIO konektor Raspberry Pi. Převzato z [7]

3.1.2 Orange Pi Plus2

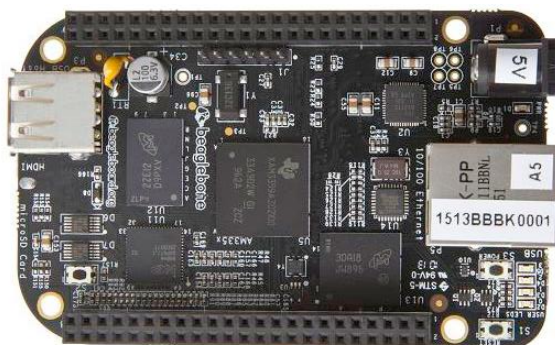
Jedná se o jednodeskový počítač podporující operační systémy Android 4.4, Ubuntu, Debian nebo Raspberry Pi Image. Využívá AllWinner H3 SoC a má 2GB RAM. Jako uložení slouží 16GB integrovaná paměť, která lze rozšířit pomocí micro SD karty o velikosti až 64 GB nebo externího harddisku o velikosti až 2TB. Pro připojení externího harddisku slouží SATA 2.0 (3Gb/s) či USB 2.0 (480Mb/s). Obsahuje také Wi-Fi a Gigabitový Ethernet RJ45. Pro připojení dalších zařízení nebo přídatných modulů je zde 40 GPIO pinů, které jsou podle výrobce kompatibilní s Raspberry Pi B+. Pro připojení audia a videa slouží HDMI nebo 3,5mm jack [8].



Obrázek 3.3: Orange Pi Plus2. Převzato z [10]

3.1.3 BeagleBone Black

BeagleBone je levný jednodeskový počítač se srovnatelným výkonem jako Raspberry Pi B+. Dostupné operační systémy pro BeagleBone Black jsou Debian, Android, Ubuntu atd. Obsahuje jednojádrový ARM procesor Sitara AM335x 1GHz, grafický procesor PowerVR SGX530, 512MB DDR3L RAM a integrovanou eMMC paměť s kapacitou 4GB, 2x PRU¹¹ 32-bit mikrokontrolér, čtečku micro SD karet, USB, Ethernet a 2x 46 GPIO pinů (UART, PWM, LCD, GPMC, MMC1, SPI, I2C, ADC, CAN, časovač), HDMI [9].



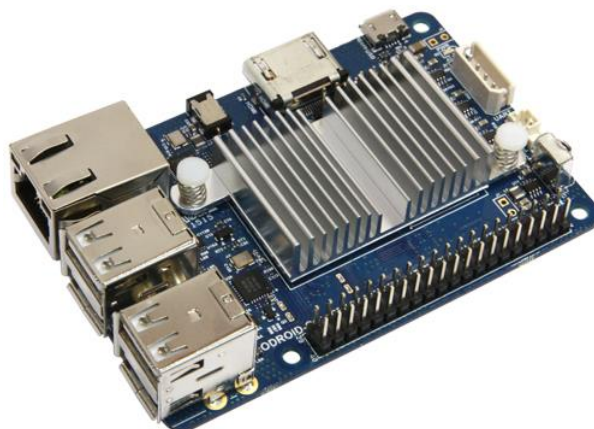
Obrázek 3.4: Beaglebone Black. Převzato z [9]

¹⁰ <http://www.aliexpress.com/>

¹¹ PRU – Programmable Real-Time Unit

3.1.4 Odroid-C1+

Podporovanými operačními systémy jsou Ubuntu a Android, Fedora, ARCHLinux a další. Obsahuje čtyřjádrový ARM procesor 1,5GHz, grafický procesor Mali-450 MP2, 1GB DDR3 SDRAM, slot na micro SD kartu, eMMC, 4x USB 2.0, USB OTG¹², HDMI, 40 GPIO pinů (I2C, SPI, UART, ADC), 7 I2S pinů a IR přijímač. Pro připojení k internetu obsahuje Gigabitový Ethernet RJ45 [10].



Obrázek 3.5: Odroid-C1+. Převzato [10]

3.1.5 Banana Pi

Banana Pi je jednodeskový počítač, s menším počtem podporovaných operačních systémů v porovnání s ostatními alternativami. Mezi oficiálně podporované patří Linux, Raspbian a Android. Obsahuje dvoujádrový ARM procesor Allwinner A20 1GHz, grafický procesor Mali-400MP2, 1GB DDR3 DRAM, čtečku micro SD karet, SATA konektor, HDMI, Gigabitový Ethernet, 2x USB 2.0, 26 GPIO pinů, SCI, DSI, IR přijímač a GPIO piny s funkcemi UART, I2C, SPI, CAN, ADC, PWM [11].



Obrázek 3.6: Banana Pi. Převzato z [11]

¹² USB OTG – USB On-The-Go

3.2 Příslušenství

3.2.1 Raspberry Pi displej

Oficiální 7 palcový kapacitní displej s řídicí deskou umožňující rozpoznat až 10 dotyků s rozlišením 800 x 480 /60Hz, rozměry 194 x 110 x 20mm a hmotností 277 gramů. Připojení je možné pomocí HDMI, DPI, DSI a DBI. Displej umožňuje připevnění Raspberry Pi na zadní stranu. Napájení lze řešit externím 5V (alespoň 500mA) zdrojem nebo využitím napájení Raspberry Pi [6].



Obrázek 3.7: Oficiální displej k Raspberry Pi. Převzato z [10]

3.2.2 Digitální teploměr DS18B20

Jedná se o One-Wire senzor pro měření teploty, což znamená, že mít potřebuje pouze jeden datový vodič. Každé zařízení má přiděleno 64-bitový sériový kód uložený v ROM¹³, což umožňuje připojení více senzorů na jednu sběrnici. Umožňuje měření teplot od -55°C až do $+125^{\circ}\text{C}$ s přesností $0,5^{\circ}\text{C}$. Digitální čidlo vrací teplotu přímo hodnotou, takže není nutný její přepočet. Konfigurační registr umožňuje nastavení přesnosti teploty na 9-12 bitů. Digitální výstup z teplotního senzoru je uložen ve 2 registrech jako 16-bitové znaménkové číslo [12].



Obrázek 3.8: Digitální teploměr DS18B20. Převzato z [14]

¹³ ROM – Read Only Memory

¹⁴ <http://www.santy.cz/>

3.2.3 Bluetooth modul BTM-112

Snadno dostupný Bluetooth modul, který je možné ovládat prostřednictvím sériové asynchronní linky typu UART. Může být konfigurován do funkce master i slave. Podporuje připojení až 7 zařízení v režimu slave. Ve volném prostoru lze dosáhnout spolehlivého přenosu až na vzdálenost 100m. Pro komunikaci s modulem se využívá sada SPP AT povelů, viz datasheet [13].



Obrázek 3.9: Bluetooth modul BTM-112. Převzato z [15]

3.2.4 Modul Bluetooth relé

Modul Bluetooth relé s jedním výstupem se střídavým sepnutím a rozepnutím. Modul se skládá z externího zdroje napájení, mikroprocesoru, Bluetooth modulu a relé. Zařízení obsahuje notificační diody, které signalizují, zda je zařízení spuštěno, stav párování a zda je relé sepnuto.



Obrázek 3.10: Bluetooth relé

¹⁵ <http://pandatron.cz/?shop>

3.3 Bezdrátová komunikace

Jedním z cílů práce je použití bezdrátové komunikace pro ovládání vytápění. Tato kapitola se zabývá energeticky nenáročnými bezdrátovými technologiemi použitelnými k tomuto účelu.

3.3.1 Bluetooth

Základem vytvoření Bluetooth byla snaha o vytvoření levného a energeticky nenáročného bezdrátového spojení na krátkou vzdálenost, která by nahradila množství datových kabelů s různými konektory od různých výrobců.

Komunikace probíhá v bezlicenčním pásmu ISM 2400MHz až 2483,5MHz. Komunikační kanály jsou od sebe vzdáleny 1MHz. Za účelem potlačení interference s dalšími signály v pásmu ISM se používá metoda kmitočtových skoků (frequency hopping) s nominální rychlostí 1600 skoků/s. Vysílač mění frekvenci po každém přenosu a příjmu, čímž je zajištěna větší kvalita spojení. Data jsou přenášena v asynchronním módu (symetricky s rychlostí 432,6kbit/s oběma směry nebo asymetricky jedním směrem 723kb/s a druhým směrem 57,6kb/s). Pro přenos hlasu se používá synchronní spojově orientované spojení s přenosovou rychlostí 64kb/s. Reálná přenosová rychlost je závislá na počtu jednotek, se kterými probíhá komunikace. Standard Bluetooth rozlišuje dva stavy, stav Master (nadrízený) a Slave (podřízený). Podle specifikace Bluetooth může zařízení Master komunikovat až se sedmi zařízeními ve stavu Slave. Maximální dosah se liší podle třídy (class), které jsou definovány podle maximálního výstupního výkonu. Class 1 s dosahem 100m a maximálním výkonem 100mW, Class 2 s dosahem 50m a max. 2,5mW a Class 3 s dosahem 10m a max. výkonem 1mW [14].

3.3.2 ZigBee

Bezdrátový standard, který je určen pro průmyslovou automatizaci, automatizaci budov a spotřební elektroniku byl ve verzi 1.0 schválen v roce 2004. Vytváří topologii sítě typu Mesh, kde každé zařízení je schopné nejen přijímat, ale také vysílat řídicí příkazy. Komunikace probíhá v pásmu 2,4GHz s maximální přenosovou rychlostí 250kb/s. V praxi se ukázaly nedostatky při implementaci rozsáhlých sítí obsahujících větší množství zařízení a tak se začal v roce 2005 připravovat inovovaný standard ZigBee 1.1 nebo také ZigBee 2006. V roce 2007 byla vydána nová verze ZigBee PRO, která zjednodušila provoz velkých sítí a snížila spotřebu [15]. V současnosti je ve vývoji ZigBee 3.0¹⁶.

¹⁶ <http://www.zigbee.org/>

3.3.3 Z-Wave

Bezdrátová komunikační technologie pro potřeby domácích zařízení jako jsou termostaty, čidla, osvětlení nebo klimatizace s nízkou spotřebou. Komunikace probíhá ve vyhrazeném pásmu, takže nedochází k rušení např. s Wi-Fi, Bluetooth.

Z-Wave stejně jako ZigBee vytváří topologii sítě typu Mesh, kde každé zařízení je schopné nejen přijímat, ale také vysílat řídicí příkazy. Každý článek tak dokáže sledovat a řídit práci jiných modulů a zároveň komunikovat s centrální jednotkou [16]. Bylo navrženo speciálně pro ovládání a získávání stavu aplikací. Maximální přenosová rychlost je 100kb/s se šifrováním AES128¹⁷.

3.4 Sériová komunikace

3.4.1 SPI

Serial Peripheral Interface je rozhraní sloužící pro vzájemné propojení dvou nebo více komunikujících zařízení, které je jednoduché na implementaci. Jedno ze zařízení zastává roli mastera a řídí komunikaci, ostatní uzly zastávají roli slave. Zařízení v roli mastera určuje, s jakým zařízením bude komunikovat. Generuje hodinový signál, který zajišťuje synchronní obousměrný přenos dat (full-duplex). Data jsou přenášena dvojicí vodičů MISO¹⁸ a MOSI¹⁹. Použitelné pouze na krátkou vzdálenost, kvůli nutnosti přenosu hodinového signálu a neexistenci potvrzení o přijetí dat [17].

3.4.2 I2C

Inter-Integrated Circuit, je rozhraní využívající ke komunikaci pouze dva vodiče, z nichž jeden vodič slouží k přenosu dat (SDA) a druhý k přenosu synchronizačního signálu (SCL). Použití přenosu dat po jednom vodiči znamená, že data se mohou v jednu chvíli přenášet jen jedním směrem (half-duplex). Není zde použit výběr zařízení pro komunikaci, protože každé zařízení může mít přiřazenu jednoznačnou adresu, která má 7 nebo 10 bitů. Umožňuje komunikaci i na delší vzdálenost v řádu metrů [18].

3.4.3 UART

UART (Universal asynchronous receiver/transmitter) je jednotka sloužící k sériové komunikaci. Bajty ze zdrojového zařízení jsou vysílány po jednotlivých bitech sekvenčním způsobem. V cílovém zařízení jsou přijaté bity převedeny do výsledných bytů. Asynchronní přenos umožňuje přenos dat bez posílání hodinového signálu, namísto toho mají obě strany své vlastní hodiny, které se synchronizují pomocí speciálních bitů. Zařízení, která spolu chtějí komunikovat, se musí předem dohodnout na přenosové rychlosti a počtu datových bitů [19].

¹⁷ <http://z-wavealliance.org/>

¹⁸ MISO - Master In, Slave Out

¹⁹ MOSI - Master Out, Slave In

4 Specifikace zadání a návrh řešení

Tato kapitola specifikuje zadání a definuje cíle práce. Popisuje návrh systému pro regulaci teploty v domácnosti a návrh aplikace, která bude na základě měření teploty v místnosti bezdrátově ovládat vytápění v domácnosti.

4.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je vytvořit systém pro regulaci teploty v domácnosti s využitím snadno dostupné platformy. Tento systém bude k ovládání vytápění používat bezdrátovou komunikaci. Zobrazení důležitých informací a nastavení systému bude možné prostřednictvím připojeného dotykového displeje.

Řešení této práce se bude zabývat systémem pro regulaci teploty se snímáním aktuální teploty v největší místnosti domu. Jako řídicí jednotka celého systému bude sloužit Raspberry Pi. K Raspberry Pi bude připojen teplotní senzor DS18B20, který bude sloužit k měření teploty v místnosti. Dále bude připojen Bluetooth modul BTM-112 sloužící ke komunikaci s Bluetooth relé, které bude na základě komunikace zapínat nebo vypínat vytápění v domácnosti. Připojený oficiální dotykový displej pro Raspberry Pi bude sloužit k zobrazení aplikace a uživatelskému nastavení požadovaných teplot v daných časech.

4.2 Návrh systému

Základem systému pro regulaci teploty je jednodeskový počítač Raspberry Pi s operačním systémem Raspbian. Výhodou Raspberry Pi je jeho oblíbenost a relativně velká vývojářská komunita a také kompatibilita s teplotním senzorem DS18B20 a Bluetooth modulem BTM-112. Díky vývojářské komunitě je v případě potíží většinou možné nalézt již existující řešení. Pokud by měl tento systém v budoucnu používat k nějakému účelu externí disk, bylo by vhodnější zvolit platformu vybavenou sběrnici SATA, která nabízí vyšší rychlost přenosu dat než USB 2.0 a případně vybavenou Ethernetem 1Gb/s.

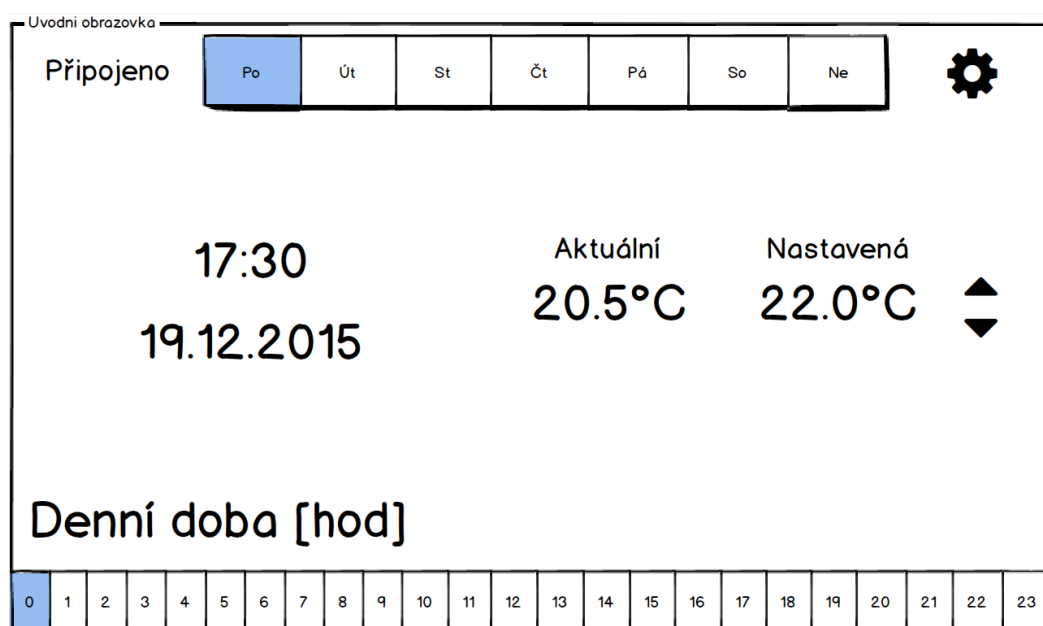
K tomuto počítači bude připojen dotykový displej s úhlopříčkou 7 palců s kapacitní dotykovou vrstvou. Displej s kapacitní dotykovou vrstvou umožňuje přesnější ovládání prstem, než displeje s odporovou dotykovou vrstvou. Zároveň je zde jistota kompatibility s Raspberry Pi. Tento displej bude připojen přes DSI²⁰ a bude sloužit k zobrazení a ovládání aplikace.

²⁰ DSI – Display Seriál Interface

Přes GPIO²¹ konektor Raspberry Pi bude připojen digitální teploměr DS18B20 sloužící ke snímání pokojové teploty. Data získaná z teploměru budou porovnávána s aktuálně nastavenou požadovanou teplotou a danou teplotní hysterezí. Na základě těchto dat bude prostřednictvím Bluetooth modulu BTM-112, také připojeného přes GPIO konektor, probíhat komunikace s Bluetooth relé, které bude zapínat nebo vypínat vytápění v domácnosti.

Důležitým předpokladem aplikace je jednoduchost a přehlednost. Musí umět zobrazit všechny potřebné informace a zároveň by měla být jednoduše použitelná. Aplikace bude rozdělena na dvě okna. První okno bude sloužit k zobrazení základních informací a druhé k nastavení požadované denní a noční teploty pro uživatelem předdefinované období.

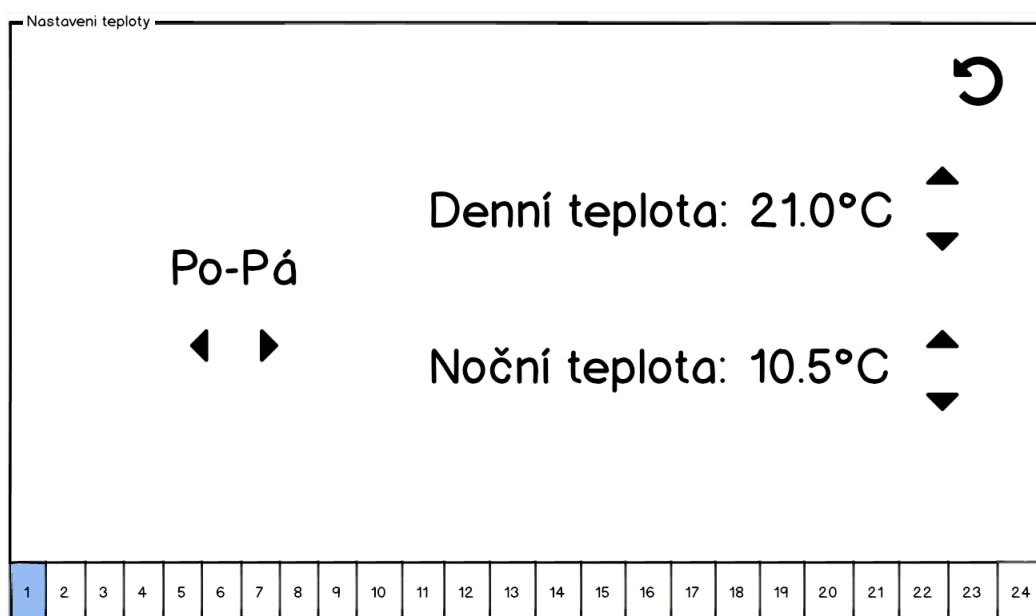
Hlavní okno tedy bude zobrazovat základní informace: aktuální den v týdnu, čas, datum, aktuální teplotu a aktuálně nastavenou teplotu s možností změny a zobrazení nastavených teplot pro aktuální den. Stiskem šipky nahoru/dolů (pravá strana) bude možná dočasná změna nastavené teploty. Tato teplota bude prioritní a bude nastavena do konce aktuální hodiny. V tomto okně bude také v levém horním rohu zobrazeno, zda je systém spojen s Bluetooth zařízením a v pravém horním rohu bude umístěna ikona, která bude sloužit k přechodu do okna s nastavením.



Obrázek 4.1: Návrh hlavního okna

²¹ GPIO – General Purpose Input/Output

Okno s nastavení teploty umožní nastavit program pro dny v týdnu (Po-Pá), sobotu (So) a neděli (Ne) po jednotlivých hodinách. Nastavení teplot pro denní a noční režim bude mít rozsah od 5°C do 30°C a půjde nastavovat po 0,5°C. Kliknutím na určitou hodinu ve spodní části aplikace se provede změna pro danou hodinu z denní teploty na noční teplotu nebo naopak. Údaje o nastavení budou po návratu do hlavního okna uloženy do souboru ve formátu XML. V případě vypnutí aplikace tedy nedojde ke ztrátě uživatelem nastaveného programu. Čas aplikace bude nastaven podle systémového času Raspberry Pi. Nevýhodou je, že Raspberry Pi neobsahuje hodiny reálného času, takže je nutné mít (alespoň při spuštění aplikace) kvůli synchronizaci času připojení k internetu.



Obrázek 4.2: Návrh okna s nastavením teploty

5 Sestavení a implementace

V této kapitole bude podrobně rozebráno sestavení a softwarové řešení systému pro řízení teploty v domácnosti. Softwarové řešení je rozděleno na část backend a část frontend. Backend část je implementována v C++ s využitím vývojového frameworku Qt 4.8.6 a část frontend řešící tvorbu grafického uživatelského rozhraní využívá modul Qt Quick 1.1 standardní knihovny pro psaní QML aplikací.

5.1 Sestavení

Nejdůležitějším prvkem celého zařízení je jednodeskový minipočítač Raspberry Pi 1 B+. Jako hlavní uložisko slouží micro SD karta, na kterou je potřeba nainstalovat operační systém. Jako uložisko jsem si zvolil 8GB micro SD kartu značky Kingston. Doporučena je paměťová karta o kapacitě minimálně 4GB, také je lepší vybrat si rychlejší kartu, protože pomalejší by brzdila pozdější práci s počítačem.

Další komponentou je displej. Nejprve je nutné vyřešit napájení displeje.

Na výběr jsou tři možnosti²²:

- Samostatný zdroj napájení
- Propojení „PWR OUT“ na desce displeje s Raspberry Pi
- Propojení pomocí GPIO

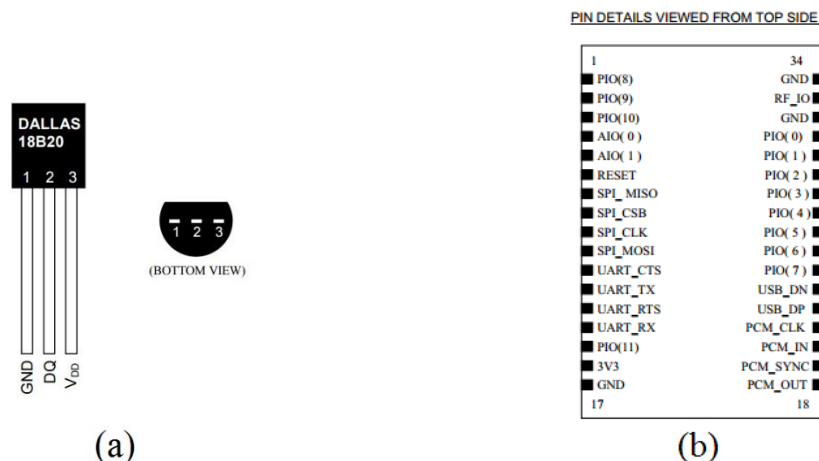
Vybral jsem třetí variantu, při které je jsem spojil GND na desce displeje s 9. pinem na Raspberry Pi a napájení 5 V s 2. pinem (viz Obrázek 3.2). Poté se spojí displej s Raspberry Pi pomocí DSI²³. Po aktualizaci systému a restartu zařízení, by mělo Raspberry Pi detekovat dotykový displej a použít jej jako výchozí.

Zapojení digitálního teplotního senzoru Dallas 18b20²⁴ je možné provést např. spojením pinu 1 (modrá) na teplotním senzoru s pinem GPIO/6 (GND) na Raspberry Pi, spojením pinu 2 (bílá) s GPIO/7 (GPIO4) a spojením pinu 3 (červená) na teplotním senzoru s pinem GPIO/1 (3V3) na Raspberry Pi. Mezi pinem 1 a pinem 3 teplotního senzoru je umístěn rezistor 4k7. Zapojení teplotního senzoru vychází ze zapojení doporučeného výrobcem. Číslování pinů viz Obrázek 3.2 a Obrázek 5.1 (a).

²² <https://www.raspberrypi.org/blog/the-eagerly-awaited-raspberry-pi-display/>

²³ DSI – Display Serial Interface

²⁴ Datasheet: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/530/067/ds18b20-datasheet-1.pdf>



Obrázek 5.1: Rozložení pinů: (a) DS18B20. Převzato z [12] a (b) BTM-112. Převzato z [13]

Bluetooth modul BTM-112 je možné připojit spojením pinu 12 (UART_TX) na Bluetooth modulu s pinem GPIO/8 (UART) na Raspberry Pi, spojením pinu 13 (UART_RX) s pinem GPIO/10 (UART) a pin 17 (GND) s pinem GPIO/14 (GND). Číslování pinů viz Obrázek 5.1 (b).

5.2 Instalace systému

Pro Raspberry Pi jsem zvolil oficiálně podporovaný operační systém Raspbian verze 8. Raspbian je svobodný oficiálně podporovaný operační systém, který je optimalizován pro provoz na Raspberry Pi a je založen na Debianu. Existuje mnoho dalších alternativních systémů jako „Ubuntu MATE“, „Windows 10 IoT“ a další²⁵.

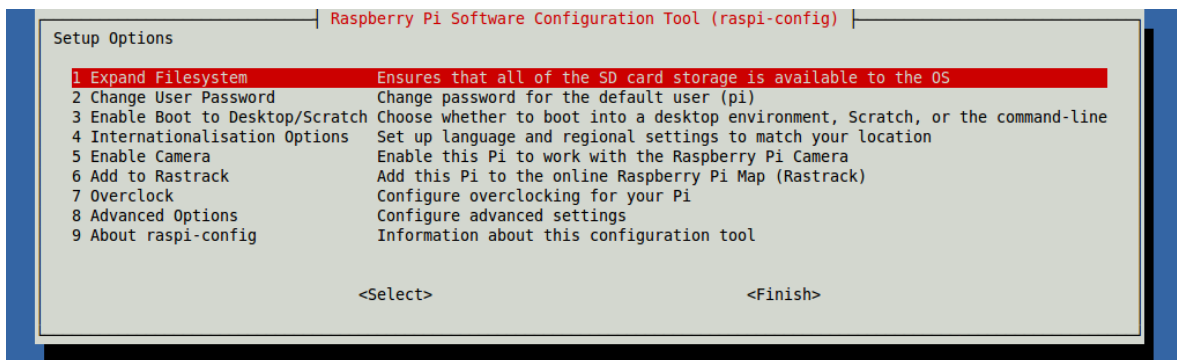
Instalaci lze provést buď pomocí nástroje NOOBS nebo nahráním obrazu systému na kartu např. s použitím programu „Win32 Disk Imager“. Vybral jsem instalaci pomocí nástroje NOOBS, který slouží pro stažení Raspbianu, ale i alternativních operačních systémů a jeho následné instalaci na zformátovanou paměťovou kartu. K instalaci je nutné mít myš, klávesnici, zobrazovací zařízení, napájecí adaptér s micro-USB konektorem (5 V, 700 mA) a připojení k internetu. Po instalaci systému se zobrazí nastavení raspi-config (viz Obrázek 5.2). V tomto nastavení lze expandovat souborový systém, změnit uživatelské heslo výchozího uživatele, zapnutí grafického režimu, rozložení klávesnice, přetaktování procesoru a další.

Důležitou položkou tohoto menu je povolení používání SSH²⁶ protokolu, který lze využívat pro vzdálenou správu zařízení. Toto menu lze také později vyvolat příkazem.

raspi-config

²⁵ <https://www.raspberrypi.org/downloads/>

²⁶ Výchozí uživatelské jméno: „pi“ a heslo: „raspberrypi“



Obrázek 5.2: Konfigurační nástroj raspi-config. Převzato z [6]

Grafické rozhraní lze spustit použitím příkazu.

```
startx
```

Po nainstalování systému je možné přejít ke stažení a instalaci Qt 4.8.6 a případně i Qt Creatoru. Qt Creator je multiplatformní vývojové prostředí s podporou C++, QML a JavaScript.

```
sudo apt-get install qt4-dev-tools
sudo apt-get install qtcreator
```

Qt Creator sice lze po nainstalování a následném nastavení používat, ale využití tohoto prostředí na Raspberry Pi 1 B+ není, pravděpodobně z nedostatku výkonu, použitelné.

5.2.1 Nastavení teplotního senzoru

Pro načítání dat z teplotního senzoru DS18B20 po každém startu Raspberry Pi je potřeba přidat na konec souboru `/boot/config.txt` řádek. Pro otevření poslouží `sudo nano /boot/config.txt`.

```
dtoverlay=w1-gpio
```

Následovně je potřeba zadat do terminálu příkazy pro načtení ovladačů.

```
sudo modprobe w1-gpio
sudo modprobe w1-therm
```

Poté teplotní senzor periodicky zapisuje do souboru `w1_slave` umístěného `/sys/bus/w1/devices/id_senzoru/`.

```
cd /sys/bus/w1/devices/28-000002da8786/
cat w1_slave
```

Formát výstupu, kde teplota je znázorněna jako `t=21812`, což odpovídá hodnotě 21,812°C.

```
5d 01 00 01 7f ff 03 10 b9 : crc=b9 YES
5d 01 00 01 7f ff 03 10 b9 t=21812
```


5.2.2 Nastavení Bluetooth modulu

Pro zajištění komunikace Bluetooth modulu BTM-112 na Raspberry Pi s Bluetooth relé je potřeba nastavit automatické spojení zařízení po startu Raspbianu. Ovládání modulu BTM-112 probíhá prostřednictvím sériové asynchronní linky typu UART a pro nastavení se používá sada AT povelů, viz [13].

Postup nastavení:

Stažení a instalace programu *minicom* pro komunikaci s BT modulem.

```
sudo apt-get install minicom
```

Připojení k BT modulu s využitím programu *minicom*.

```
minicom -b 19200 -o -D /dev/ttyAMA0
```

Nastavení BT modulu připojeného k Raspberry Pi použitím AT povelů do role mastera.

```
ATR0
```

V případě potřeby změny hesla jej lze nastavit příkazem. Ve výchozím nastavení je heslo *1234*.

```
ATP=heslo
```

Vyhledání existujících Bluetooth zařízení v okolí s výstupem.

```
ATF?
```

```
1 Seríál Adaptor 0012-6F-9E26D8 SPP
```

Nastavení slave zařízení, které bude automaticky vyhledáváno.

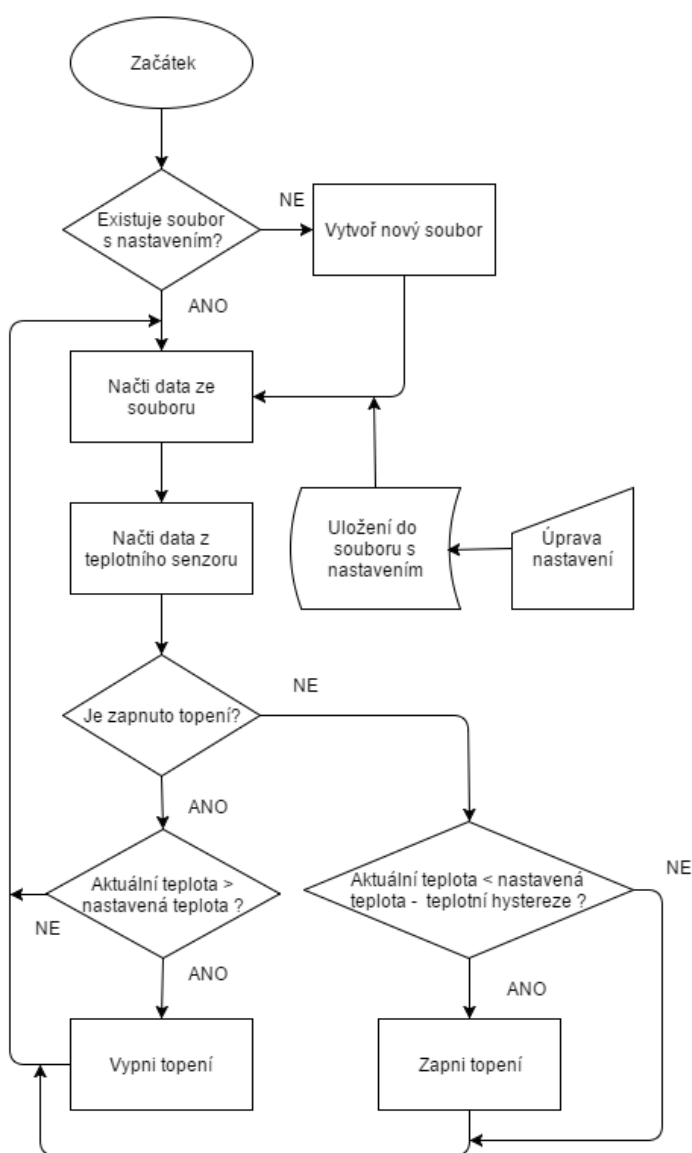
```
ATD=00126F9E26D8
```

Pokud je zařízení v roli master, lze mu nastavit automatické připojování k přiřazenému zařízení v roli slave, pokud takové zařízení existuje. Pokud neexistuje přiřazené zařízení, pokusí se připojit k libovolnému dostupnému zařízení. Protože je přiřazené zařízení nastaveno, bude se zařízení v roli master, po zadání následujícího příkazu, snažit o připojení k nastavenému zařízení v roli slave:

```
AT00
```

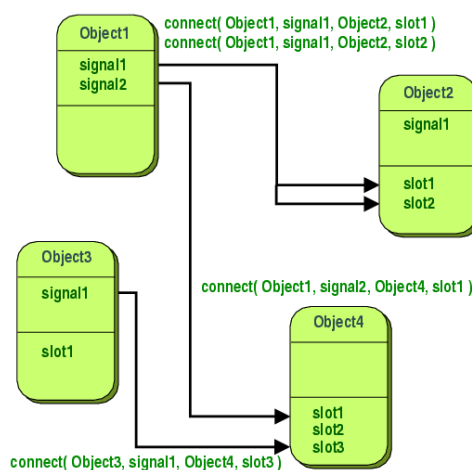
5.3 Implementace aplikace

Na Obrázek 5.3 je zobrazen vývojový diagram aplikace pro řízení teploty v domácnosti. Při spuštění dojde k inicializaci a kontrole, zda existuje soubor s nastavením. Pokud soubor neexistuje, dojde k vytvoření nového souboru XML v požadovaném formátu. Následně dochází k načítání dat s nastavením pro jednotlivé časy pro dny v týdnu, sobotu, neděli a požadované hodnoty pro denní a noční režim a také k načítání dat z teplotního senzoru. Hodnota aktuální teploty je porovnána s nastavenou hodnotou pro aktuální hodinu a zjišťuje se, zda má být poslán povel přes Bluetooth pro sepnutí nebo rozepnutí relé. Kdykoliv za běhu aplikace může dojít ke změně nastavených dat v souboru, na základě uživatelem zadaných hodnot. K ukládání dat do souboru dochází při návratu na hlavní okno.



Obrázek 5.3: Vývojový diagram aplikace

Drobnou překážkou je použití C++ dat z QML kódu. Pro volání metody z grafické části aplikace je potřeba vytvořit objekt dané třídy a jeho následné nastavení jako kontext do QML objektu, použitím metody `setContextProperty()`, ze kterého se bude metoda volat. Vytvoření objektů a nastavení kontextů je umístěno v souboru `main.cpp`. Hlavním komunikačním prostředkem mezi objekty jsou signály a sloty tzv. „Signals & Slots“. V případě určité události může být vyslán signál, na který může zareagovat na něj napojený slot. Například se při kliknutí na okno *OtevřítNastavení* zavolá příslušná metoda `openSettings()`, další využití je při změně zobrazovaných dat po otevření okna. Pro použití signálů a slotů je potřeba provést jejich spojení metodou `connect()`. Tímto způsobem může být napojeno na jeden signál i větší množství slotů. Qt obsahuje mnoho předdefinovaných signálů a slotů, které lze využít, případně je umožněno naimplementovat si signály nebo sloty vlastní. Tato možnost je využita například při otevření okna s nastavením, tak při jeho zavření s následným uložením dat do souboru. Pro komunikaci mezi C++ a QML je možné využít nejen signály a sloty, ale i metody s využitím makra `Q_INVOKABLE`, které mohou být po označení a nastavení kontextu, volány přímo z QML.



Obrázek 5.4: Signály a Sloty. Převzato z [27]

Backend část aplikace je tvořena šesti třídami. Tyto třídy obstarávají komunikaci využívající Bluetooth, zjišťování aktuálního dne, načítání a ukládání do souboru typu XML, načítání aktuálně nastavené teploty, přepínání mezi časovými intervaly a čtení dat z teploměru.

Z frontend části jsou nejdůležitější dva QML soubory, které popisují grafické uživatelské rozhraní hlavního okna a okna s nastavením požadovaných teplot v průběhu týdne. Hlavní okno je popsáno v souboru `app.qml` a okno s nastavením v `settings.qml`. Použité ikony jsou převzaty z balíku ikon „Material icons“²⁸ od společnosti Google.

²⁷ <http://doc.qt.io/qt-4.8/signalsandslots.html>

²⁸ <https://design.google.com/icons/>

5.3.1 Zpracování souboru XML

Pro práci se souborem XML slouží třída *ParseXml*. Soubor XML slouží k ukládání a načítání perzistentních dat souvisejících s nastavením aplikace uživatelem. Bez ukládání těchto dat, by aplikace po vypnutí ztratila nastavení denních a nočních teplot v průběhu týdne. Pro práci s XML formátem je využita třída `<QXmlStreamWriter>` a modul `<QtXml>`. Nejdůležitějšími metodami třídy pro práci s tímto souborem jsou metody pro vytvoření souboru *createXmlFile()*, načtení dat ze souboru *loadFile()* a uložení dat do souboru *saveToXml()*. V případě, že soubor s daty neexistuje, zavolá se metoda *createXmlFile()* a vytvoří nový soubor s předdefinovaným nastavením, které je následně nutné upravit v aplikaci, jinak je zavolána metoda *loadFile()*, která načte nastavení denní a noční teploty pro jednotlivé hodiny pro dny v týdnu, sobotu a neděli a jejich hodnotu. Metoda *saveToXml()* je volána při stisku tlačítka pro návrat na hlavní obrazovku na obrazovce s nastavením.

5.3.2 Zpracování dat z DS18B20

Čtení dat z teplotního senzoru obstarává třída *ActTemp*. Čtení je prováděno každou sekundu. Tato doba je dostatečná pro daný účel i pro sledování změny teploty na displeji. Pro zjištění teploty z teplotního senzoru je nejprve nutné mít hotovo nastavení teplotního senzoru, které je popsáno v kapitole 5.2.1. Následně proběhne kontrola, zda je teplotní senzor připojen. Pokud je teplotní senzor připojen pokračuje se otevřením složky `/sys/bus/w1/devices/28-000002da8786/` ve které se nachází soubor `w1_slave`. Z tohoto souboru je dále získána hodnota ve °C a vyslán signál o změně teploty, po kterém proběhne porovnání aktuální teploty v místnosti s nastavenou teplotou pro aktuální hodinu.

5.3.3 Komunikace prostřednictvím Bluetooth

Komunikaci prostřednictvím Bluetooth obstarává třída *Bt*, která pro komunikaci s Bluetooth modulem BTM-112 využívá knihovnu `termios.h`. Nejdůležitějšími metodami jsou *check()*, *changeValue()* a *readBtBuffer()*. Pro započatí komunikace je nutné vyřešit spárování Bluetooth zařízení a jejich automatické spojení mimo aplikaci, viz kapitola 5.2.2. Metoda *check()* porovnává aktuální teplotu s nastavenou a stavem Bluetooth relé. Na základě porovnání je volána *changeValue()*. Metoda *changeValue()* pošle zprávu prostřednictvím modulu BTM-112 do Bluetooth relé, která změní jeho stav. Odesílání zpráv prostřednictvím Bluetooth modulu BTM-112 umístěného na Raspberry Pi je využíváno při ovládání vytápění prostřednictvím Bluetooth relé nebo při zjišťování zda se vytápí, např. po zapnutí aplikace, nebo po přerušení spojení. Použité Bluetooth relé přijímá pouze jeden typ zprávy (přepnutí relé od opačného stavu). Bluetooth relé po přijetí očekávané zprávy odpoví zprávou obsahující bajt, kterým oznamuje, zda je relé sepnuto nebo rozepnuto. Po spojení zařízení je nutné v určitých případech poslat zprávy dvě. První pro zjištění stavu Bluetooth relé a druhou pro přepnutí do požadovaného stavu.

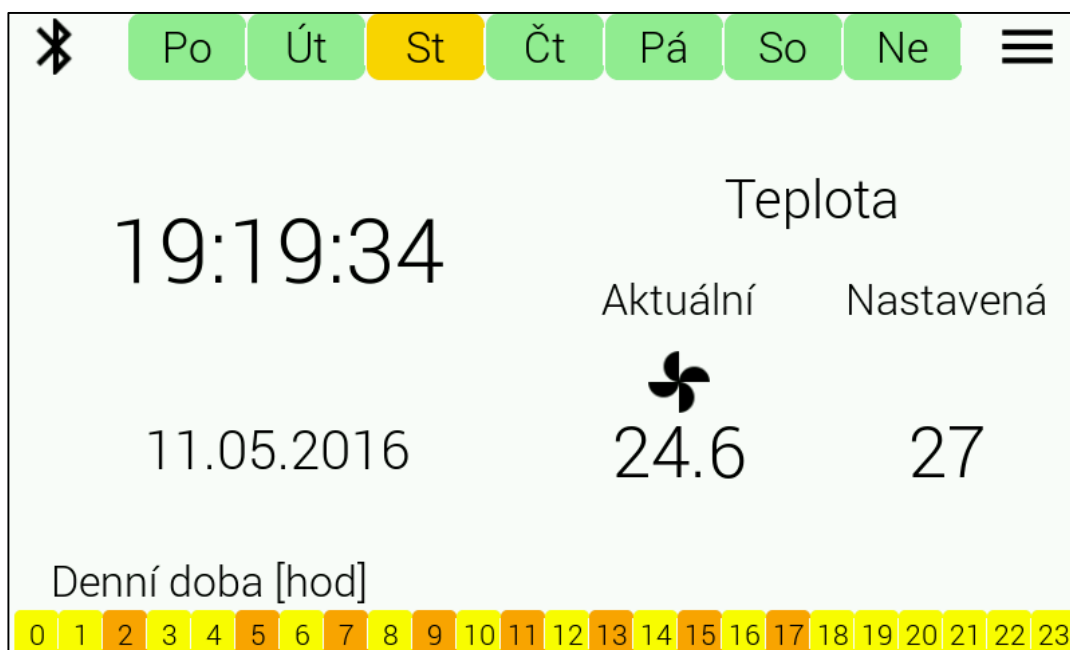
Data z Bluetooth modulu jsou ukládána do bufferu, který je pravidelně kontrolován. Tato data jsou následně čtena metodou *readBtBuffer()* po jednotlivých bajtech a každý načtený bajt je porovnáván s prvními bajty předem definovaných zpráv. Mírně problémový je výskyt prázdného znaku uvnitř jedné z přijímaných zpráv, což znemožňuje použití funkce pro zjištění délky čtených řetězců. Mezi přijímané zprávy patří oznámení o spojení s párovaným zařízením, zrušení spojení, Bluetooth relé sepnuto (zapnuto vytápění) a Bluetooth relé rozepnuto (vypnuto vytápění). Při nalezení shody prvních bajtů, se čeká do načtení požadovaného množství bajtů (délka je určena typem zprávy), aby mohlo být provedeno porovnání. Pokud jsou porovnané zprávy stejné, provede se odpovídající činnost, v opačném případě bude započato vyhledávání další shody prvních bajtů.

5.3.4 Hlavní okno

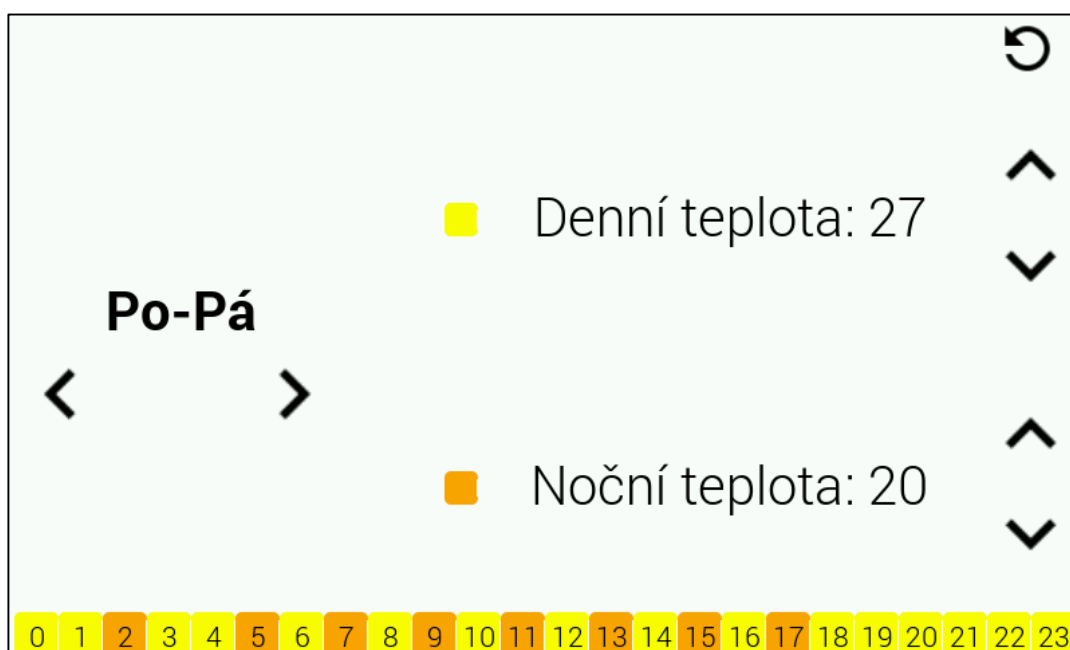
Hlavní okno (viz Obrázek 5.5) slouží k zobrazení nejdůležitějších informací. Grafická část je popsána pomocí QML v souboru *app.qml*. K zobrazení správné ikony zobrazující, zda jsou Bluetooth zařízení spojena slouží signál *isConnectedChanged()*, který je vyvolán v případech, kdy se mění stav připojení. Propojení C++ a QML je vyřešeno pomocí *Q_PROPERTY isConnected*. Zobrazení správné barvy pro aktuální den je řešeno v třídě *Day*. Pro každou možnost je zavolána funkce *today()*, která vrátí požadovanou barvu jako řetězec. Při kliknutí na ikonu nastavení je vyvolán signál *OpenSettings()* vytvořený v *OpenButton.qml*, který způsobí otevření okna s nastavením. Čas a datum je zjištěn využitím Qt metod *formatTime()* a *formatDateTime()*, které jsou pomocí timeru volány každou sekundu. Zjištění aktuální teploty viz 5.3.1. Ikona znázorňující vytápění je zobrazena na základě návratové hodnoty metody *getIsHeating()* třídy *Bt*, která je vyvolána signálem *isHeatingChanged()*. Aktuálně nastavenou teplotu vrací metoda *getActTemp()* prostřednictvím *Q_PROPERTY setTemp*, která je součástí třídy *ParseXml* a je volána při vyvolání signálu *setTempChanged()*. Nastavení pro aktuální den je načítáno metodou *getColor()* implementované ve třídě *ParseXml*, která vrací barvu jako řetězec na základě nastavení.

5.3.5 Okno s nastavením

Okno s nastavením (viz Obrázek 5.6) slouží k nastavení hodnoty pro denní a noční teplotu. Při kliknutí na určitou hodinu lze pro danou hodinu nastavit denní či noční teplotu. Aplikace umožňuje mít různé nastavení pro dny v týdnu, sobotu a neděli. Kliknutím na tlačítko zpět je vyvolán signál *closeSettings()*, který spustí ukládání dat do souboru a vypne obrazovku s nastavením. Kliknutím na tlačítko šipky nahoru nebo dolů u denní či noční teploty, lze měnit hodnotu po celých °C měnit hodnotu, kterou se bude snažit aplikace udržovat. Funkčnost tlačítek a načtení hodnot je implementováno ve třídě *SetTemp*. Hodnoty jsou načteny zavoláním metody *getTemp()*, která vrací hodnotu jako řetězec. Kliknutím na některou šipku se zavolá metoda *incTemp()* nebo *decTemp()*. Zobrazení textů Po-Pá, So a Ne řeší metoda *getValue()* třídy *Settings*. Kliknutím na šipku vlevo nebo vpravo se zavolá metoda *prevValue()* nebo *nextValue()*, která způsobí přepnutí na nastavení předchozího nebo následujícího rozpisu hodin a změnu textu. Při kliknutí na některé z čísel na spodní straně obrazovky, se zavolá metoda *changeValue()* třídy *ParseXml*, která provede změnu hodnoty z denní na noční nebo naopak.



Obrázek 5.5: Ukázka hlavního okna



Obrázek 5.6: Ukázka okna s nastavením

5.4 Testování

Tato kapitola se zabývá testováním funkčnosti aplikace. Testování probíhalo zkoušením funkčnosti zařízení v průběhu vývoje mnou i jinými osobami. Některé z návrhů byly využity k úpravě výsledného vzhledu aplikace. Cílem této kapitoly je popsat testování aplikace pro řízení teploty v domácnosti s využitím Bluetooth.

Při průběžném testování byla odstraněna změna nastavené teploty pro aktuální hodinu. Zjistil jsem, že tato možnost je spíše matoucí. Nastavená hodnota se mění po celých stupních místo 0,5°C, aby se zmenšil počet nutných kliknutí. Na základě návrhů byly přidány ikony, které zobrazují, zda jsou Bluetooth zařízení spojena a ikona znázorňující zapnuté vytápění.

Seznam testovaných případů:

- **Spuštění systému a inicializace** – Po připojení zařízení k napájení proběhne start systému s automatickou inicializací připojených komponent.
- **Spuštění aplikace** – Úspěšné spuštění grafické aplikace s existujícím i neexistujícím souborem pro uložení dat z aplikace.
- **Pravidelné měření teplotního senzoru** – V pravidelném časovém intervalu daném aplikací, probíhá měření teploty v místnosti. Získaná teplota je znázorněna na hlavní obrazovce aplikace.
- **Vyhodnocení, zda jsou Bluetooth zařízení spojena** – Zobrazení správné ikony Bluetooth (spojeno/odpojeno) na hlavní obrazovce aplikace, podle stavu spojení Bluetooth modulu na Raspberry Pi se spárovaným Bluetooth relé
- **Funkční nastavení denní a noční teploty** – Zvolení denní a noční teploty. Nastavení denních a nočních teplot pro dny v týdnu, sobotu a neděli a uložení těchto teplot po návratu na hlavní obrazovku do souboru.
- **Projev změny v hlavním okně** – Po změně nastavené teploty pro aktuální hodinu se změní teplota na hlavní obrazovce.
- **Správnost komunikace s Bluetooth relé** – Správnost komunikace s Bluetooth relé na základě načtené teploty z teploměru a aktuálně požadované teploty.
- **Běh aplikace** – Aplikace poběží bez výskytu chyby 10 hodin a v průběhu je testováno vypnutí BT relé, následný přechod do stavu, kdy má aplikace odeslat zprávu BT relé o změně stavu a následném zapnutí BT relé



Obrázek 5.7: Testování výsledného systému

V průběhu testování byl nalezen výjimečný problém s vyhodnocením, zda jsou Bluetooth zařízení spojena po vypnutí a zapnutí Bluetooth relé, což způsobí špatné zobrazení ikony připojení a v některých případech i problém v komunikaci. Při následném testování po úpravě Bluetooth komunikace se problém neprojevil.

6 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout a vytvořit systém pro regulaci teploty v domácnosti využívající Bluetooth komunikaci k ovládání vytápění a umožňující nastavení pomocí dotykového displeje. Všechny tyto cíle byly splněny. Jako řídicí jednotku jsem zvolil jednodeskový počítač Raspberry Pi B+ s dotykovým displejem, ke kterému jsem poté připojil digitální teplotní senzor DS18B20 pro získávání aktuální teploty a Bluetooth modul BTM-112 pro bezdrátovou komunikaci s Bluetooth relé sloužícím k zapínání a vypínání vytápění. Po propojení všech komponent jsem nainstaloval operační systém Raspbian a nastavil připojení teplotního senzoru a automatické spojení Bluetooth modulu s Bluetooth relé. Poté jsem pokračoval implementací samotné aplikace pro regulaci teploty a jejího grafického rozhraní s ukládáním nastavených dat do souboru ve formátu XML.

Tvorba této práce mi umožnila zdokonalit se v oblasti vývoje grafických aplikací s využitím Qt a QML. Dodala mi nové zkušenosti při práci s Raspberry Pi, použitými periferiemi a sériovou komunikací UART. Pro další vývoj bych využil spíše novější verzi Raspberry Pi nebo jiné zařízení, protože Raspberry Pi první generace není vhodné pro plynulou práci s grafickými rozhraním.

Současný systém bych vylepšil po technické stránce. Přidal bych zobrazení a ovládání systému prostřednictvím internetového rozhraní. Pro zvýšení efektivity řízení teploty by mohlo být přidáno sledování dalších vlivů, které ovlivňují změnu teploty v domácnosti. Pro ještě dokonalejší řízení teploty by mohla být řízena teplota v každé místnosti zvlášť. Celý systém lze rozšířit o nové funkce, jako např. vypnutí vytápění při otevřeném okně či zavření oken, automatické větrání, řízení klimatizace, ovládání světel, přehrávání multimédií apod.

Literatura

- [1] Stavba. *Vila Tugendhat* [online]. ©2010-2015 [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: <http://www.tugendhat.eu/cz/dum/stavba.html>
- [2] TRTÍK, Jan. *Návrh elektroinstalace rodinného domu s využitím inteligentních prvků* [online]. Brno, 2009 [cit. 2015-12-23]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/8441>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Petr Mastný, Ph.D.
- [3] VALEŠ, Miroslav. *Inteligentní dům*. 1. vyd. Brno: ERA, 2006, viii, 123 s. 21. století. ISBN 80-736-6062-8.
- [4] HARPER, Richard. *Inside the smart home*. Editor Richard Harper. London: Springer, 2003, xi, 264 s. ISBN 18-523-3688-9.
- [5] HALUZA, Miroslav a Jan MACHÁČEK. Domovní elektroinstalace. *TZB-info* [online]. 2011 [cit. 2015-12-26]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/domovni-elektroinstalace/7842-klasicka-versus-inteligentni-elektroinstalace>
- [6] *Raspberry Pi* [online]. b.r. [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: www.raspberrypi.org
- [7] HORÁČEK, Petr. *Raspberry π VIII. - Úvod do GPIO* [online]. 2012 [cit. 2015-12-28]. ISSN 1801-3805. Dostupné z: http://www.linuxsoft.cz/article.php?id_article=1953
- [8] *Orange Pi* [online]. 2016 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.orangepi.org/>
- [9] *BeagleBoard* [online]. b.r. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: beagleboard.org/black
- [10] *ODROID* [online]. 2013 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: www.hardkernel.com/main/main.php
- [11] *Banana Pi* [online]. 2014 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.bananapi.org/>
- [12] *Datasheet DS18B20* [online]. b.r. [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/530/067/ds18b20-datasheet-1.pdf>
- [13] *Datasheet BTM-112* [online]. b.r. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://pandatron.cz/shop/ds/BTM-112.pdf>
- [14] ČÁNSKÝ, Jiří. *Bluetooth: Mobilní komunikace* [online]. 2006 [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: http://radio.feld.cvut.cz/personal/mikulak/MK/MK06_semestralky/Bluetooth_CanskyJ.pdf. Semestrální práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [15] VOJÁČEK, Antonín. ZigBee PRO - nová vylepšená verze bezdrátové komunikace ZigBee. *Automatizace.hw.cz* [online]. 2008 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/zigbee-pro-nova-vylepsena-verze-bezdratove-komunikace-zigbee>
- [16] Technologie Z-Wave. *FIBARO* [online]. 2015 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://www.mojefibaro.cz/system/technologie-z-wawe/>

- [17] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Externí sériové sběrnice SPI a I²C. *Root.cz* [online]. 2008 [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/externi-seriove-sbornice-spi-a-i2c/>
- [18] *I2C-bus specification and user manual* [online]. 2014 [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf
- [19] *Serial and UART Tutorial* [online]. 1996 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <https://www.freebsd.org/doc/en/articles/serial-uart/>

Příloha A

Obsah CD

Přiložené CD obsahuje:

- Adresář se zdrojovými kódy dotykové aplikace
- Zdrojový text bakalářské práce
- Výsledný text bakalářské práce (PDF)