



STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Ovládání inteligentní domácnosti

AUTOR Petr Vávra
ŠKOLA Gymnázium Brno, třída Kpt. Jaroše, p. o.
KRAJ Jihomoravský
OBOR 10. Elektrotechnika, elektronika a teleko-
 munikace

Brno 2016



STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

OVLÁDÁNÍ INTELIGETNÍ DOMÁCNOSTI

CONTROL OF INTELLIGENT HOUSEHOLD

AUTOR Petr Vávra
ŠKOLA Gymnázium Brno, třída Kpt. Jaroše, p. o.
KRAJ Jihomoravský
ŠKOLITEL doc. Ing. Martin Drahanský, Ph.D.
OBOR 10. Elektrotechnika, elektronika a teleko-
 munikace

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci na téma Ovládání inteligentní domácnosti vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Martina Drahanského, Ph.D. a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Dále prohlašuji, že tištěná i elektronická verze práce SOČ jsou shodné a nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Brně dne 14. 2. 2016

Podpis:

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta informačních technologií

Ústav inteligentních systémů



Jihomoravský kraj



Poděkování

Děkuji svému školiteli doc. Ing. Martinu Drahanskému, PhD. za poskytnuté rady, inspiraci a dodanou motivaci, které mi pomohly tuto práci vytvořit.

Tato práce byla provedena za finanční podpory Jihomoravského kraje.

Anotace

Tato práce se zabývá tvorbou kontroléru vytápění, který spíná vytápěcí soustavu a bude jej možné ovládat pomocí aplikace pro mobilní telefon prostřednictvím sítě internet. Účelem mobilní aplikace je poskytnout uživateli pohodlné nastavení vytápění a nabídnout statistiku z uplynulého období, uživatel má tak základní přehled o stavu nemovitosti i po dobu nepřítomnosti, navíc může upravit nastavení podle svých plánů.

Záznamy o stavu vytápění se v pravidelných intervalech přenášejí a ukládají na server, pokud se serveru nepodaří spojit s kontrolérem, tedy pokud dojde např. k výpadku elektrické sítě, uživatel je o něm informován. Toto zařízení je vhodné především pro majitele nemovitosti, kterou trvale neobývají, a umožní jim tak kontrolu aktuálního stavu, případně zajistí optimální teplotu po jejich příjezdu pomocí plánovaného vytápění.

Klíčová slova

Inteligentní dům, kontrola vytápění, Apple iOS, Arduino

Annotation

The goal of this work is to create a heating controller, which controls the heater. Setting of controller will be provided by an application for smart phone. The communication between application and controller is made via Internet. The idea of the application is to give to a user a comfort utility, which will provide to user the control over heating and will show status and statistics and trends.

Records about the heating are transferred in periodical time interval transferring to the server. If the transfer fails, it indicates that there is some problem with electricity and server can notify a user. This device is suited to property owners, who aren't living in it.

Keywords

Intelligent household; IoT; remote heating control; Apple iOS; Arduino

Obsah

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 7 |
| 1 AKTUÁLNÍ VÝVOJ V OBLASTI AUTOMATIZACE DOMÁCNOSTI | 8 |
| 1.1 INTELIGENTNÍ DOMY A INTERNET VĚCÍ..... | 8 |
| 1.1.1 <i>Internet věcí (IoT)</i> | 8 |
| 1.1.2 <i>ELKO EP</i> | 8 |
| 1.1.3 <i>NEST</i> | 9 |
| 1.2 APPLE IOS | 9 |
| 1.2.1 <i>iOS a konkurence</i> | 10 |
| 1.2.2 <i>Programování pro iOS</i> | 12 |
| 1.3 ARDUINO..... | 12 |
| 2 NÁVRH A REALIZACE | 14 |
| 2.1 VYTÁPĚNÍ | 15 |
| 2.2 ARDUINO..... | 15 |
| 2.2.1 <i>Popis algoritmu</i> | 15 |
| 2.2.2 <i>Schéma zapojení</i> | 16 |
| 2.3 SERVER | 17 |
| 2.4 KLIENT | 20 |
| ZÁVĚR | 22 |
| LITERATURA | 23 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 24 |

Úvod

Poté co automatizace plně pronikla do průmyslu, začíná v posledních letech pronikat do domácností.

Dům, který kombinuje dohromady několik systémů automatizace a využívá jejich synergie, můžeme označit za inteligentní dům. Příklady automatizovaných systémů pro dům jsou zabezpečení, kontrola vytápění, systémová elektroinstalace.

Cílem této práce bylo seznámit se s aktuálním trhem v oblasti inteligentních domů, který bude částečně shrnut v této práci, pokusit se vytvořit svůj vlastní systém ovládání domácnosti a vybudovat pro něj řídicí aplikaci pro chytré telefony. Systém by měl uživateli poskytnout více možností, než mu nabízí konvenční ovladače.

Pro tuto práci byl vybrán systém kontroly vytápění. Tuto volbu jsem učinil především proto, že mohu sám tento systém využívat při vzdálené kontrole rekreační nemovitosti mimo dosah bydliště. Díky tomu mám k dispozici ideální prostor, kde můžu výrobek testovat a mám nějakou zpětnou vazbu dalších uživatelů – v tomto případě rodiny. Dalším argumentem je, že vytápění je nejnáročnější energetická položka v domácnosti (tvoří 72 % [1] spotřeby), tudíž je vhodné tuto položku regulovat pro dosažení lepší spotřeby. Výrobek je přímo uzpůsoben této nemovitosti, část závěrů o vytápění platí pravděpodobně pouze pro tuto nemovitost.

Systém by tedy měl zajistit energetické úspory a zároveň udržet stejnou míru komfortu uživatele a navíc poskytnout možnost kontrolovat vytápění vzdáleně pomocí aplikace pro chytré telefony. Pro dálkové ovládání byl vybrán internet.

1 Aktuální vývoj v oblasti automatizace domácnosti

V této části práce se budu zabývat aktuálním vývojem v oblasti, která práci ovlivňuje. Jedná se tedy o oblast inteligentních domů a internetu věcí. Krátce zde budou představeni výrobci ELKO EP a NEST, kteří se zabývají vzdáleným ovládáním, kontrolou domácnosti a také dálkovou kontrolou vytápění. Popsána zde bude platforma iOS od firmy Apple, pro kterou je vyvinuta aplikace pro chytré telefony, a open-source platforma Arduino, pomocí níž je řešen aktory a aktuátor.

1.1 Inteligentní domy a internet věcí

Inteligentní dům je možné definovat jako dům, který pomocí automatizovaných systémů zpříjemňuje a usnadňuje jeho obyvatelům život. [1]

1.1.1 Internet věcí (IoT)

Internet věcí je pojmenování pro nový inženýrský obor, pokrývá zařízení, které komunikují přes síť internet bez zásahu uživatele. [2] Podle analytických agentur bude těchto zařízení v následujících letech rychle přibývat. Během následujících 4 let by počet aktivních zařízení měl vzrůst více než trojnásobně. Největším spotřebitelem by se podle analýzy měly stát domácnosti. [3]

Výrobek, který je v rámci této práce vytvářen, tedy přesně zapadá do tohoto oboru.

1.1.2 ELKO EP

ELKO EP je česká firma sídlící v Holešově. [4] Zde také vyrábí elektronické komponenty pro inteligentní domy. Tyto komponenty dohromady utváří rozšiřovatelný a modulární systém chytrého domu, který je možné ovládat pomocí aplikace pro chytré telefony.

Firma se zabývá produkcí tzv. inteligentních elektroinstalací. Inteligentní elektroinstalace je na rozdíl od běžné programovatelná, je tedy možné např. určitěmu pevně zabudovanému vypínači měnit funkce, např. změnit světlo, které bude ovládat.

Inteligentní elektroinstalace má svůj centrální „mozek“, v případě firmy ELKO EP je to Centrální jednotka CU3-01M nebo CU3-02M. Tyto jednotky jsou připojeny přes ethernet na internet a umožňují tedy vzdálené ovládání a programování prostřednictvím aplikací. Dále jsou napojeny pomocí sběrnice (nebo bezdrátového RF připojení) na aktory, které ovládají samotné spotřebiče. Aktorem může být např. ovladač rolet, relé pro ovládání světel. S centrální jednotkou mohou pomocí sběrnice nebo RF signálu komunikovat různé senzory. [5]

Inteligentní elektroinstalace je náročná na zabudování do stávajících nemovitostí. Prakticky si vynucuje výměnu téměř celé elektroinstalace. [1]

Právě proto má firma ELKO EP ve svém portfoliu i tzv. chytré sady, které jsou jednoduché na instalaci. Vzhledem k tématu práce zde krátce popíšu sadu Topení na dálku. Sada obsahuje tzv. Chytrou RF krabičku, která se zapojí do routeru, funguje pak jako server pro připojení mobilní

aplikace a vysílač RF signálu, který ovládá 3 dodané aktory – hlavice topení. [6] Cena tohoto řešení je 8 999 Kč.

1.1.3 NEST

Nest je americká společnost, kterou založil Tony Fadell a Matt Rogers. Tony Fadell je znám jako otec iPodu, protože působil v Applu a vedl tým, který vyvinul iPod a první tři generace iPhone. V říjnu 2011 vydala společnost produkt Thermostat. V dubnu 2012 to byl produkt, který bylo možné ovládat pomocí aplikace pro iOS/Android a pouze nastavovat vytápění. Později se přidaly další funkce. Společnosti se postupně podařilo Thermostatu integrovat spoustu pokročilých inteligentních funkcí, nadělit výrobku skvělý design a aplikaci pro chytré telefony uživatelský komfort. V říjnu 2013 firma vyvinula chytrý alarm, zachytávající kouř a CO. [7] V lednu roku 2014 firmu se dvěma produkty v portfoliu koupil Google za 65 miliard Kč. Analytici se domnívali, že transakce má pomoci Googlu ve vlastním startu na poli IoT. [8]

Produkt Thermostat má tyto klíčové vlastnosti

- automaticky vytváří rozvrh vytápění, kterým se přizpůsobuje se příchodům uživatele,
- své nastavení se dynamicky učí od uživatele,
- upravuje vytápění podle vnějšího počasí,
- v nepřítomnosti se snaží maximálně šetřit,
- kombinuje ovládání klimatizace a topení,
- je dálkově ovladatelný.



Obrázek 1.1 Nest Thermostat.¹

Tento produkt stojí na americkém trhu 249 USD (v přepočtu přibližně 6000 Kč), na českém trhu se neprodává.

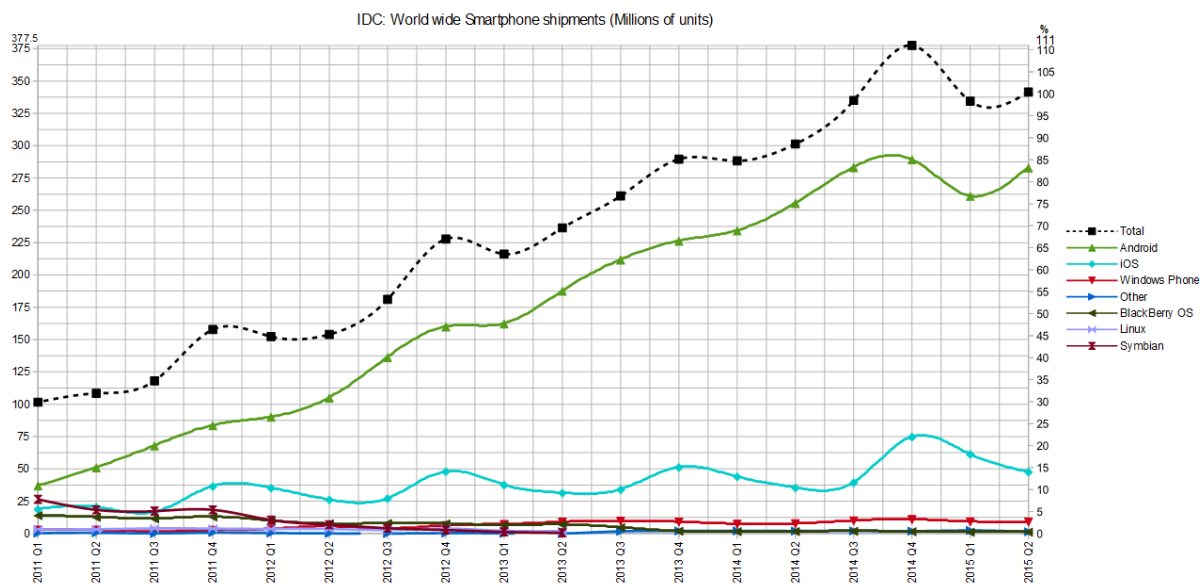
1.2 Apple iOS

Platforma iOS je firmou Apple vyvíjena od roku 2008 a je určena pouze pro rodinu mobilních zařízení firmy – iPhone, iPod Touch, iPad.

¹ zdroj: <https://store.nest.com/assets/images/store/products/thermostat/d3/gallery/f/slide1-534b9f7617abd89c6bd8920ddc8804a7.png>

1.2.1 iOS a konkurence

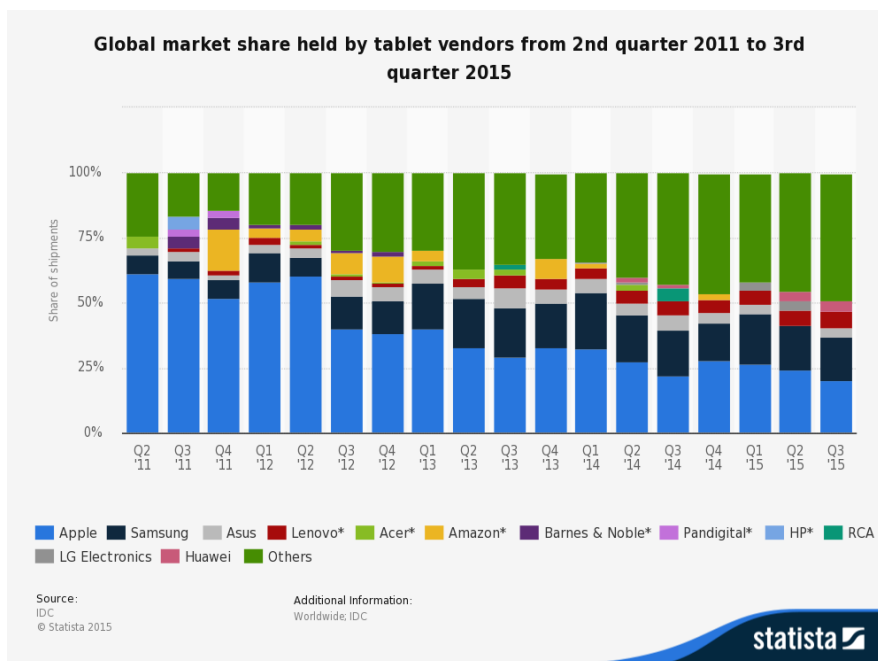
Nejvýznamnějšími konkurenty v oblasti operačních systémů mobilních zařízení (tablety a chytré telefony) je Android a Windows (Windows Phone). Diskuse o výhodách a nevýhodách mobilních platform mohou být sáhodlouhé, proč jsem zvolil pro tento projekt platformu iOS je popsáno v kapitole Návrh a realizace. Srovnání trhu mobilních zařízení nabízí následující graf.



Obrázek 1.2 Výroba chytrých telefonů podle operačního systému v milionech kusů, období 1/4 2011 - 2/4 2015.²

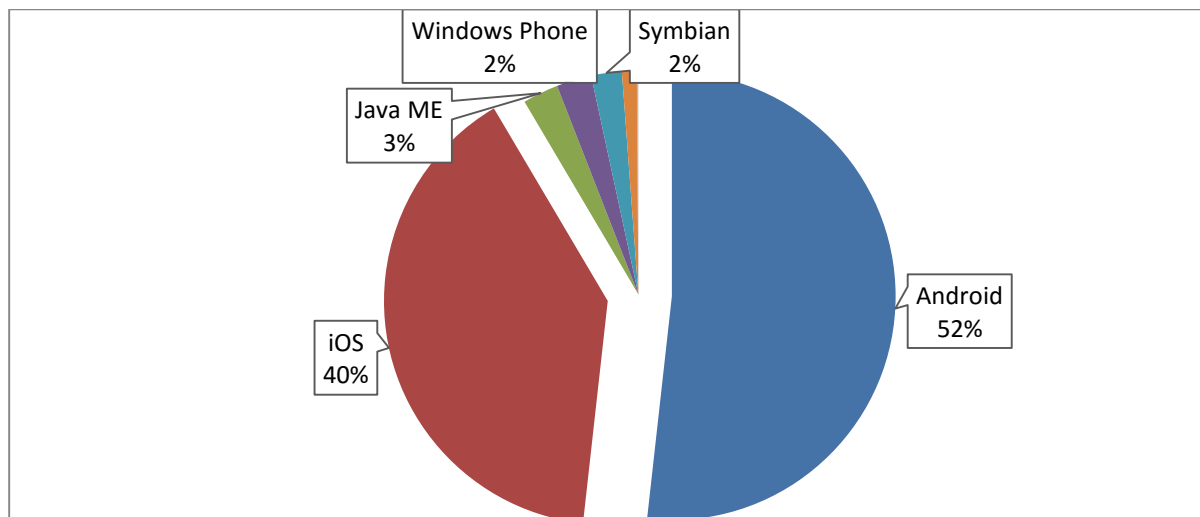
Z grafu je patrné, že kusový prodej chytrých telefonů podle operačního systému jednoznačně vede platforma Android, v druhém kvartálu roku 2015 dosahovaly prodeje 82,8 % celkového trhu, proti tomu telefonů vybavených iOS bylo pouze 13,9 %. Mobilní telefony tvoří dominantní část mobilního trhu, produkce tabletů na svém vrcholu ve čtvrtém kvartálu roku 2014 byla 76,4 milionů kusů, což tvoří pouze 16,8 % celkového mobilního trhu. [9] Pozice platformy iOS na trhu tabletů se silně měnila, protože firma Apple tento trh založila, byla její pozice v roce 2010 (uvedení prvního iPadu na trh) dominantní, postupem času firma svou pozici na trhu ztrácela.

² zdroj: IDC, graf: https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_operating_system



Obrázek 1.3. Trh tabletů podle značky v procentech, období 2/4 2011 - 3/4 2015.³

Z výše uvedených grafů a dat vyplývá, že Android je silně dominantní operační systém, co se týče prodeje zařízení. Proti tomu můžeme porovnat přístupy k internetu podle operačního systému. V této disciplíně dosahují zařízení na platformě iOS 40 % všech mobilních přístupů k internetu, i přesto že rozhodně netvoří v počtu prodaných kusů takovýto podíl.



Obrázek 1.4 Rozložení mobilního trhu (tablety, chytré telefony), založené na počtu přístupů k internetu, období 1 - 12 2015.⁴

³ zdroj: <http://www.statista.com/statistics/276635/market-share-held-by-tablet-vendors/>

⁴ zdroj: netmarketshare.com

1.2.2 Programování pro iOS

Programovat pro tuto platformu je možné pouze ve vývojovém prostředí Xcode, které je volně dostupné ke stažení v App Store pro Mac OS X. Na platformách Linux nebo Windows vývoj není možný. Pokud chce vývojář publikovat své aplikace v App Store (oficiální obchod společnosti Apple s aplikacemi, jiná cesta pro instalaci aplikace bez zásahu do systému není, platí pro iOS) musí si pořídit vývojářskou licenci, která se obnovuje ročně a stojí 99 USD. [10]

Programovat je možné v jazycích Objective-C nebo Swift, případně přidat další knihovny v jazyce C++. Pro svoji práci zvolil jazyk Swift, který byl vydán teprve 2. 6. 2014. Vyvíjet pomocí tohoto jazyka lze pro všechny platformy společnosti Apple (iOS, OS X, watchOS, tvOS), od konce roku 2015 je tento jazyk dostupný open-source a je možné pomocí něj vyvíjet na Linux.

Swift byl zvolen, protože je výrazně jednodušší a rychlejší na zápis pro programátora než Objective-C, umožňuje programátorovi udělat méně chyb a navíc je lépe optimalizován. Nejvíce mě při studiu tohoto jazyka zaujaly tyto vlastnosti – odvozování typu proměnné, i přes zachování typové přesnosti, podpora Unicode, všechny typy proměnných jsou zároveň objekty – mají své metody, není nutné pracovat s pointery. [11]

Při samotné výuce mi pomohl výukový program Stanford University: Developing iOS 8 Apps with Swift, dostupný na iTunesU. Jedná se o záznam z přednášek Paula Hegartyho na Stanfordské univerzitě v kurzu CS 193P. Tento kurz provází programátora programováním pro iOS od úplného začátečníka. Vstupním požadavkem pro tento kurz, který je v angličtině, je znalost základů programování v jazyce C++ nebo Java a objektově orientovaného programování. [12] [11]

Další stránkou, která mi pomohla při vývoji, je www.raywenderlich.com. Tato stránka obsahuje spoustu tutoriálů pro vývojáře iOS, které jsou dostupné i v jazyce Swift.

1.3 Arduino

Arduino je open-source vývojová platforma. Open-source v tomto případě je hardware i software. Hardwarem jsou programovatelné čipové desky s procesory řady ATmega od firmy Atmel. Softwarem je vývojové prostředí Arduino Software (IDE). [13] [14]

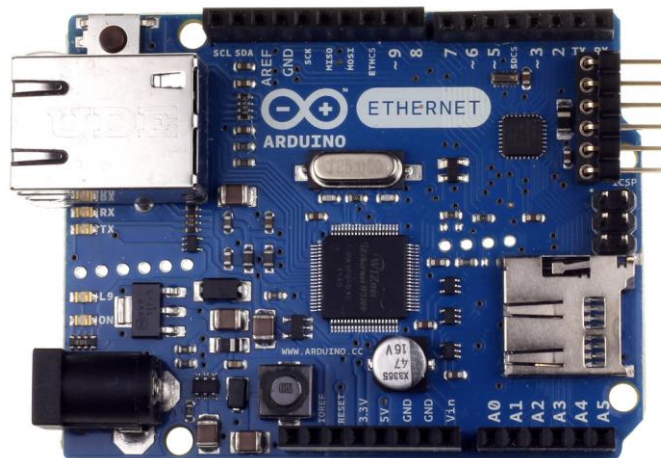
Arduino je malý počítač základní deska (Uno) má rozměr 68,6 mm × 53,3 mm a váží pouze 28 g. Srdcem Una je procesor ATmega 328 tepe frekvencí 16 MHz a disponuje pamětí pro sketch 32 kB.

K Arduino je možné dokoupit spoustu dalších součástek (senzory, motory, displeje), pomocí nichž lze tvořit složitější elektronické systémy bez velkých znalostí elektrotechniky. Příkladem takových systémů může být elektronická regulace prokluzu autíčka (projekt Martina Ptáčka [15]) nebo robot následující černou čáru (projekt Instuctables [16]). Výhodou Arduina je cenová dostupnost, uživatelská jednoduchost, velké množství rozšiřujících prvků, obsáhlá dokumentace.

Pro Arduino se programuje v jazyce C++, Arduino IDE kompiluje sketch do jazyka AVR C a nahrává na desku. Vývojové prostředí je psáno v Javě, díky tomu je multiplatformní, funguje na Mac OS, Windows i Linuxu.

Pro tuto práci používám desku Ethernet, která je v základu shodná s Unem, navíc je doplněna o Ethernetový konektor, kontrolovaný procesorem firmy Wiznet. Deska může pomocí knihovny

Ethernet, která je základní součástí Arduino Software nastavena do základních režimů – server, klient zasílající HTTP požadavky serveru, knihovna navíc podporuje DHCP a DNS. [17]



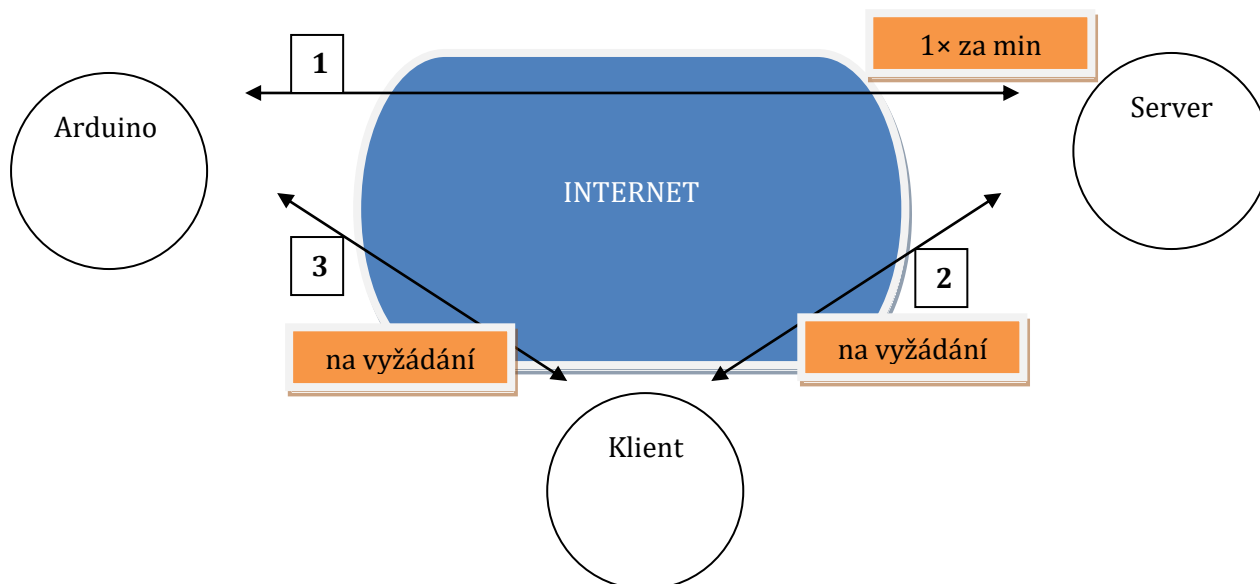
Obrázek 1.5 Arduino Ethernet Board Rev. 3.5

⁵ zdroj: <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoEthernetFront.jpg>

2 Návrh a realizace

Systém se skládá ze tří vzájemně komunikujících prvků:

1. aktor a aktuátor – zastoupený deskou Arduino Ethernet a dalšími součástkami, viz oddíl 2.1.2, dále jen „Arduino“
2. server – server s Ubuntu Server zapojený do sítě internet, dále jen „Server“
3. klient – zastoupený aplikací pro iOS, dále jen „Klient“



Tyto tři prvky mezi sebou vzájemně komunikují přes internet. Komunikace probíhá podle nazačeného diagramu:

1.
 - a. Server se jednou za minutu pokusí pomocí HTTP požadavku kontaktovat Arduino, Arduino jako odpověď v podobě XML stránky zašle Serveru informaci o aktuální teplotě, informaci o aktivitě vytápění a aktuální cílovou teplotu.
 - b. Server vykonává ve vypočtený čas požadavek plánovaného vytápění pomocí HTTP požadavku na Arduino, ve kterém nastaví požadovanou teplotu.
2.
 - a. Klient se serveru pomocí HTTP požadavku dotazuje na data za posledních 24 hodin, Server odpovídá pomocí XML stránky se všemi záznamy o stavu a přiřazeným aktuálním stavem.
 - b. Klient serveru může zaslat HTTP požadavek, kterým nastaví plánované vytápění.
3.
 - a. Klient se zároveň pokouší spojit s Arduinem a dotázat se na aktuální data (stejně jako Server).
 - b. Klient navíc může zaslat Arduinu HTTP požadavek, kterým mu nastaví jinou teplotu vytápění.

2.1 Vytápění

Vytápění je regulováno podle vnitřní teploty. Je použit pouze jeden aktuátor v referenční místnosti. Toto řešení tedy vytápí v celém systému stejnou intenzitou, což je pro temperování rekreační nemovitosti vhodné.

Arduino vyhodnocuje teplotu tak, aby se při temperování vytápělo v kuse alespoň o 1 °C, a to je dobré z těchto důvodů:

- vytápění trvá minimálně 40 minut, tudíž je nižší náročnost na opotřebení kotle a neprojeví se dopravní zpoždění tepla – nedojde k rozkmitání systému,
- všechny radiátory se stihnou ohřát na přibližně stejnou teplotu (zjištěno experimentálně), je tím pádem udržena homogenní teplota,
- není zásadně postižen komfort uživatele.

Arduino je možné nastavit pouze na teplotu z rozsahu 7 až 27 °C.

2.2 Arduino

Deska Arduino Ethernet pracuje v režimu server. Tento server je propojen do sítě internet pomocí routeru, který má přidělenou veřejnou IP adresu a je nastaven na Port Forwarding IP adresy Arduina na portu 80.

Deska Ethernet je v originálním provedení dostupná za 1590 Kč (conrad.cz), v neoriginálním provedení, kombinací Arduino Uno (robotstore.cz) a shieldu Ethernet (robotstore.cz) za 580 Kč. Pro tuto práci byla použita originální deska Ethernet.

2.2.1 Popis algoritmu

Arduino periodicky opakuje následující cyklus:

- vypisuje na displej aktuální informace o teplotě a aktuálním požadovaném teplotním cíli
- měří aktuální teplotu
- prověřuje, zda má začít topit, případně vypnout topení podle podmínek
 - pokud se netopí a pokud je aktuální teplota menší rovno cílové teplotě minus 0,5 °C → začni topit
 - pokud se topí a pokud je aktuální teplota větší rovno cílové teplotě plus 0,5 °C → přestaň topit
 - důsledkem těchto podmínek je, že se při temperování vytápí v kuse alespoň o 1 °C
- zjišťuje, zda je dostupný klient (v tomto případě i Klient i Server), pokud ano
 - ověří, zda klient nenastavil pomocí příkazu HTTP GET jinou teplotu vytápění,
 - pokud ano a je to hodnota mezi 7 a 27 – prověří zda má začít topit, případně vypnout topení (algoritmus je shodný viz 3. odrážka tohoto seznamu) a vypíše klientovi XML dokument o aktuálním stavu,
 - jinak vypíše klientovi XML dokument o aktuálním stavu.

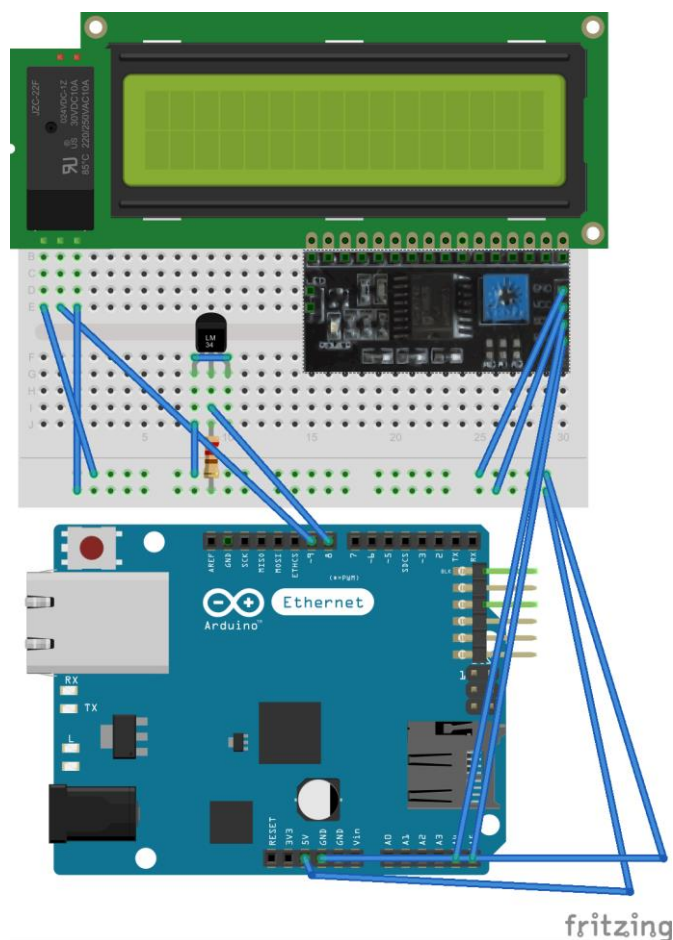
```
1 <?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
2 <log>
3 <temperature>10.25</temperature>
4 <heating>0</heating>
5 <targetTemp>7.00</targetTemp>
6 </log>
```

Obrázek 2.1 ukázka XML dokumentu popisující aktuální stav

Při sestavování sketche pro Arduino jsem čerpal inspiraci z následujícího tutoriálu:

<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/WebServer>.

2.2.2 Schéma zapojení



Obrázek 2.2 Schéma zapojení Arduina, vytvořeno pomocí programu Fritzing.⁶

Součástky a jejich funkce

- LCD displej
 - Displej vypisuje aktuální teplotu a cílovou teplotu

⁶ dostupné z: <http://fritzing.org/download/>

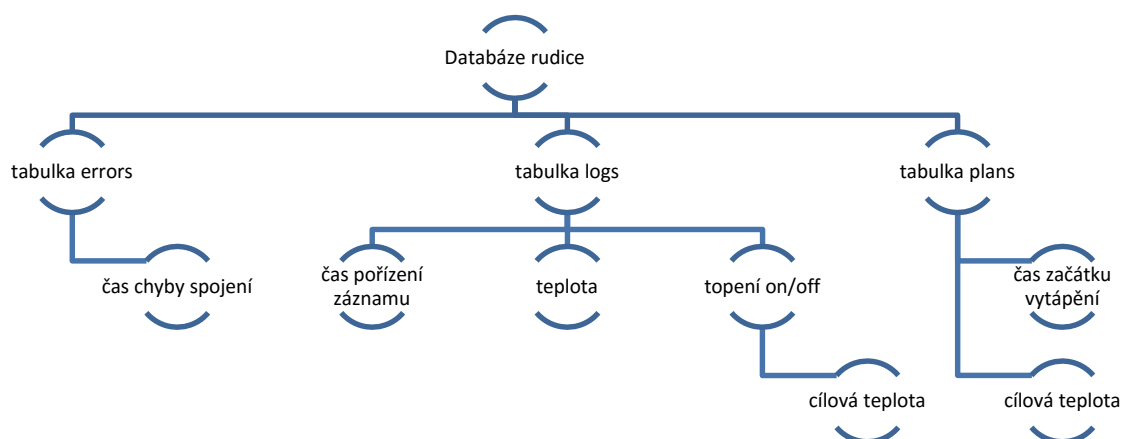
- jedná se o model odpovídající standardu Hitachi HD44780 a je připojen k Arduinu pomocí I²C modulu – tento modul zjednodušuje zapojení displeje do 2 pinů Arduina, při standardním zapojení displeje by bylo zabráno 6 digitálních pinů
- I²C modul je k dostání za 79 Kč a displej za 99 Kč (robotstore.cz)
- teploměr
 - Jedná se o model DS18B20 od společnosti Dallas Temperature. Pro zpracování dat byly použity knihovny Dallas Temperature a One Wire, které usnadňují komunikaci s teploměrem do série jednoduchých příkazů. Knihovny byly staženy z webu http://www.milesburton.com/?title=Dallas_Temperature_Control_Library, zapojení je převzato z <http://www.hobbytronics.co.uk/ds18b20-arduino>.
 - Teploměr je k dostání za 78 Kč (gme.cz)
- relé
 - relé spíná kotel
 - pokud dojde k výpadku proudu, sekundární okruh se rozpojí, kotel se vypne
 - relé pomocí 5 V napětí Arduina ovládá až 230 V sekundární okruh
 - relé je k dostání za 69 Kč (robotstore.cz)

Celou hardwarovou část je tedy možné nakoupit za 913 Kč.

2.3 Server

Server je založen na systému Ubuntu 14.04, jsou v něm nahrány běžně dostupné systémy – interpreter jazyka PHP verze 5.5, databázový systém MySQL verze 5.5, systém phpMyAdmin verze 4.5.3.

Server funguje jako úložiště dat o aktuálním vytápění, umožňuje zpřístupnit tyto statistiky pro



Obrázek 2.3 Struktura tabulek MySQL uložených na serveru.

Klienta a umožňuje nastavit tzv. plánované vytápění. Tyto činnosti jsou vykonávány pomocí PHP skriptů, které komunikují s databázemi MySQL.

Následuje přehled PHP skriptů uložených na serveru a jejich funkcí:

1. connectArduino.php
 - a. skript se vykonává jednou za 1 min, toto je způsobeno pomocí úlohy cron, jeho úlohou je zapisovat stav Arduino do databáze MySQL
 - b. skript se pokusí připojit pomocí HTTP požadavku k Arduino a rozparsovat XML dokument o aktuálních datech
 - i. pokud se mu tento krok nezdaří, zapíše chybný pokus do tabulky errors
 - ii. jinak vymaže tabulku errors a vloží informace o aktuálním stavu Arduino do tabulky logs, v tabulce logs smaže záznamy starší než 24 h
2. downloadAllLogs.php
 - a. skript stáhne a vypíše celou tabulku logs ve formátu XML
3. setHeatingAtTime.php
 - a. skript obsluhuje plánované vytápění
 - b. jako parametr GET očekává informaci o požadované teplotě v čas příchodu, čas příchodu (tj. čas, kdy má být vytopeno na danou teplotu) ve formátu unix time
 - i. pokud jsou parametry ve správné podobě – teplota je přirozené číslo v rozsahu od 7 do 27 °C a čas je čas v budoucnosti začne se skript vykonávat
 - c. spočte dobu, která je potřeba pro vytopení o příslušný počet stupňů celsia (rozdíl mezi aktuální teplotou a zadanou cílovou teplotou)
 - i. pokud je tato již teplota dosažena, vypíše chybovou hlášku a skončí
 - ii. doba, která je třeba pro vytápění, je odvozena ze záznamů předchozích vytápění, vím tedy, že vytopit o 1 °C trvá přibližně 68 min

- tato doba se mění v závislosti na venkovní teplotě [18], kvůli krátké době testování v průběhu jednoho ročního období nemám zachycenou zátěžovou křivku, zatím je tedy použita nadsazená konstanta
- d. začne ignorovat aktuální cíl a začne temperovat na aktuální dosažené teplotě
- e. pokud se vytápění stihne (pokud aktuální čas plus doba potřebná pro vytápění je menší než čas příchodu) – zadá úlohu at do systému cron
- f. pokud se vytápění nestihne, začne vytápět okamžitě

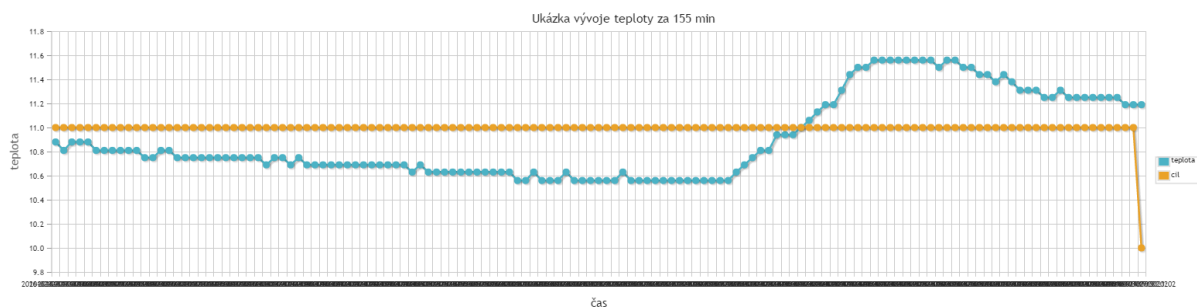
Pomocí programu phpMyAdmin mohu přímo na serveru zobrazovat historii vytápění, která je uložena v databázích. Pomocí této aplikace je také možné za dat generovat jednoduché grafy nebo exportovat veškerá data do CSV souboru a zpracovat např. v Microsoft Excel.

```

1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2  <file>
3  <log>
4  <time>1454761681</time>
5  <temperature>11.38</temperature>
6  <heating>0</heating>
7  <targetTemp>7</targetTemp>
8  </log>
9  <log>
10 <time>1454761622</time>
11 <temperature>11.31</temperature>
12 <heating>0</heating>
13 <targetTemp>7</targetTemp>
14 </log>

```

Obrázek 2.4 Ukázka části XML souboru.



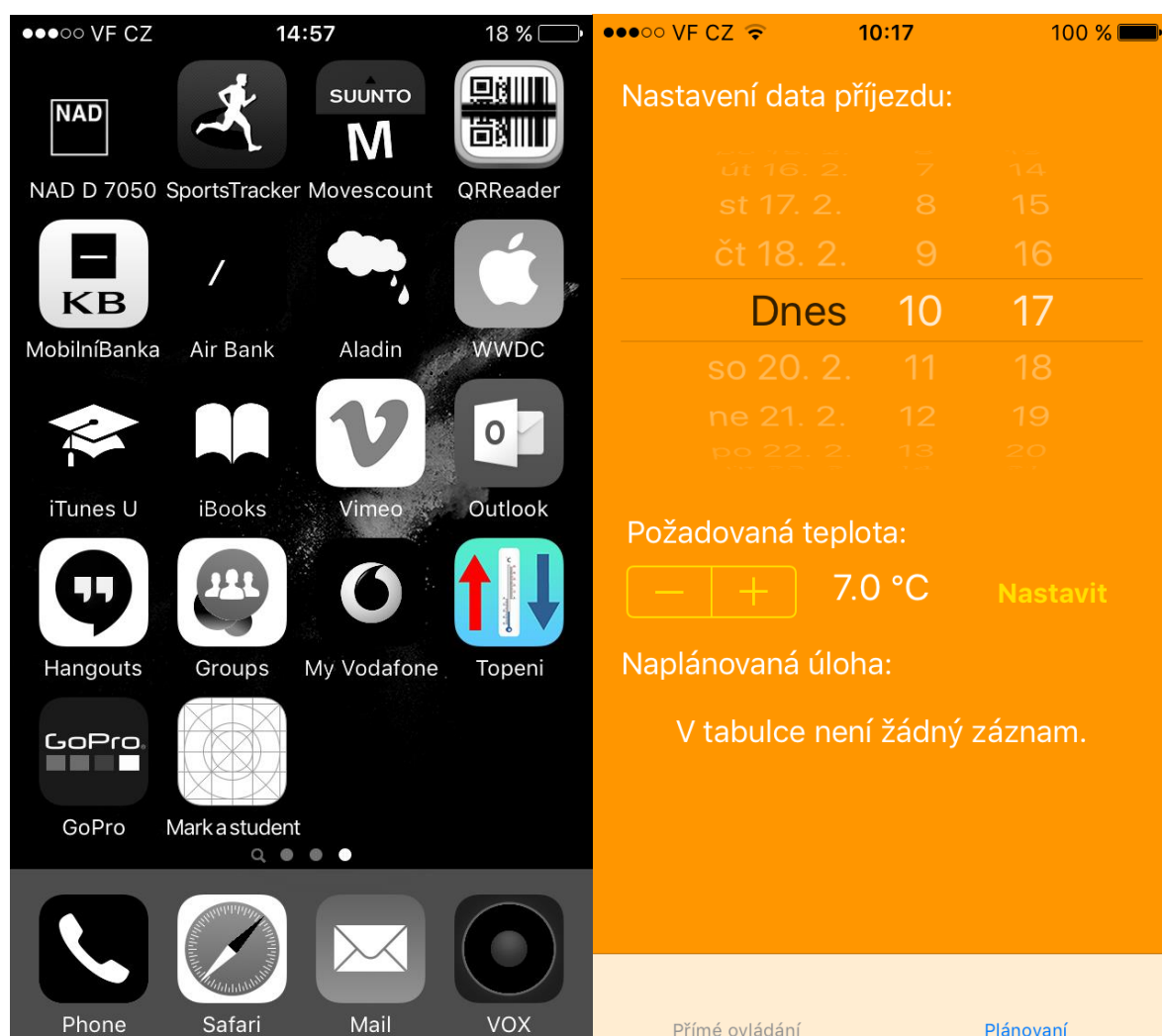
Graf 2.5 Ukázka vývoje teploty za 155 min.

Z obrázku 2.5 je patrné, že Arduino čeká, dokud teplota klesne o 0,5 °C pod cílovou hodnotu a poté začne vytápět do doby, než cílová teplota o 0,5 °C přesáhne cílovou teplotu.

2.4 Klient

Klientem je aplikace pro operační systém iOS. Aplikace po svém startu zobrazí Přímé ovládání, kontaktuje Arduino (stáhne aktuální data) a Server (stáhne informace o vytápění za posledních 24 hodin (využije skript downloadAllLogs.php)).

Druhá obrazovka – plánované vytápění umožňuje Nastavit čas příjezdu, kdy má být vytopeno na určitou teplotu. Aplikace po stisku tlačítka nastavit odešle serveru HTTP požadavek a zpracuje odpověď serveru do informační hlášky. Aplikace zároveň vypisuje aktuálně naplánované úlohy, které získává pomocí HTTP požadavku ze serveru.



Obrázek 2.6 Screenshoty aplikace – vlevo ukázka ikony, vpravo plánované vytápění.



Obrázek 2.7 Screenshot přímého ovládání.

Závěr

V rámci této práce se podařilo zkonstruovat systém ovládání vytápění. Výhodou tohoto systému je cena, dostupnost součástek a pro technicky zdatného uživatele možnost rozšíření. Nevýhodou je nutnost využívání serveru pro zpracování dat, slabá modularita – neschopnost implementace na jiné typy kotlů. Pokud by měl být systém používán komerčně nebo ve větší míře nastal by problémy se složitou, pro běžného zákazníka technicky velice náročnou instalací, potřebou implementace složitějšího zabezpečení. Navíc by se setkal s konkurencí velkého množství zavedených značek a společností na trhu. Proto tento systém pravděpodobně zůstane vybudován pouze v jednom funkčním prototypu.

Systém by se mohl dále rozvíjet. Nabízí se několik možností – např. přidání kontroly vytápěcích hlavic, přesná kontrola protopeného plynu pomocí elektronického měření, odvozování rozvrhů podle chování uživatele. Tato a další rozšíření jsou náročná buď finančně, nebo algoritmicky. Vzhledem k tomu, že jsem sám uživatelem tohoto systému, nevidím v jejich implementaci pro danou situaci (neobývaná nemovitost) velký přínos.

Další možností rozvoje je tvorba dalších prvků inteligentního domu – např. zabezpečení, kontrola multimediálních systémů, kontrola ohřevu teplé vody, monitorování nádrže na užitkovou vodu, atp.

Práce naplnila mé očekávání. Podařilo se mi naučit programovat Arduino, stavět vlastní elektronické obvody, implementovat aktory a aktuátory, vytvářet složitější skripty v PHP a tvořit aplikace pro iOS.

Literatura

- [1.] **Jan, Průcha.** Chytré Bydlení: Inteligentní dům. [Online] 2012. [Citace: 12. 11 2015.] <http://www.insighthome.eu/Chytre-bydleni/Chytre-bydleni.pdf>.
- [2.] Internet of Things. *Wikipedia*. [Online] [Citace: 1. únor 2016.] https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_Things.
- [3.] **STAMFORD.** Gartner Says 6.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2016, Up 30 Percent From 2015. *Gartner*. [Online] 10. listopad 2015. [Citace: 1. únor 2016.] <http://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>.
- [4.] O nás. *Elko EP*. [Online] [Citace: 7. únor 2016.] <http://www.elkoep.cz/o-nas/>.
- [5.] iNELS. *Elko EP*. [Online] [Citace: 7. únor 2016.] <http://www.elkoep.cz/produkty/inels-bus-system/>.
- [6.] Chytrá sada - Topení na dálku. *Elko EP*. [Online] [Citace: 7. únor 2016.] <http://www.elkoep.cz/produkty/chytre-sady/chytre-sady/topeni-na-dalku-10331/>.
- [7.] **Nest.** About us. [Online] [Citace: 7. únor 2016.] <https://nest.com/about/>.
- [8.] Google koupil firmu, která vyrábí detektor kouře. Za 65 miliard korun. *technet.idnes.cz*. [Online] [Citace: 6. únor 2016.]
- [9.] **Ubrani, Jitesh.** Worldwide Tablet Market Continues to Decline; Vendor Landscape is Evolving, According to IDC. [Online] 29. červenec 2015. [Citace: 20. 1 2016.] <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS25811115>.
- [10.] Apple Developer Program. [Online] [Citace: 20. 1 2016.] <https://developer.apple.com/programs/>.
- [11.] Swift (programming language). *Wikipedia*. [Online] [Citace: 5. 2 2016.] [https://en.wikipedia.org/wiki/Swift_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Swift_(programming_language)).
- [12.] **Hegarty, Paul.** CS 193P iPhone Application Development. [Online] [Citace: 5. únor 2016.] <http://web.stanford.edu/class/cs193p/cgi-bin/drupal/>.
- [13.] Arduino. *Wikipedia*. [Online] [Citace: 1. únor 2016.] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Arduino>.
- [14.] Co je to Arduino? *arduino.cz*. [Online] [Citace: 2. únor 2016.] <http://arduino.cz/co-je-to-arduino/>.
15. Můj projekt na Intel ISEF? Vypadá jak nálož! *IQ by Intel*. [Online] Intel. [Citace: 1. únor 2016.] <http://iq.intel.cz/muj-projekt-na-intel-isef-vypada-jak-naloz/>.
16. Basic Line following Robot with Arduino. *instructables.com*. [Online] [Citace: 1. únor 2016.] <http://www.instructables.com/id/Line-following-Robot-with-Arduino/>.
17. Ethernet library. *Arduino - Ethernet*. [Online] Arduino.cc. [Citace: 1. únor 2016.] <https://www.arduino.cc/en/Reference/Ethernet>.

[18.] **Doc. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.** Možnosti moderních způsobů regulace. *tzb-info*. [Online] 17. září 2007. [Citace: 1. únor 2016.] <http://www.tzb-info.cz/4360-moznosti-modernich-zpusobu-regulace>.

[19.] **Apple Inc.** The Swift Programming Language 2.1. [Online] [Citace: 10. říjen 2015.] <https://itunes.apple.com/us/book/swift-programming-language/id881256329?mt=11>.

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1.1 Nest Thermostat | 9 |
| Obrázek 1.2 Výroba chytrých telefonů podle operačního systému v milionech kusů, období 1/4 2011 - 2/4 2015. | 10 |
| Obrázek 1.3 Trh tabletů podle značky v procentech, období 2/4 2011 - 3/4 2015..... | 11 |
| Obrázek 1.4 Rozložení mobilního trhu (tablety, chytré telefony), založené na počtu přístupů k internetu,..... | 11 |
| Obrázek 1.5 Arduino Ethernet Board Rev. 3 | 13 |
| Obrázek 2.1 ukázka XML dokumentu popisující aktuální stav | 16 |
| Obrázek 2.2 Schéma zapojení Arduina, vytvořeno pomocí programu Fritzing..... | 16 |
| Obrázek 2.3 Struktura tabulek MySQL uložených na serveru..... | 18 |
| Obrázek 2.4 Ukázka části XML souboru..... | 19 |
| Obrázek 2.6 Screenshoty aplikace, vlevo ukázka ikony, vpravo plánované vytápění..... | 20 |
| Obrázek 2.7 Screenshot přímého ovládání. | 21 |