VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

INTERNET VĚCÍ V PRAXI
THE INTERNET OF THINGS IN PRACTICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR
Bc. Vojtěch Bajgl

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
Ing. Petr Vyroubal, Ph.D.

BRNO 2018

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Elektrotechnická výroba a materiálové inženýrství**
Ústav elektrotechnologie

Student: Bc. Vojtěch Bajgl ***ID:*** 161205
Ročník: 2 ***Akademický rok:*** 2017/18

NÁZEV TÉMATU:

Internet věcí v praxi

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte a seznamte se s pojmy Průmyslu 4.0 a zaměřte se zejména na Internet věcí. Navrhněte a realizujte systém pro inteligentní řízení domácnosti, který bude demonstrovat využití Interentu věcí v praxi. Jako hlavní řídicí systém využijte Raspberry Pi, na kterém poběží webový server a bude možné ovládat tento systém vzdáleně. Tento systém otestujte v běžném režimu provozu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 5.2.2018 ***Termín odevzdání:*** 22.5.2018

Vedoucí práce: Ing. Petr Vyroubal, Ph.D.
Konzultant:

doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:
Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá Internetem věcí a jeho využitím v praxi s následným návrhem vlastního systému domácí inteligentní automatizace. Blíže seznamuje s problematikou automatizovaných domovních a inteligentních systémů, včetně obecného přiblížení zákonem stanovených předpisů pro elektronická zařízení. Analyzuje a srovnává vlastnosti platforem minipočítačů, vývojových desek a bezdrátových modulů pro návrh vlastního systému. Největší část práce je věnována samotnému návrhu vlastního systému, konkrétně návrhu centrální řídící jednotky a ostatních ovládaných modulů pro ovládání určitých elektrických zařízení v domácnosti. Řídící jednotkou systému je platforma Raspberry Pi 2B, která umožňuje ovládat zařízení domácnosti prostřednictvím uživatelské webové aplikace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Raspberry Pi, ATmega 328, Automatizace domácnosti, Internet věcí, NRF24L01+, webový server.

ABSTRACT

The subject of this diploma thesis, is the Internet of Things, and its use in applied practice, with a subsequent design of a custom system of smart home automatization. It acquaints the reader with the issues of automated home and smart systems, including a basic familiarization of regulations as declared by law about electronic devices. The attributes of miniature computer platforms, developmental boards, and wireless modules for the design of custom systems are analyzed and compared.
The biggest part of the thesis is dedicated to a design of a custom system, specifically designing the central processing module and other controlling modules for controlling various electric home appliances. The main controlling unit of the system is a Raspberry Pi 2B unit, with which it is possible to control a device in a household through an user-friendly web application.

KEYWORDS

Raspberry Pi, ATmega 328, Home automation, Internet of Things, NRF24L01+, web server.

BAJGL, V. *Internet věcí v praxi*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2018. 83 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Vyroubal, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Internet věcí v praxi jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne ....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Vyroubalovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne ....

(podpis autora)

OBSAH

Úvod **9**

1 Průmysl 4.0 **10**

1.1 Internet of Things (IoT) ... 10

1.1.1 Vznik internetu věcí ... 11

1.1.2 Přenos dat ... 12

1.1.3 Protokoly ... 12

1.1.4 Architektura ... 14

1.1.5 Komunikační modely ... 15

1.1.6 Aplikace Internetu věcí ... 15

1.1.7 Big Data ... 17

2 Automatizace budov **19**

2.1 Definice automatizace budov ... 19

2.2 Rozdělení dle technologie inteligentních domů ... 19

2.2.1 Systémy s inteligentními zařízeními a systémy ... 19

2.2.2 Systémy s komunikujícími inteligentními zařízeními a systémy ... 20

2.2.3 Propojený dům ... 20

2.2.4 Učící se dům ... 20

2.2.5 Pozorný dům ... 20

2.3 Rozdělení dle centralizace ... 20

2.3.1 Centralizovaný systém ... 20

2.3.2 Decentralizovaný systém ... 20

2.4 Základní způsoby řízení systému a jejich komunikace ... 21

2.4.1 Sběrnice KNX/EIB ... 21

2.4.2 Protokol BACnet ... 22

2.4.3 Technologie LonWorks ... 22

2.5 Obecná legislativa elektronických zařízení v ČR ... 23

3 Návrh vlastního systému **25**

3.1 Analýza řídících jednotek ... 25

3.1.1 Raspberry Pi 2 model B ... 26

3.1.2 Arduino Nano ... 28

3.1.3 ATmega 328 ... 30

3.2 Analýza a výběr bezdrátových modulů ... 31

3.2.1 Bezdrátový modul ZigBee ... 31

3.2.2 Bezdrátový modul Esp8266 ... 32

3.2.3 Moduly NRF24L01+, mini NRF24L01+ a NRF24L01+PA+LNA ... 33

3.3 Blokové schéma a navržení konceptu inteligentního systému ... 36

3.4 Moduly inteligentní domácnosti ... 37

3.4.1 Řídící modul ... 39

3.4.2 Moduly pro osvětlení ... 40

3.4.3 Moduly pro lampičky ... 41

3.4.4 Modul pro zásuvku ... 41

3.4.5 Modul ovládání televize ... 42

3.4.6 Modul garážových vrat ... 42

3.4.7 Modul detektoru plynu ... 43

3.4.8 Modul pro zavlažování ... 43

3.4.9 Modul venkovního teplotního čidla ... 43

3.4.10 Modul vnitřního teplotního čidla - termostatu ... 44

3.4.11 Kamerový modul ... 44

3.5 Použitý software pro návrh schémat a DPS ... 44

3.6 Výroba a oživování DPS ... 45

3.7 Software a programování ... 45

3.7.1 Raspberry Pi ... 45

3.7.2 Klient Putty ... 47

3.7.3 Arduino IDE ... 47

3.7.4 Převodník USB-COM ... 49

3.8 Popis uživatelského webového rozhraní ... 50

3.8.1 Tlačítko osvětlení v domě 51
3.8.2 Tlačítko multimédia v domě 52
3.8.3 Tlačítko ústřední vytápění domu 52
3.8.4 Tlačítko garážová vrata 53
3.8.5 Tlačítko zahrada a zavlažování 54
3.9 Energetická náročnost systému 54
3.10 Funkčnost a chyby systému 55
3.11 Finanční zhodnocení 56
4 Závěr **57**
Literatura **58**
Seznam symbolů, veličin a zkratek **60**
Seznam obrázků **64**
Seznam tabulek **65**

ÚVOD

V dnešní době internetu a chytrých zařízení se čím dál více rozvíjí i trend domácích automatizací. Tyto automatizace, nebo také inteligentní elektroinstalace existují již řadu let a mají za úkol člověku nejenom ulehčit pobyt v domě, ale i starat se o co možná největší úsporu energie celého domu. Systémy mnohdy ovládají například klasické osvětlení domu, ozvučení, žaluzie, vytápění, ovládání garážových vrat nebo příjezdových bran a u dražších systémů často obsahují i zabezpečovací systém a kamery. Existuje mnoho firem, které se zabývají výrobou těchto systémů, ty jsou ale ve většině případů drahé, a tak si někteří kutilové vyrábějí systémy vlastní. Práce se tedy zabývá především návrhem těch zařízení, která je možné uživatelsky realizovat, nikoliv však pokročilými komplexními systémy. Volba tématu práce byla ovlivněna především vlastní potřebou různých prvků domácí automatizace a jejich individuálním připojením ke stávající elektrické síti.

V první části práce je blíže specifikován pojem „Internet věcí“ (IoT) patřící do Průmyslu 4.0. Rozebírá použití IoT v různých odvětvích, komunikaci a přenos dat s použitím speciálních protokolů, architekturu a shromažďování velkých dat a jejich využívání. Ve druhé kapitole jsou specifikovány automatizované systémy s rozborem technologií, komunikace, dělení dle centralizace a v neposlední řadě i důležité legislativy vztahující se na tyto systémy v ČR.

Třetí a nejrozsáhlejší kapitola je věnována návrhu vlastního inteligentního systému domácnosti, přičemž bylo využito informací shromážděných v předchozích kapitolách. V první řadě došlo k analýze řídící jednotky systému a zvolení komunikace s ovládanými moduly. Z hlediska instalace systému do stávající domácnosti bylo vybráno bezdrátové komunikace pomocí modulů NRF24L01+. Dále byl vybrán procesor pro řízení jednotlivých ovládaných modulů a navržena koncepce modulů a řídící jednotky. Bylo provedeno několik testování a výroba několika prototypů modulů a nakonec byly vyrobeny finální verze modulů inteligentní domácnosti. V neposlední řadě se vytvořilo přívětivé uživatelské webové rozhraní pro ovládání tohoto systému, jehož vzhled a ovládání jsou taktéž v práci podrobněji popsány.

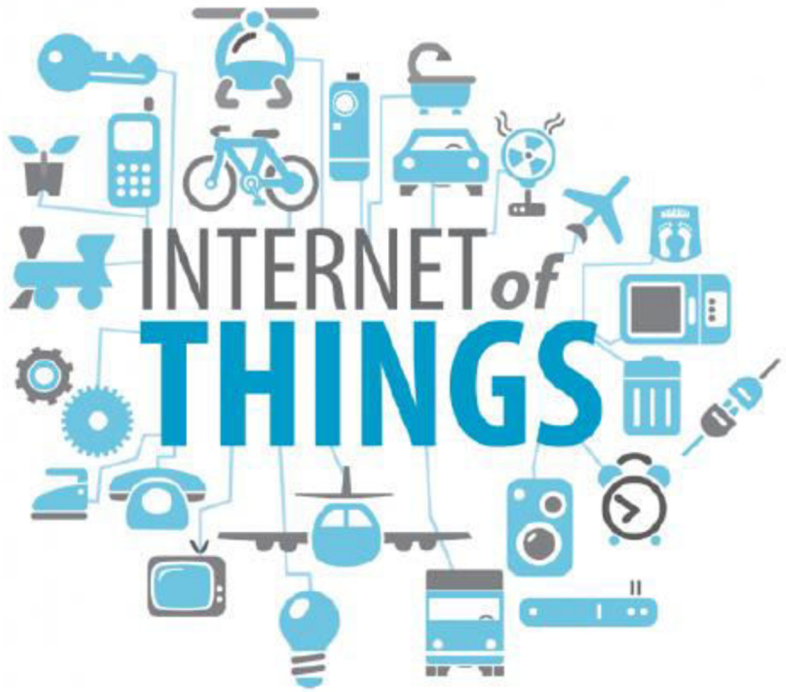
1 PRŮMYSL 4.0

Rozmach mechanických parních výrobních zařízení, výpočetní techniky a elektronických systémů mělo za následek vyvolání tří průmyslových revolucí, které předcházejí revoluci čtvrté. Pojem „Průmysl 4.0“ označuje trend automatizace zahrnující kyberneticko-fyzikální systémy využívající Internet věcí a cloudové úložiště. Jedná se tedy v pořadí již o čtvrtou průmyslovou (r)evoluci, jejíž myšlenka se datuje k roku 2011. Průmysl 4.0 zahrnuje pojem „chytré továrny“ neboli „továrny budoucnosti“, ve kterých mají být automatizovány jednoduché činnosti pracovníků. Digitalizace výroby se provádí zejména spotřebiči připojenými k internetu, které si mezi sebou přenáší potřebné informace k výrobě. Příchod čtvrté průmyslové revoluce má sice za následek zvýšení výdajů na nové technologie, ale v delším čase se však náklady spojené s výrobou sníží [1]. Dnešním fenoménem je propojení internetu věcí, lidí a služeb - Internet of Things, Internet of People a Internet of Services. Velmi slibnou technologií je již zmíněný Internet věcí.

1.1 Internet of Things (IoT)

V překladu „Internet věcí“ obsahuje věci, které jsou vzájemně propojené v jedné síti a je možné je připojit i k internetu. Velkou výhodou IoT je možnost propojení těchto věcí do jednoho celku. Lze tak ovládat různá zařízení a kontrolovat jejich stav přes internet. Připojení několika zařízení tak výrazně zvýší komfort člověka, závisí už jen na schopnosti designéra různá zařízení implementovat. Na internetu věcí je založen právě i koncept Průmyslu 4.0. IoT se netýká jen automatizace v průmyslu tzv. chytrých továren, ale i automatizace domácností. Propojení několika zařízení může být realizováno jak drátově tak i bezdrátově. Zařízení mají pak přiřazeny adresy, pomocí kterých se v síti identifikují. Díky propojení všech zařízení mohou jednotlivá zařízení mezi sebou komunikovat a vykonávat tak různá rozhodnutí, nebo reagovat na vykonané úkony jiných objektů. To tvoří celou síť i jednotlivá zařízení inteligentními. Pomocí definovaného uživatelského rozhraní je možné k těmto zařízením a jejich úkonům přistupovat a měnit jejich úkony nebo využít je k realizaci vlastních úkolů. Pro identifikaci jednotlivých zařízení v síti je možné využít třeba metodu EPC - elektronické identifikace produktu nebo metodu všudypřítomných kódů (uCode). Jelikož Internet věcí patří do globální sítě Internetu, používá se pro adresování jednotlivých zařízení protokol IP. Pozornost je tedy zaměřena i na nový standard IPv6, který zajišťuje dostatek IP adres. Problém ale nastává, pokud některé ze zařízení tento standard nepodporují. Celou síť internetu věcí musí řídit nějaký hlavní mozek, tím může být například platforma Arduino, Raspberry Pi, Intel a ostatní. Využívají se především

počítače obsahující operační systém, jelikož ty mohou okamžitě reagovat na aktuální informace. Uživatelé využívající IoT ale musí mít jistotu, že je celý systém zabezpečen tak, aby nedošlo k případnému útoku hackerů nebo úniku citlivých dat a zároveň, aby systém zabezpečení nezatěžoval výpočetní techniku. V případě, že by došlo k nějakému úniku informací nebo nabourání se neoprávněného člověka do systému, mohlo by dojít například k vážnému poškození některých ze zařízení a k finanční škodě [2].

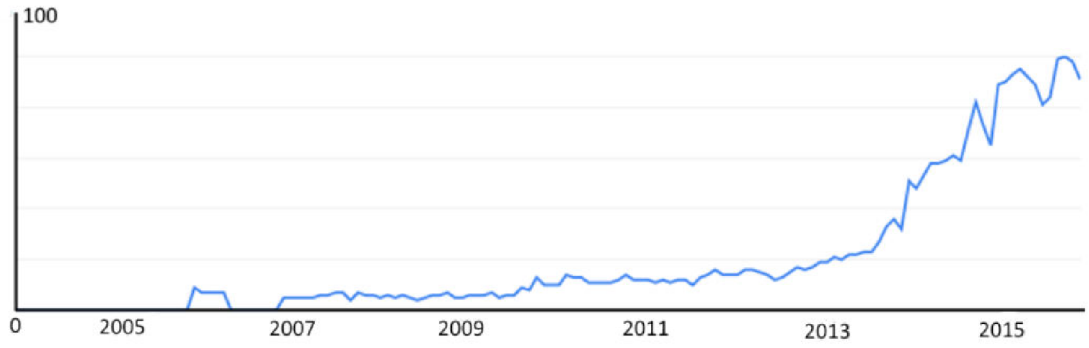


Obr. 1.1: Myšlenka internetu věcí (převzato z [2]).

1.1.1 Vznik internetu věcí

Vzniku Internetu věcí předchází několik různých událostí od vzniku internetu, bezdrátové komunikace až po vynalezení cloudových úložišť a podobných technologií. Roku 1844 byl vynalezen první bezdrátový přenos Morseovy abecedy na trase z Baltimoru do Washingtonu. Vynálezcem Morseovky byl Samuel Morse. Roku 1969 vznikl předchůdce dnes používaného internetu Arpanet. První webová stránka byla vytvořena roku 1991 Timem Berners-Leeem, který před tím ještě navrhl World Wide Web. Pojem Internet věcí jako první použil při psaní svého článku Kevin Ashton. V letech 2003-2004 byl tento pojem zmiňován v publikacích jako je Scientific American, The Guardian nebo The Boston Globe. V období 2006 - 2008 byl uznán význam pojmu Internet věcí a byla na toto téma uskutečněna evropská konference. Kolem roku 2010 čínský premiér prohlásil, že se pro Čínu stane Internet věcí klíčovým průmyslem. Roku 2011 byl veřejně spuštěn IPv6 protokol, umožňující adresování 2^{128} zařízení. To je z

důvodu připojení mnoha zařízení do Internetu věcí takřka nezbytné, jelikož protokol IPv4 byl brzy adresově vyčerpán. Zvyšování zájmu o Internet věcí je demonstrováno v grafu následujícího obrázku, kde na ose *x* je čas v letech a na ose *y* míra zájmu [3].



Obr. 1.2: Graf zájmu o Internet věcí (převzato z [3]).

1.1.2 Přenos dat

V současnosti se používá k šifrování dat technika AES nebo ECC. IoT je uzpůsoben hned pro několik komunikačních technologií [2]. Některé z nich jsou:

- Průmyslový Ethernet - je určen pro průmyslové prostředí, existuje více verzí: Profinet, EtherNet/IP, Modbus a další,
- Wi-Fi - bezdrátová komunikace,
- ZigBee,
- Z-Wawe - využívaný právě v automatizaci domácností,
- RFID - rádiová identifikace objektů,
- NFC - komunikace objektů na krátkou vzdálenost,
- LTE - čtvrtá generace mobilní komunikace,
- Bluetooth - komunikace chytrých objektů,
- LonWorks - sběrnice určená pro průmyslovou komunikaci.

1.1.3 Protokoly

V internetu věcí je široký výběr protokolů možných k použití pro přenos dat. Tyto protokoly byly odvozeny především od telekomunikačních protokolů. Jejich hlavní znak je přenos malého datového objemu vzhledem k energetické a paměťové náročnosti [3].

MQTT

Význam zkratky je z anglických slov Message Queuing Telemetry Transport a jedná se o protokol založený společností IBM roku 1999. Výhodou protokolu je snadná implementace a jednoduchost, proto je určen spíše pro jednodušší zařízení. V oboru lékařství se často používá pro komunikaci s kardiostimulátory, ale je možné se s ním nepřímo setkat i v aplikaci Facebook Messenger. Používá klasické TCP/IP k připojení na internet.

Přenos dat probíhá mezi tzv. odesílatelem (publish) a příjemcem (subscribe), kde odesílatel data odešle do jakéhosi mezičlánku (brokeru) a až poté jsou data poskytována příjemci. Jedná se tedy o nepřímou komunikaci. Protokol lze použít pouze u přenosu dat v blocích, není možné jej tedy použít např. pro streamování. Broker je aplikace, která má na starost autorizaci a autentizaci odběratelů a mimo to zajišťuje i zabezpečení dat kryptografickými funkcemi. Broker může komunikovat i s ostatními brokery, a tím vznikají i složitější topologie zapojení různých komponent. Pro rozhodování a přidělování dat klientům se používají tzv. témata (topics).

Komunikace odběratele s brokerem začne požádáním o připojení pomocí „Connect“. Poté je přikročeno k autorizaci přihlašovacími údaji username a password. U tohoto protokolu je doporučeno šifrování dat prostřednictvím SSL/TLS.

Protokol má několik úrovní pro spolehlivé doručování zpráv QoS (Quality of Service) [3]:

- nultá - pouhé vyslání zprávy, bez jakékoliv kontroly zpětné vazby,
- první - úroveň zajišťující přijetí zprávy pomocí ACK,
- druhá - příjemce zachytí zprávu od odesílatele a dekóduje jí, po úspěšném dekódování posílá zprávu ACK.

CoAP

Společně s MQTT se jedná o nejpoužívanější protokoly. Jedná se o síťově orientovaný protokol, pracující ve vrstvě ISO/OSI, určený primárně pro nízkoodběrová zařízení jako např. senzory. Pro komunikaci využívá UDP protokol, který ale nezaručuje správné doručení datagramů a jejich pořadí nebo počet.

Protokol pracuje na bázi modelu, kdy jsou data poskytována pouze od jednoho zařízení k druhému, mimo ostatní zařízení. Je možné jej jednoduše přeložit do HTTP a využít DTLS protokol pro zabezpečení. Toto zabezpečení zamezuje odposlechům nebo falšováním posílaných zpráv [3].

Protokol nabízí tzv. Reliability s rozlišením dvou typů zpráv:

- zpráva CON (Confirmable) - příjemce zprávy odesílá zprávu ACK jen v případě, když stihne zprávu zpracovat, pokud ji nestihne zpracovat, odesílá

zprávu reset,

- zpráva NON (Non-confirmable) - stejné jako nultá úroveň u protokolu MQTT, po přijetí zprávy se nevyžaduje potvrzení ACK.

CoAP umožňuje následující způsoby implementace request/response modelu:

- v prvním způsobu klient posílá request formou CON nebo NON zprávy a očekává ACK potvrzení, v případě úspěšného přijetí ACK obsahuje zpráva příslušná data, při neúspěšném přijetí jsou obsahem chybová hlášení,
- ve druhém případě, pokud server přijme CON zprávu, na kterou není schopen odpovědět ihned, pošle prázdné ACK a odpoví, až jakmile bude nejdříve schopný.

Protokol DTLS kontroluje a řeší problémy se ztrátou nebo s pořadím příchozích zpráv třemi způsoby:

- pomocí opakovaného přenosu paketů,
- přiřazením pořadových čísel paketům,
- vyžadováním odpovědi [3].

1.1.4 Architektura

Model architektury IoT se skládá z následujících 5 vrstev. Vrstva objektů, abstraktní vrstva, vrstva řízení služeb, aplikační vrstva a vrstva dohledu. Nejnižší vrstva modelu, vrstva objektů, představuje samotná fyzická zařízení a technologii připojení do IoT. Úkolem abstraktní vrstvy je přenos z nejnižší vrstvy do vrstvy řízení s využitím technologií uvedených v kapitole Přenos dat. Vrstva řízení služeb přiřazuje požadované služby jednotlivým žadatelům definovaným adresou. Ve vrstvě aplikační se zajišťují služby vyžádané zákazníkem. Podávají se například informace o teplotě, vlhkosti apod. Ve finále tato vrstva reprezentuje jakési uživatelské rozhraní pro zákazníka. Nejvyšší vrstva dohledu má za cíl vytvářet grafy, analýzy, vyhodnocovat a monitorovat data přijatá z aplikační vrstvy. Mimoto dohlíží i na ostatní vrstvy a porovnává jejich výstupy s výstupy očekávanými [2].

Obr. 1.3: Architektura Internetu věcí.

1.1.5 Komunikační modely

Udávají, jakým způsobem si jednotlivá zařízení v síti vyměňují data a jakými způsoby využívají informace. Tato kapitola se věnuje popisu základních topologií [2].

Model Device-to-Device

V tomto modelu jde o vzájemné přímé propojení dvou nebo více zařízení přímou cestou. Propojení lze realizovat mnoha komunikačními protokoly: Internet, IP sítě, Bluetooth, ZigBee, aj. Topologie umožňuje zařízením výměnu dat, podle kterých se provádí požadované úkony. Je vhodná zejména pro chytré domácnosti, jelikož se přenášejí malé objemy dat [2].

Model Device-to-Cloud

V tomto modelu jsou zařízení připojena do cloudové služby, kterou může představovat například aplikace pro výměnu dat. Ke komunikaci se používá klasické připojení pomocí Ethernetu nebo Wi-Fi. Připojená zařízení, například snímače, tak odesílají data do cloudu k dalšímu zpracování [2].

Model Device-to-Gateway

Tento model vznikl zejména pro možnost připojení zařízení standardu IEEE 802.15.4, které nepodporují připojení pomocí protokolů využívaných v IP sítích. Model tak funguje jako jakýsi překladač komunikačních protokolů pro jednotlivá zařízení [2].

1.1.6 Aplikace Internetu věcí

Internet věcí je možné aplikovat téměř do jakýchkoliv odvětví dnešního světa. IoT dělá tato odvětví přístupnější a snadnější pro využívání. V této kapitole jsou uvedena základní odvětví, která jsou nebo mohou být Internetem věcí ovlivňována [2].

Chytrá města

- monitorování volných parkovacích míst na městských parkovištích,
- monitorování stavu materiálů a vibrací různých staveb,
- měření vyzařované energie bezdrátových zařízení,
- monitorování vytížení silničních komunikací a optimalizace dopravy,
- řízení pouličního osvětlení podle aktuálního času a počasí,
- informování a varování řidičů před nepříznivým počasím a nehodami .

Chytrá měření

- měření spotřeby elektrické energie a její optimalizace,
- měření stavu paliv, plynů a olejů ve skladech a cisternách,
- kontrola a optimalizace solárních elektráren,
- kontrola skladových zásob, informování o dostupnosti a počtu kusů.

Chytré obchodování

- zjednodušení plateb pomocí mobilního telefonu.

Chytrá logistika

- kontrola teploty, vibrací a jiných veličin při přepravě zboží,
- lokalizování zboží ve velkých skladech či při přepravě.

Chytrá bezpečnost

- sledování pohybu osob v určitých prostorách,
- kontrola přítomnosti vlhkosti, radiace, hořlavých plynů či jiných látek v prostorách elektráren a v jiných průmyslových prostorách.

Chytré zemědělství

- kontrola počasí a tvorba předpovědí počasí,
- kontrola a řízení pěstování kompostu,

- kontrola vývoje a chovu dobytka, optimalizace podmínek pro přežití.

Chytrý průmysl (továrny)

- digitalizace továren a tvorba chytrých továren,
- využití IoT v Průmyslu 4.0.

Chytré domácnosti

- kontrola a řízení spotřeby energií pro dosažení úspory výdajů,
- kontrola a řízení spotřebičů v domě pro zvýšení komfortu,
- kontrola stavu dveří, oken a detekce plynů/kouře pro zabezpečení domu,
- kontrola stavu a skladování potravin - častěji používané v restauracích či hospodách [2],
- tímto odvětvím se zabývá druhá větší část této práce.

1.1.7 Big Data

V dnešní moderní době nelze přehlédnout různá moderní zařízení, jako jsou například počítače, notebooky, chytré telefony, chytré hodinky, tablety a jiné výdobytky moderních technologií. S příchodem těchto zařízení ale došlo i k nárůstu objemu dat, který roste stále rychleji. Vědy, které tento nárůst dat zažily, přišly s termínem „Big Data“. Tato koncepce se teď šíří do všech různých oblastí lidských činností.

Jelikož množství shromážděných dat se již nemohlo vejít do pamětí počítačů, informatici přišli s novými technologiemi zpracování dat, jako je např. MapReduce nebo Hadoop. Tyto nástroje jsou vyvinuty pro zpracování velkého objemu dat.

V USA na akciových trzích akcie rychle mění své majitele. Z toho dvě třetiny zpracovávají počítačové algoritmy sestavené z matematických modelů analyzujících data, na jejichž základě pak předpovídají zisky a omezují rizika. S velkým množstvím dat se vypořádávají hlavně internetové firmy. Například Google denně zpracuje 24 petabajtů dat. To je tisíckrát více než data obsahující tištěné publikace knihovny amerického kongresu. Na sociální síť Facebook je každou hodinu uživateli nahráváno více jak 10 milionů fotografií. Uživatelé sociální sítě také zanechávají digitální stopu v podobě klikání na tlačítko „To se mi líbí“ nebo přidáním komentáře. Tato data může pak společnost podrobněji analyzovat a zjišťovat uživatelské preference. Na internetový server YouTube jsou každou sekundu nahrány videa o délce jedné hodiny.

Od vědy, zdravotnictví až po bankovnictví a internet se v různých sektorech

shromažďují velké objemy dat. Tyto objemy stále rychle rostou, a tím překonávají možnosti počítačů a hranice lidské představivosti. Mnozí lidé zkoušeli tyto data kvantifikovat, avšak výsledky nebyly vždy úplně přesné. Jednu studii uskutečnil Martin Hilbert z univerzity Jižní Kalifornie. Studie se týkala téměř všeho od fotografií přes videohry až po automobilovou navigaci nebo poštovní dopisy. Podle této studie v roce 2007 existovalo více jak 300 exabajtů dat. V 7 % byla data uložena v analogové podobě a zbytek v podobě digitální. Na rozdíl od roku 2000, kdy analogová data tvořila 75 % z celku. V roce 2013 je objem dat odhadován na 1200 exabajtů, z toho analogová data netvoří ani celá dvě procenta. Google například může i mapovat výskyt chřipkové epidemie, stejně jako je to v oficiálních datech založených na návštěvách lékaře. Dosahuje toho rozborem vyhledávaných termínů uživatelů používajících vyhledávač Google. Funkce analýzy objemů dat se používá například i v chytrých telefonech, kde se monitoruje psaný text, a ukládají se použitá slova pro pozdější návrh při psaní. Stejně tak se navrhují, popřípadě úplně nahrazují slova, která uživatel nesprávně napsal.

Shromáždění velkých dat ale může přinášet i vícero nebezpečí. Různé algoritmy mohou například předpovídat, koho a kdy postihne srdeční příhoda nebo jiná nemoc a zvýší se tím například platba zdravotního pojištění nebo nám banka odmítne přidělit hypotéku či půjčit peníze. Takhle a ještě více může shromažďování dat ohrozit lidstvo [4].

2 AUTOMATIZACE BUDOV

Historie domovních automatizací a chytrých domů sahá až do 60. let 20. století, kdy byl poprvé v Japonsku prezentován tzv. „inteligentní dům“ provádějící různé funkce počítačem. Za počátek inteligentních budov a automatizací je ale považován až rok 1987, kdy byla založena společnost Instabus firmami Siemens, Berker, Merten a Gira. Společnost měla za cíl vyvinout systém pro řízení, regulaci a sledování stavu zařízení v budovách [5].

2.1 Definice automatizace budov

Pojmem automatizace budov rozumíme takové propojení domácí elektroniky a výpočetní technologie, aby bylo dosaženo maximálního komfortu člověka, popřípadě energetických úspor nebo zabezpečení budov. Jednotlivé ovládací prvky jsou pak spojeny s jedním řídícím systémem. Pomocí naprogramované webové aplikace nebo aplikace pro chytré telefony je umožněná vzdálená správa prvků domu prakticky odkudkoli na světě. Automatizovanými budovami mohou být pak nejen rodinné domy a byty, ale i budovy kancelářské, obchodní centra, či výrobní továrny. Často jsou automatizované domy zároveň i inteligentní. Mohou tudíž ovládat některá zařízení samy, bez zásahu člověka. Této technologii se říká inteligentní domácnost, inteligentní dům či chytrá domácnost. S těmito koncepcemi souvisí i dva základní pojmy:

Aktor - prvek elektroinstalace, který na základě přijaté informace provádí naprogramovanou funkci, jedná se z většiny o výkonové prvky,

Senzor - prvek elektroinstalace, který měří určitou veličinu a posílá ji v digitální formě řídící jednotce buď drátově (po sběrnici) nebo bezdrátově.

Tyto prvky spolu úzce souvisejí a některá zařízení zastávají funkci obou prvků.

2.2 Rozdělení dle technologie inteligentních domů

2.2.1 Systémy s inteligentními zařízeními a systémy

Domy obsahují samostatně fungující inteligentní zařízení a systémy, které pracují nezávisle na ostatních. Například u systému řízení osvětlení, systém rozsvěcuje a zhasíná vlivem snímače pohybu a soumrakového snímače.

2.2.2 Systémy s komunikujícími inteligentními zařízeními a systémy

Dům obsahuje vzájemně komunikující propojená inteligentní zařízení. Příkladem může být automatická aktivace bezpečnostního systému domu při odchodu osoby z domu a uzavření vchodových dveří [6].

2.2.3 Propojený dům

Jednotlivé prvky jsou propojeny prostřednictvím vnitřní i vnější sítě. To umožňuje již zmíněnou vzdálenou správu zařízení i mimo dům. Bezpečnostní systém může například při vniku neoprávněné osoby do domu zapnout osvětlení, zavolat bezpečnostní službu nebo začít nahrávat videozáznam prostřednictvím bezpečnostních kamer [6].

2.2.4 Učící se dům

Zaznamenává si různé prováděné aktivity v domě a „učí se“, následně pak může samočinně předvídat některé potřeby uživatele. Příkladem je rozsvícení světel při pohybu v domě při nízké viditelnosti nebo ovládání vytápění dle obvyklého způsobu použití v odlišně obývaných místnostech [6].

2.2.5 Pozorný dům

Neustále sleduje a vyhodnocuje stav zařízení a pohyb v domě. V závislosti na těchto stavech samočinně ovládá různé prvky domu. Rozdíl oproti učícímu se domu je takový, že se používají data o aktivitách v domě v reálném čase nikoliv data shromažďována delší dobu [6].

2.3 Rozdělení dle centralizace

2.3.1 Centralizovaný systém

Systém, který obsahuje pouze jednu řídící jednotku. Je to nadřazená jednotka ostatním prvkům inteligentní elektroinstalace. Veškeré tyto prvky jsou s centrální jednotkou spojeny hvězdicově, což znamená, že komunikace probíhá vždy mezi daným prvkem a hlavní jednotkou, nikoli přes některý z dalších prvků. Uplatňuje se zpravidla u malých objektů jako jsou kanceláře, byty, rodinné domy apod. [6]. Na této koncepci je založený i náš navržený systém.

2.3.2 Decentralizovaný systém

Na rozdíl od centralizovaného systému obsahuje několik centrálních jednotek, které jsou rozmístěny v objektu. Každý prvek elektroinstalace má většinou mikroprocesor a je

připojen ke sběrnici celého systému. Tento systém se více využívá u větších objektů, jako jsou administrativní budovy, výrobní haly aj. [6].

Tab. 2.1: Porovnání vlastností komerčně dostupných systémů

	Centralizovaný systém	Decentralizovaný systém	Částečně decentralizovaný systém	Otevřený	Uzavřený	Komplexní	Specializovaný	Bezdrátová komunikace	Dosah [m]	Přibližná cena vč. DPH [Kč]
iNELS			X		X	X		X	50	50 tis.
Loxone	X				X	X				60 tis.
Foxtrot			X	X		X				60 tis.
Ego-n	X				X	X				90 tis.
KNX		X		X		X				90 tis.
LON		X		X		X		X	30	-
XComfort		X			X	X		X	50	33 tis.
OpenTherm		X		X			X	X	25	-
DALI		X		X			X			-
Nikobus			X		X	X				-

Ceny jsou uvedené za různě vybavené inteligentní systémy, proto se mohou výrazně lišit.

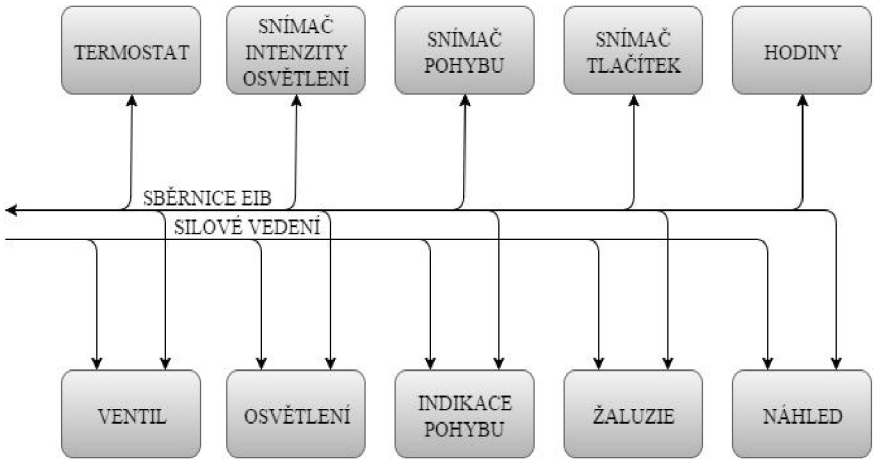
2.4 Základní způsoby řízení systému a jejich komunikace

Řídit domácnost lze na dálku různými způsoby, například pomocí dálkového ovladače, dotykového panelu nebo i webové aplikace. To umožňuje právě řízení domácnosti pomocí notebooku, telefonu či tabletu. Některé komerčně dostupné systémy využívají k řízení také signálu GSM. Pro automatizaci budov se používá hned několik komunikačních standardů. Ty nejčastější jsou například: KNX, BACnet nebo LonWorks. Jejich podrobnějšímu popisu se věnují následující podkapitoly [5].

2.4.1 Sběrnice KNX/EIB

Sběrnice KNX (Konnex bus) je složená ze tří sběrnic dohromady, a to ze sběrnice EIB, EHS a BatiBus. Sdružení KNXA tak vytvořilo světový standard určený pro automatizaci budov. Sběrnicí EIB je možné spojit různé výrobky více firem, jelikož je

plně kompatibilní se sběrnicí KNX. Každý připojený prvek má pro identifikaci svou jedinečnou adresu. K programování systémů používajících tuto sběrnici se zařízení připojí k PC pomocí USB a konfiguruje se přes program ETS. Sběrnice může mít jakoukoli topologii, ovšem délka jedné větve může být maximálně 1 km s maximálním počtem prvků 64. K propojení tohoto rozhraní se používá kroucený pár vodičů nebo EIB-RF rádiový přenos [5].



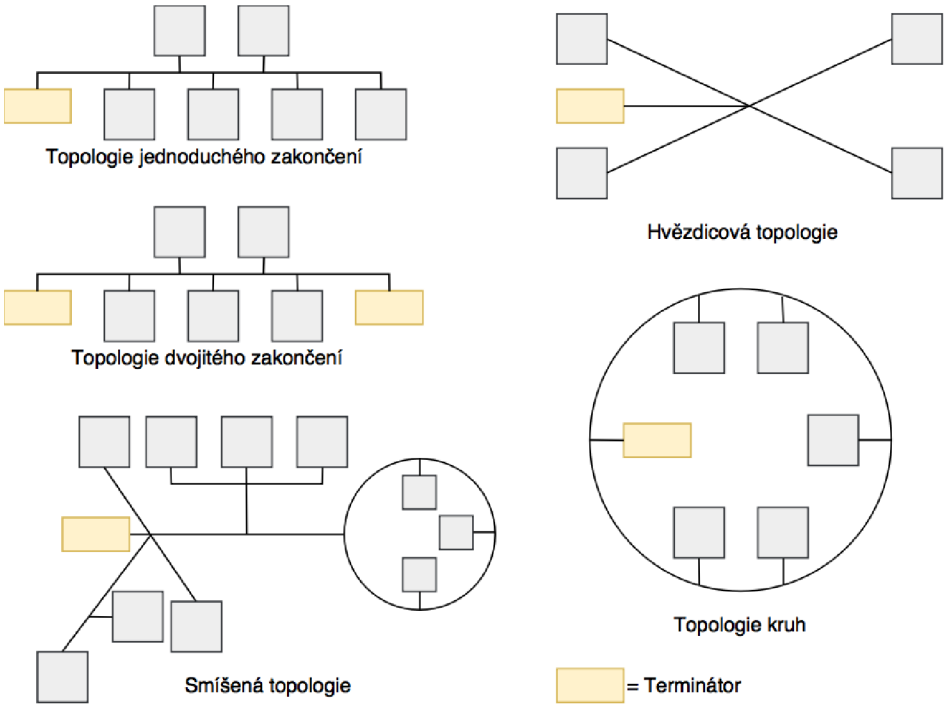
Obr. 2.1: Blokové schéma KNX/EIB komunikace.

2.4.2 Protokol BACnet

Jedná se o standardizovaný a zcela bezplatný protokol z roku 1995 pro automatizace domácností a byla vyvinuta organizací ASHRE. Způsob komunikace mezi dvěma a více zařízeními v síti určují tzv. služby. Ty můžeme rozdělit na dvě základní služby, které jsou buď potvrzované nebo nepotvrzované, tedy spolehlivé nebo nespolehlivé.

2.4.3 Technologie LonWorks

Jedná se o decentralizovanou síť určenou výhradně pro automatizaci budov. Princip sítě je založen na tzv. „nervovém systému“, tedy každý z připojených zařízení má zabudován čip „neuron“. V každém čipu se nachází mimo potřebného procesoru také paměti, komunikační sběrnice a vstupně výstupní část. LonWorks podporuje přenos informace rádiovými vlnami, nebo také po silovém napájecím vedení či koaxiálním kabelu. Protokol používaný v síti LonWorks se nazývá LonTalk. Síť zajišťuje velmi komfortní spojení dvou a více zařízení prostřednictvím proměnných SNVT, jedná se tedy o softwarové spojení ve fyzické síti [7].



Obr. 2.2: Topologie sítě LonWorks.

2.5 Obecná legislativa elektronických zařízení v ČR

Povinnosti a práva osob, které na trh uvádějí elektronické výrobky, jejich bezpečnost, technické požadavky a požadavky z hlediska elektromagnetické kompatibility (EMC) udává zákon parlamentu ČR č. 22/1997 Sb. V §8 tohoto zákona jsou uvedeny povinnosti distributorů, dovozců a výrobců, kteří uvádí na trh nějaký z nových elektronických zařízení. Výrobci a dovozci jsou povinni na trh uvádět pouze bezpečné výrobky, tudíž výrobek musí splňovat požadavky předpisů nebo norem. V §12 zákona jsou vládou stanovené výrobky, které zvyšují míru ohrožení bezpečnosti a musí být u nich posouzena shoda vlastností s technickými předpisy. Výrobky splňující shodu musí být označeny českou značkou shody. Podmínky, které musí být splněny pro uvádění výrobků na trh, zahrnují následující postupy a úkony [8]:

1) posouzení shody při stanovených podmínkách výrobcem, dovozcem nebo akreditovanou osobou,
2) posouzení shody prototypu autorizovanou osobou,
3) posouzení shody, při které autorizovaná osoba zkoumá specifické vlastnosti a kontroluje dodržení požadavků předpisu.

Výrobce je taktéž povinen vydat písemně prohlášení o shodě. K náležitostem této shody patří:

Technická dokumentace obsahující:

- specifikace a popis přístroje,
- návrh koncepce, výkresy a schémata,
- komentáře a popisy výrobku,
- seznam využitých norem a předpisů,
- výsledky provedených výpočtů a zkoušek.

Prohlášení o shodě s následujícími náležitostmi:

- identifikační záznam o výrobci a přístroji,
- popis přístroje,
- záznam o posouzení shody,
- údaje o případném vydaném zkušebním protokolu a osobě, která ho vydala,
- potvrzení výrobce přístroje, splňující požadavky dle nařízení o bezpečnosti,
- místo a datum vytvoření prohlášení.

Doklady o posouzení shody je povinen výrobce uschovat 10 let po ukončení výroby přístroje. Za nesplnění podmínek může uložit pokutu Česká obchodní inspekce, a to až do 20 milionů korun.

Všechna elektrická zařízení mohou způsobovat elektromagnetické rušení, které však nesmí přesáhnout přípustnou úroveň. Zároveň ale musí být zařízení vůči tomuto rušení odolné. Z tohoto důvodu jsou vydány normy týkající se elektromagnetické kompatibility harmonizované s mezinárodními normami [8].

3 NÁVRH VLASTNÍHO SYSTÉMU

Při návrhu systému je dbáno na několik základních požadavků:

1) jednoduché a uživatelsky přívětivé ovládání (pomocí chytrého telefonu),
2) zabezpečení systému,
3) napojení na stávající elektroinstalaci rodinného domu,
4) bezdrátová komunikace,
5) nízké náklady na tvorbu systému,
6) ovládání z jakéhokoli místa s připojením na internet.

Jelikož bylo nutné celý systém automatizace domácnosti uzpůsobit pro stávající elektroinstalaci v rodinném domě, bylo třeba najít řešení, jak jednotlivé prvky mezi sebou propojit bez nutnosti rozvodu další slaboproudé elektroinstalace v domě. Nejlepší a zároveň nejlehčí volbou se jevilo použít bezdrátové propojení. Aby bylo možné ovládat zvolené prvky domácnosti z jednoho ovládacího rozhranní, je důležité všechny propojit s jednou centrální řídící jednotkou. Na internetu se dnes vyskytuje nepřeberné množství řešených projektů na tvorbu domácí automatizace. Nejčastěji jsou pro řídící jednotky použity jednodeskové počítače jako například Raspberry Pi nebo Arduino. Hlavní rozdíl mezi těmito dvěma platformami je v softwarové výbavě. Činnost Raspberry řídí předem nainstalovaný operační systém, zatímco Arduino má v sobě pouze firmware, který je třeba přesně naprogramovat na danou funkci.

3.1 Analýza řídících jednotek

Protože navržený systém bude centralizovaný, je třeba zvolit i vhodnou centrální jednotku, která bude všechny vybrané prvky domácnosti ovládat. V tomto případě je centrální jednotka v zadání pevně zvolená, avšak existuje široká škála platforem, které je možné použít jako řídící jednotku. Níže je v několika bodech sepsáno, jaké jsou požadavky na tuto jednotku a co by měla obsahovat. Porovnání nejpoužívanějších platforem je v tabulce 3.1.

1) vytvoření ovládací aplikace, možné otevřít v počítačích s operačním systémem Windows i v zařízeních jako jsou chytré telefony nebo tablety s operačním systémem Android - vytvoření webového serveru,
2) přítomnost komunikační sběrnice pro připojení bezdrátového modulu,
3) možnost připojení k internetu a ovládání zařízení domácnosti i mimo

domov,

4) snadný programový vývoj aplikace a skriptů pro ovládání.

Tab. 3.1: Porovnání funkcí vybraných platforem

Platforma	Operační systém	Programovatelné I/O	Vytvoření webového serveru	Tvorba vlastních programů	Komunikační sběrnice SPI
Raspberry Pi	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Arduino	Ne	Ano	Dle typu	Omezeně	Ano
ATmega 328	Ne	Ano	Ne	Omezeně	Ano

3.1.1 Raspberry Pi 2 model B

Existuje hned několik verzí této platformy, v tomto případě se jedná o druhou verzi Raspberry Pi, konkrétně typ B viz vyznačený sloupec tabulky. Výrobcem je britská společnost Raspberry Pi Foundation. Přehled specifikace všech typů je uveden v tabulce 3.2.

Tab. 3.2: Specifikace typů počítačů Raspberry Pi

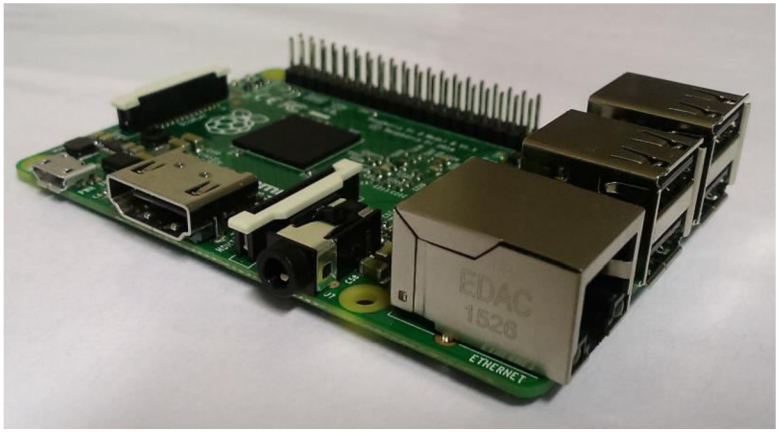
Vlastnost	Raspberry Pi 3 model B	Raspberry Pi Zero	Raspberry Pi 2 model B	Raspberry Pi model B+	Raspberry Pi model B
Datum vydání	29.2.2016	25.11.2015	2.2.2015	14.7.2014	20.2.2012
CPU	BCM2837 Quad Cortex A53 @ 1,2 GHz	BCM2835 ARM11 @ 1 GHz	BCM2836 Quad Cortex A7 @ 900 MHz	BCM2835 ARM11 @ 700 MHz	BCM2835 ARM11 @ 700 MHz
Instrukční sada	ARMv8-A	ARMv6	ARMv7-A	ARMv6	ARMv6
GPU	400 MHz VideoCore IV	250 MHz VideoCore IV	250 MHz VideoCore IV	250 MHz VideoCore IV	250 MHz VideoCore IV
RAM	1 GB SDRAM	512 MB SDRAM	1 GB SDRAM	512 MB SDRAM	256 MB SDRAM
Úložiště	micro SD	micro SD	micro SD	micro SD	SD
Ethernet	10/100	-	10/100	10/100	10/100
Wireless	802.11n / Bluetooth 4.0	-	-	-	-
Video výstup	HDMI / kompozitní	HDMI / kompozitní	HDMI / kompozitní	HDMI / kompozitní	HDMI / kompozitní

Audio výstup	HDMI / sluchátka	HDMI	HDMI / sluchátka	HDMI / sluchátka	HDMI / sluchátka
USB A	4x	-	4x	4x	2x
GPIO	40 pin	40 pin	40 pin	40 pin	26 pin
Cena [Kč]	800	160	800	800	600

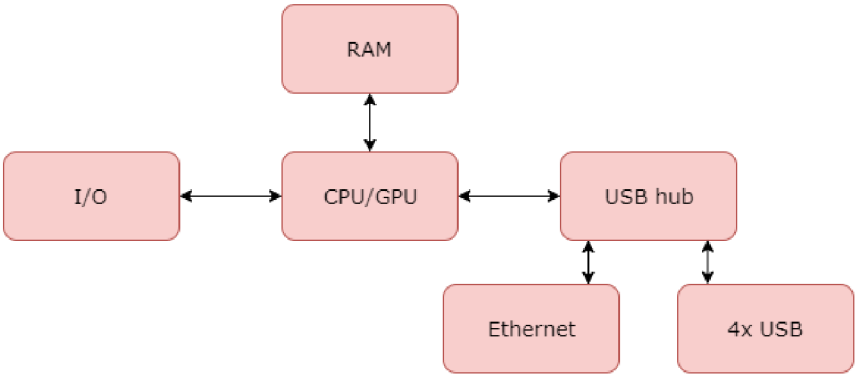
Je to jednodeskový počítač, ke kterému lze připojit obrazovku, myš, klávesnici, audio zařízení, ethernetový kabel, tak jako ke klasickému počítači. Kromě těchto konektorů obsahuje i speciální konektor pro připojení kamery či vlastního displeje (CSI, DSI) nebo také GPIO konektor. Právě tomuto konektoru je v následující kapitole věnována větší pozornost. Celý počítač je napájen pomocí micro USB konektoru, umístěného přímo na desce. Napěťová úroveň GPIO konektoru je ale 3,3 V. Výhodou je, že na tuto platformu existuje několik operačních systémů přizpůsobených k provozování například webového serveru, sledování filmů, programování v pythonu, hraní her nebo provozování virtuálních sítí či síťových datových úložišť. Z důvodu možnosti jednoduchého vytvoření webového serveru je Raspberry Pi tedy nejvhodnější platforma pro vytvoření centrální jednotky. Raspberry má pro instalaci vlastní instalační program NOOBS, který nabízí výběr z několika operačních systémů:

- Archlinux,
- OpenELEC,
- Pidora,
- RISC OS,
- XBMC - Kodi,
- Raspbian (wheezy, jessie).

Z důvodu rychlosti, stability a také možnosti jednoduchého vytvoření webového serveru byl zvolen operační systém Raspbian-wheezy. Pro informaci, jak takový minipočítač vypadá, je vložen následující obrázek.



Obr. 3.1: Raspberry Pi 2 model B.



Obr. 3.2: Blokové schéma počítače Raspberry Pi.

GPIO konektor

Zkratka znamená General Purpose Input/Output a je to pin procesoru vyvedený na desku, který lze softwarově naprogramovat. Tento model má 26 takových pinů. Každému pinu lze pochopitelně připojit i interní pull-up nebo pull-down rezistor. Konektor je opatřen ale i piny napájecími a uzemňovacími, celkově jich je tedy 40. Každý programovatelný pin je omezen proudovým zatížením 16 mA. Celkově ve stejný čas je možné z těchto programovacích pinů odebírat pouze 50 mA. Pro náročnější aplikace je tedy třeba tyto výstupy posílit například tranzistorem. Konektor disponuje komunikačními sběrnicemi SPI, UART a I2C. Všechny vyvedené piny procesoru jsou ale kompatibilní pouze s logickými úrovněmi CMOS 3,3 V a LVTTL. Připojení některého ze zařízení používajícího 5 V logické úrovně by mělo za následek destrukci vnitřního obvodu pinu.

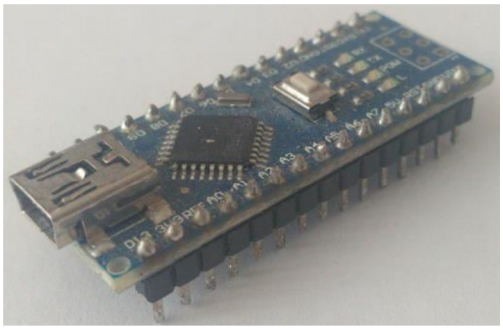
3.1.2 Arduino Nano

Opět se jedná o jednodeskovou open-source platformu využitelnou především pro různé projekty. Oproti Raspberry Pi ale nemá operační systém, tudíž se musí celá funkce krok

po kroku přesně naprogramovat. To je uvedeno v kapitole Software a programování v podkapitole Arduino IDE. Zároveň nelze tuto platformu oproti Raspberry použít jako plnohodnotný počítač. Tato vývojová deska včetně ostatních typů je založena na mikroprocesoru ATmega od firmy Atmel, ve většině desek je to ATmega 328. Platformu využívá velká část komunity, protože její použití je velmi jednoduché a její cena nízká. Existuje mnoho periferních zařízení (tzv. shieldy), které se dají k Arduinu připojit. Modul disponuje 14 digitálními I/O piny a z toho 6 z nich lze využít pro generování PWM signálu. Dále obsahuje 6 analogových I/O pinů, na kterých lze například nastavovat určitou hodnotu napětí nebo pomocí A/D převodníku zjišťovat vstupní hodnotu napětí. Vstupní napájecí napětí může být v rozsahu 6-20 V nebo stabilizovaných 5 V. Deska totiž obsahuje i stabilizátor pro snadnější připojení většího rozsahu napájecího napětí. I/O piny pracují s 5 V logickými úrovněmi a proudové zatížení jednoho je 40 mA. Vývojový modul disponuje také komunikačními sběrnicemi SPI, I2C nebo UART [9]. Tyto Arduino platformy existují v několika provedeních. Specifikace dostupných a nejpoužívanějších platforem je uvedena v tabulce.

Tab. 3.3: Specifikace typů desek Arduino

Vlastnost	**Nano**	**Uno**	**Leonardo**	**Mega2560**	**Pro mini 168**	**Pro micro**
Mikroprocesor	328P	328P	32U4	2560	168	32U4
Vin [V]	6-20	6-20	6-20	6-20	6-20	6-20
Vcc [V]	5	5	5	5	5/3,3	5/3,3
Paměť SRAM/EEPROM [kB]	2/1	2/1	2,5/1	8/4	1/0,5	2,5/1
Rozhraní	I2C, SPI, UART	I2C, SPI, UART	I2C, SPI, UART	I2C, SPI, UART	I2C, SPI, UART	I2C, SPI, UART
Rozměr [mm]	18x45	54x67	54x67	54x102	18x24	18x34
Cena [Kč]	160	300	360	420	120	250



Obr. 3.3: Vývojový kit Arduino Nano.

Pro tento projekt bylo nejprve vybráno Arduino Nano, vzhledem ke svým rozměrům a jednoduchosti. Plánováno bylo jako jakýsi mozek každého ovládaného modulu mimo centrální řídící jednotku. Vzhledem k potřebným rozměrům výsledných desek modulů ale bylo přikročeno ke kroku použití samotného procesoru Arduina bez vývojové desky. Jedná se tedy o procesor ATmega 328 s bootloaderem Arduino Uno, jemuž je v další kapitole věnována větší pozornost.

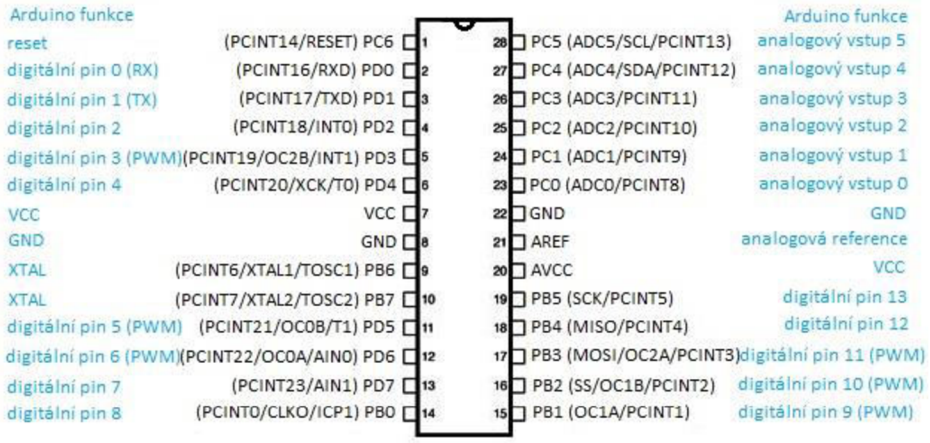
3.1.3 ATmega 328

Procesor ATmega 328, který se používá ve vývojových platformách Arduino Nano a Arduino Uno má v sobě nahraný bootloader, pomocí kterého je možné procesor programovat v prostředí Arduino IDE. Všechny výsledné ovládací moduly se tedy programovaly v klasickém prostředí Arduino IDE téměř stejným způsobem jako každé jiné Arduino. Pro jednodušší manipulaci a pájení procesoru byl vybrán procesor v pouzdře DIP28 avšak vyrábí se i v menším pouzdře TQFP.

Procesor pochází z rodiny Atmel AVR 8-bitových procesorů s instrukční RISC sadou. Jeho pracovní napájecí napětí je od 1,8 do 5,5 V a napěťová úroveň pinů je 5 V. Obsahuje 32 kB flash paměť, 2 kB SRAM, 1 kB EEPROM a 32 registrů. Disponuje 23 vstupně výstupními piny se třemi flexibilními čítači/časovači, 6 kanálovým 10-bitovým A/D převodníkem, vnitřním a vnějším přerušením na dvou pinech a také sériovými sběrnicemi SPI, UART a I2C. V případě zaseknutí procesoru je možné také použít watchdog timer pro reset procesoru. Umožňuje použití i různých typů módů pro uvedení procesoru do režimu spánku [10]:

- sleep_mode_idle - nejméně úsporný,
- sleep_mode_adc,
- sleep_mode_pwr_save,
- sleep_mode_stanby,
- sleep_mode_pwr_down - nejvíce úsporný.

Procesor lze použít i bez externího oscilátoru, jelikož obsahuje vnitřní 8 MHz oscilátor. Snižuje se tím ale, bohužel, rychlost procesoru, a tak v našem případě bude procesor doplněn o externí krystalový oscilátor s hodnotou 16 MHz. Níže na obrázku je znázorněn popis pinů s analogií pinů Arduina.



Obr. 3.4: Popis pinů mikrokontroléru a analogie Arduina.

3.2 Analýza a výběr bezdrátových modulů

Pro bezdrátovou komunikaci lze dnes zakoupit mnoho modulů. Vybírány jsou dle několika faktorů:

1) dosah signálu,
2) rozměry,
3) cena,
4) dispozice knihoven pro skriptovací a programovací jazyky.

Je také nutné, aby nebylo třeba hloubkového zásahu do systému dané platformy. Následující tabulka porovnává vlastnosti analyzovaných bezdrátových modulů. Ceny jsou uvedeny dle portálu ebay.com.

Tab. 3.4: Srovnání vlastností bezdrátových modulů

Modul	Dosah [m]	Rozměry [mm]	Komunikační sběrnice	Frekvenční pásmo [GHz]	Cena za 1ks [Kč]
ZigBee	60-1200	25x28	UART, SPI	2,4	590,-
Esp8266	320	15x25	UART, I2C, SPI	2,4	43,-
NRF24L01	až 1100	dle typu	SPI	2,4	34-56,-

3.2.1 Bezdrátový modul ZigBee

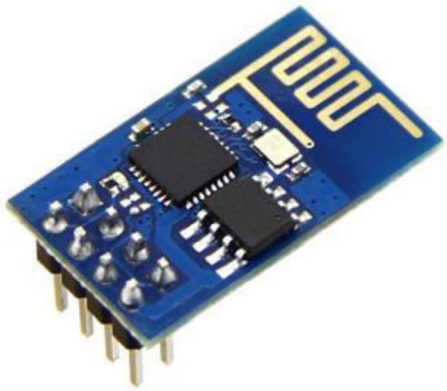
Jedná se o technologii založenou na standardu IEEE 802.15.4, která byla schválena roku 2003 institutem pro elektrotechnické inženýrství. Protokol, jehož komunikace je založená na paketech, je určen pro úsporná zařízení napájená především z baterií.

ZigBee je určen i do takových prostředí, která jsou silně zarušená elektromagnetickými signály, přestože jeho komunikace probíhá na velmi využívané frekvenci 2,4 GHz. Mezi přednosti tohoto standardu patří i podpora různých topologií jako například point-to-point nebo tvz. „mesh“ sítě, které umožňují komunikaci prostřednictvím ostatních modulů v síti. Touto sítí lze tedy zvýšit dosah, propojením několika modulů. Zabezpečení komunikace je realizováno pomocí šifry AES a 128 bitového klíče. V síti je pak možné provozovat až 65 tisíc komunikačních uzlů. S procesorem modul komunikuje pomocí sériové sběrnice UART [9]. Bohužel, oproti ostatním modulům zmíněným v tabulce 3.4 je ale tento modul nejdražší.

Obr. 3.5: Modul ZigBee (převzato z [11]).

3.2.2 Bezdrátový modul Esp8266

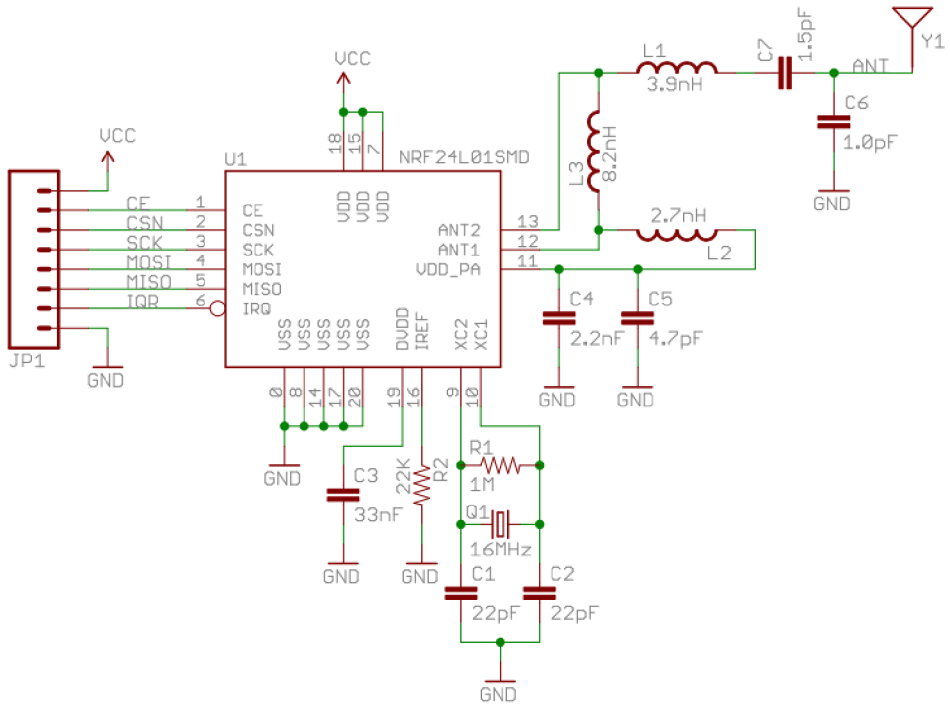
Bezdrátový modul komunikující taktéž na frekvenci 2,4 GHz je dostupný v několika provedeních, označených ESP-12, ESP-07, ESP-05, ESP-01 atd. Každý z uvedených provedení je nějak specifický a má různé výhody a nevýhody. Některé typy mají vyvedené GPIO piny na desce, některé zase mají možnost připojení externí antény anebo se liší velikostí vnitřní FLASH paměti. Stále se ale jedná o cenově velmi dostupný modul. Rok vývinu těchto modulů není příliš znám, ale odhaduje se na pomezí roku 2013 a 2014. Modul v základním provedení podporuje rozhraní UART. Bohužel, dle dostupných informací, modul nedisponuje zabezpečením bezdrátového komunikačního protokolu. Je tedy nutné citlivá data před odesláním zašifrovat a na straně přijímače zpětně dešifrovat. K tomuto účelu je možné použít například obyčejnou logickou operaci XOR k vytvoření klíčového slova. Napájecí napětí modulu je 3,3 V, tudíž i napěťové úrovně pinů jsou 3,3 V. Piny ale, bohužel, nejsou kompatibilní s 5 V logikou, proto je není možné použít ve spojení s procesorem ATmega 328 [12].



Obr. 3.6: Modul esp8266 (převzato z [12]).

3.2.3 Moduly NRF24L01+, mini NRF24L01+ a NRF24L01+PA+LNA

Jsou to tři podobné bezdrátové moduly komunikující na frekvenci 2,4 GHz. Rozdíl je pouze v rozměrech a vysílaném výkonu. Integrované obvody těchto modulů vyrábí Nordic Semiconductor. Modul vyniká především svým rozšířením použití. Často se vyskytuje v různých projektech domovní inteligentní automatizace nebo například v komunikaci mezi ovladačem a modelem RC auta, často ve spojení s platformou Arduino nebo Raspberry Pi. Modul, u kterého je za označením doplněno „+PA+LNA“ má přídavný zesilovač pro větší výkon a tudíž i dosah signálu. Také má navíc 2 dBi anténu připojenou pomocí konektoru SMA pro lepší vyzáření výkonu signálu do okolí. Rychlost komunikace modulů na frekvenci 2,4 GHz je možné programově nastavit a může být od 250 kbps do 2 Mbps. Dosah modulu se liší typ od typu použitého modulu. Modul s vestavěným zesilovačem a externí anténou má dosah na volném prostranství až 1100 m. Další dva moduly, které nemají externí anténu a mají ji integrovanou na DPS mají dosah menší. Jejich dosah se ale mění s použitím různé rychlosti, čím vyšší bude rychlost, tím nižší bude dosah komunikace. Zároveň je možné dosah ovlivnit i programovým nastavením vysílaného výkonu. S dosahem souvisí i prostředí, ve kterém se signál modulu šíří. V zastavěné oblasti bude pochopitelně signál slabší než v oblasti bez překážek. Komunikace mezi tímto modulem a procesorem probíhá přes sběrnici SPI. Kromě této sběrnice se na desce modulu nachází i pin hardwarového přerušení (IRQ), který ale v této práci není využit. Napájecí napětí těchto modulů je 3,3 V, tudíž logické úrovně jsou typu LVTTL. Modul je ale na rozdíl od předchozího bezdrátového modulu tolerantní i k úrovním 5 V. V této práci byly vybrány právě dva typy těchto modulů. Konkrétně se jedná o typ mini a typ s přídavným zesilovačem a externí anténou. Není to ale jediná věc, kvůli které byly zvoleny. Jde také o velký dosah modulu, rozměry a cenu. Klíčovým rysem byla i tolerance napěťových úrovní pro připojení k procesoru.



Obr. 3.7: Obvodové schéma bezdrátového modulu mini NRF24L01+.

Obr. 3.8: Modul NRF24L01+PA+LNA (převzato z [13]).

SPI komunikace

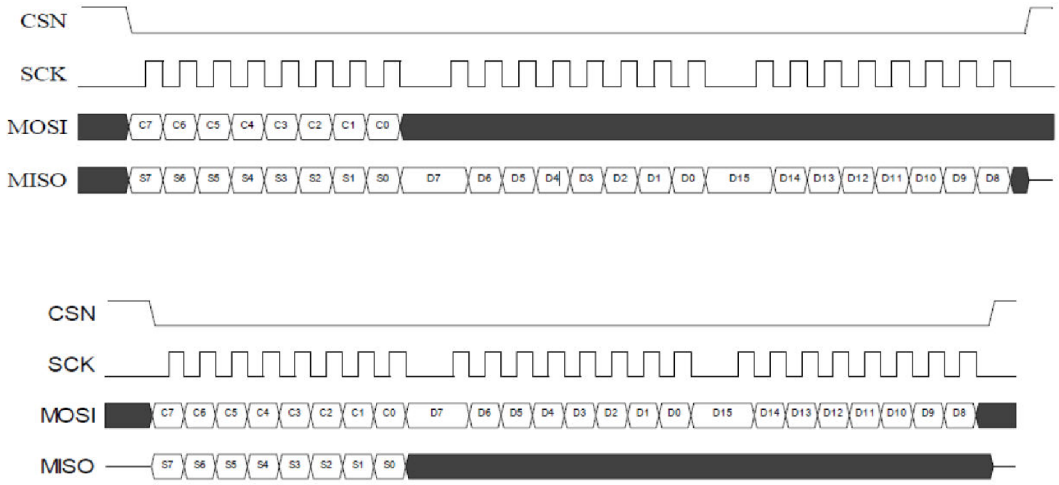
Jelikož byl pro tento systém vybrán bezdrátový modul NRF24L01+ komunikující s mikroprocesorem pomocí sběrnice SPI, bude jeho komunikační standard v této kapitole více rozebrán.

Modul pro komunikaci SPI disponuje 8-pinovým konektorem, na který je sběrnice vyvedena. Jedná se o tyto piny:

- GND - zem,
- VCC - napájecí napětí (3,3 V),

- MISO - datová komunikace (master in slave out),
- MOSI - datová komunikace (master out slave in),
- SCK - hodinový signál,
- CE - určení módu pro příjem/vysílání,
- CSN - zvolení zařízení pro aktuální komunikaci.

Na obrázku níže je zobrazena komunikace po jednotlivých vodičích tohoto standardu. V horní části je znázorněna komunikace při čtení a v dolní při zápisu. Označení Cn jsou bity příkazu, Dn bity dat a Sn bity status registru. Jednotlivé bity se posílají od nejvíce významného po nejméně významný. Datové byty jsou ale v pořadí opačném [13].



Obr. 3.9: Diagram komunikace SPI (převzato z [13]).

Komunikační protokol ShockBurst

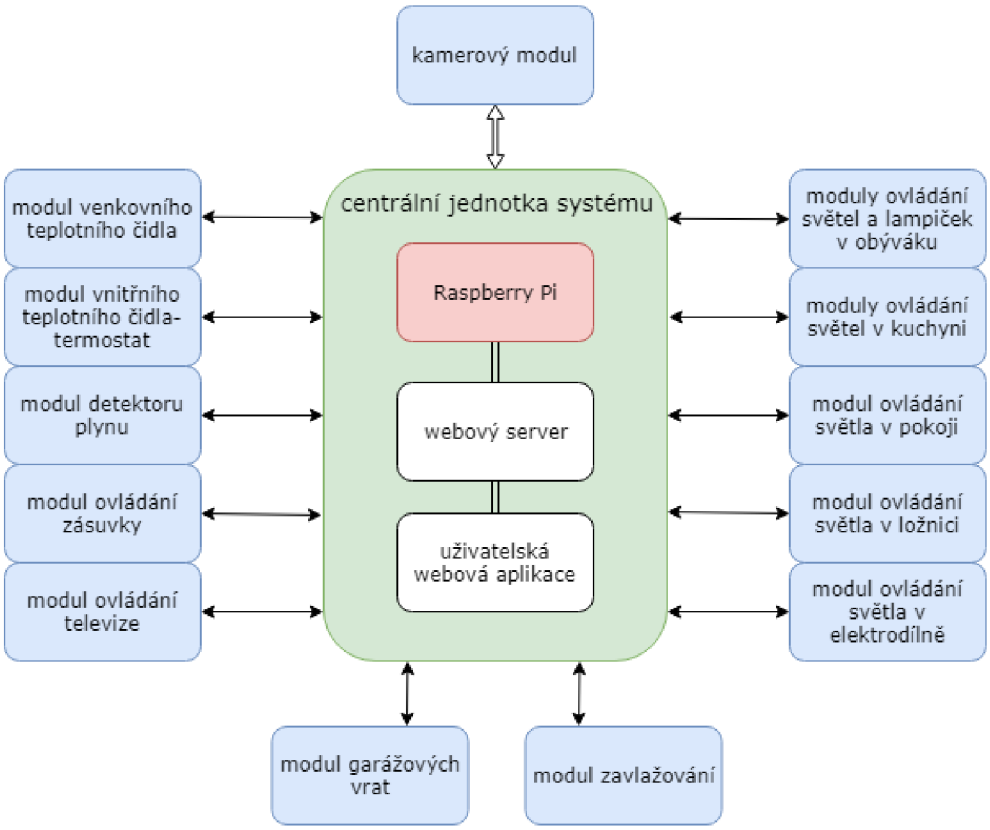
Jedná se o protokol, který používá vybraný bezdrátový modul NRF24L01+. Velikou výhodou, a tím i usnadněním používání, je implementované zabezpečení komunikace pomocí CRC. Protokol také disponuje automatickým potvrzením paketu (ACK). Pokud se některý z paketů nedoručí, dojde po určitém čase k opětovnému odeslání. Tento čas lze softwarově nastavit. Jednotlivé pakety tohoto protokolu jsou složeny z několika částí a lze je vidět v tabulce níže.

Tab. 3.5: Složení paketu protokolu SchockBurst

Preambule	Adresa	Řídící pole paketu	Datové bajty	CRC
1 byte	3-5 bytů	9 bitů	0-32 bytů	1-2 bytů

Preambule slouží k synchronizaci přijímače. Adresa uvádí, který modul má tuto zprávu přijmout. V řídícím poli se nachází počet datových bajtů a příznak automatického přijetí paketu. Datové bajty pochopitelně obsahují posílaná data, která mohou mít maximální délku 32 bajtů. Na konci se nachází CRC kontrolní součet, který slouží pro kontrolu, zda data neobsahují chybu a případně je opraví. Celá komunikace je obousměrná, tzn. že moduly mohou jak přijímat, tak vysílat, a to je pro tento systém obzvláště důležité [13].

3.3 Blokové schéma a navržení konceptu inteligentního systému



Obr. 3.10: Blokové schéma navržené koncepce systému.

Jak už bylo uvedeno v předchozích kapitolách, jedná se o systém centralizovaný, tedy skládá se z hlavní centrální jednotky, konkrétně Raspberry Pi, a ostatních ovládaných modulů. Na platformě Raspberry Pi je spuštěn webový server s naprogramovaným uživatelským rozhraním. Uživatelské rozhraní je možné otevřít v jakémkoli počítači nebo chytrém telefonu či tabletu a je vytvořeno tak, aby bylo na ovládání pro uživatele co nejjednodušší a nejpřívětivější. Bezdrátově, pomocí vybraných modulů NRF24L01+ mini a NRF24L01+PA+LNA centrální jednotka komunikuje s ostatními moduly, které

mají za úkol ovládat připojená zařízení. Výjimkou je kamerový modul, který je připojen k řídící jednotce drátově pomocí 15 pin plochého kabelu. Jak už bylo zmíněno, řídícím prvkem všech ovládaných modulů mělo být Arduino Nano. Z důvodu jeho rozměrů a spotřeby ale bylo nahrazeno samotným procesorem ATmega 328. Procesor slouží pro připojení a komunikaci s bezdrátovým modulem a také k následnému ovládání spínače relé, pieza a jiných prvků, které ovládané moduly obsahují. Jejich detailnější popis je v kapitole 3.4. Komunikace je mezi řídící jednotkou a ovládaným modulem vždy oboustranná. Jednotka odesílá požadavky o změně stavu zařízení a obratem přijímá aktuální stav po změně. Zelená barva obdélníčku v blokovém schématu představuje centrální jednotku, červená řídící počítač a modrá ovládací moduly zařízení.

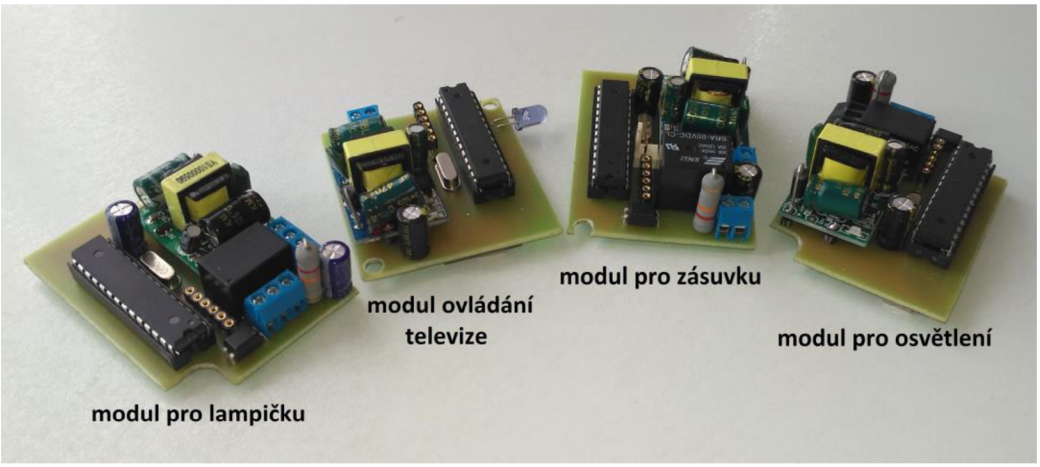
Systém ve finální fázi obsahuje tyto ovládací moduly:

- moduly pro ovládání lampiček v obývacím pokoji,
- moduly pro ovládání světel v obývacím pokoji, v kuchyni, v pokoji, v ložnici a v elektrodílně,
- modul zavlažování ovocných stromků na zahradě,
- modul garážových vrat,
- modul ovládání televize,
- modul ovládání zásuvky,
- modul detektoru plynu,
- modul vnitřního teplotního čidla-termostatu,
- modul venkovního teplotního čidla,
- kamerový modul.

Všechna schémata navržených a vyrobených modulů jsou vložena v příloze tohoto dokumentu. Vzhledem k rozsahu práce ale nejsou součástí přílohy návrhy DPS. Ty lze najít pouze na přiloženém CD.

3.4 Moduly inteligentní domácnosti

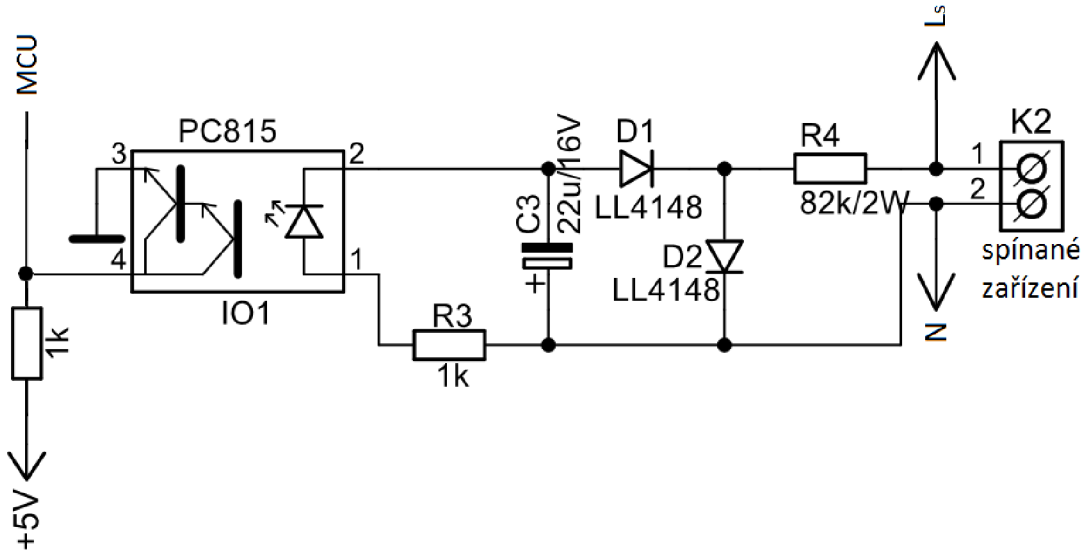
Celkově se jedná o 16 modulů, z toho 15 modulů má vlastní desku plošných spojů. Poslední je kamerový modul, který je sestaven pouze z kamery a infračervených modulů, z toho důvodu pro něj není navržena žádná deska s jakýmikoliv součástkami.



Obr. 3.11: Ukázka vybraných ovládaných modulů navrženého systému.

Pro napájení všech ostatních ovládaných modulů se na deskách nachází 5 V AC/DC napájecí zdroje s maximálním výstupním proudem 700 mA. Všechny ovládané moduly obsahují jako řídící jednotku procesor ATmega 328 a některý ze dvou vybraných bezdrátových modulů NRF24L01+. Zvoleny jsou vždy podle aktuální potřeby dosahu daného modulu a podle potřeby výsledných rozměrů. Pro jejich napájení jsou použity dodatečné stabilizátory napětí MC33269DT-3.3V s dostatečným výstupním proudem pro jejich dobré napájení a správnou funkci. Rovněž pro správnou funkci je připojen k napájení bezdrátových modulů i kondenzátor 10 uF. Součástí každého modulu je kondenzátor 22 uF/16 V pro vyrovnání případného zvlnění napájecího napětí. Z hlediska proudového zatížení pinu procesoru není možné relé spínat přímo, proto je výstupní proud posílený NPN tranzistorem. To se týká všech modulů, kde je použito přepínacího relé. Z důvodu bezpečnosti má každý modul, s výjimkou řídícího, instalovanou pojistku přímo na DPS, která by měla moduly ochránit před případným zkratem a následným možným požárem. Moduly se programují pomocí připraveného konektoru dutinkové lišty.

Pro informaci o stavu osvětlení, má systém implementovanou funkci zpětné vazby. Téměř na každé desce je vytvořen obvod, který neustále kontroluje stav ovládaného zařízení, a v případě jeho změny se informace odešle centrální jednotce. Stav se kontroluje taktéž neprodleně při zapnutí ovládacího modulu. Zapojení sledovacího obvodu je na následujícím obrázku.



Obr. 3.12: Obvod pro sledování stavu připojeného zařízení.

V okamžiku přivedení napětí 230 V na svorkovnici K2 (připojení spínané fáze - L_s) se vytvoří nízké napětí pro napájení diody v oddělovacím prvku - optočlenu. Darlingtonův tranzistor v optočlenu se otevře a tím uzemní vstupní pin procesoru. Na změnu už následně zareaguje procesor dle programu.

3.4.1 Řídící modul

Řídící modul se skládá z centrální jednotky Raspberry Pi a navrženého nástavbového modulu. Tyto dvě desky jsou spojeny pomocí GPIO konektoru na Raspberry Pi, na kterém je spuštěn webový server s naprogramovaným uživatelským rozhraním. Nástavbový modul obsahuje bezdrátový modul NRF24L01+PA+LNA, pro dobré pokrytí signálu všech ovládaných modulů. Napájen je taktéž stabilizátorem 3.3 V. V případě možného zvlnění napájení Raspberry Pi je na desce přidán kondenzátor 22 uF/16 V. Celá řídící jednotka je napájena pomocí klasického USB adaptéru pro nabíjení telefonů. Nainstalována je v krabičce, která je umístěná na stěně uprostřed chodby v rodinném domě.

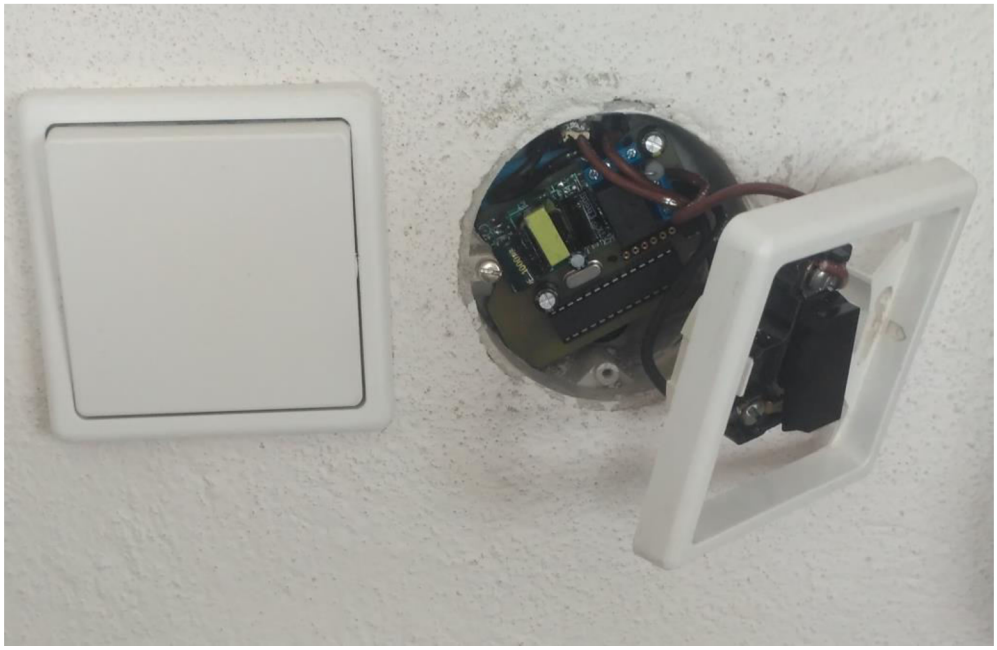
Obr. 3.13: Fotografie centrální řídící jednotky.

3.4.2 Moduly pro osvětlení

Těchto modulů je vyrobeno celkem 6, jelikož jsou použity pro ovládání osvětlení v kuchyni, na kuchyňské lince, v obývacím pokoji, v dětském pokoji, v ložnici a v elektrodílně. Moduly zapínají a vypínají osvětlení v daných místnostech takovým způsobem, aby byla zachována funkčnost klasických přepínačů na stěně. Spínacím prvkem modulů jsou klasické přepínací relé. Ta jsou zapojena do stávající elektroinstalace stejným způsobem jako klasický schodišťový přepínač (přepínač č. 6). Moduly obsahují řídící procesor ATmega 328, bezdrátový modul NR24L01+, stabilizátor napětí, napájecí zdroj AC/DC 5 V a relé modul N4100CH-5V pro spínání osvětlení. Všechny moduly osvětlení obsahují obvod pro zpětnou vazbu. Jakmile se změní stav žárovky na rozsvíceno/zhasnuto, ať už pomocí klasického vypínače nebo pomocí uživatelského rozhraní, obvod zpětné vazby (Obr. 3.12.) změnu zaregistruje a procesor dle logické úrovně na vstupním pinu stav vyhodnotí a pošle informaci řídící jednotce.

Aby nedošlo při výpadku napájení a následném obnovení elektrického proudu ke změně stavu osvětlení z důvodu rozepnutí relé, zaznamenává se stav osvětlení při každé změně stavu relé do EEPROM paměti procesoru. Do tohoto stavu se po obnovení napájení uvede relé ihned po startu ovládacího modulu.

Pro bezdrátovou komunikaci je použit modul ve verzi mini, to z toho důvodu aby výsledná deska byla co nejmenších rozměrů a všechny tyto moduly pro ovládání světel se následně vešly do instalační krabice typu KU68. Jejich instalace je totiž určena pod vypínač tak, jak je vidět na obrázku 3.14. Aby mohl modul fungovat, je nutné, aby do vypínače byl přiveden kromě fázového vodiče i vodič nulový.



Obr. 3.14: Fotografie nainstalovaného modulu osvětlení pod vypínačem.

3.4.3 Moduly pro lampičky

Moduly jsou téměř identické s moduly pro osvětlení, jen mají nepatrně odlišné okraje desky a použité jiné svorkovnice, vhodné do použité instalační krabičky. Jsou vyhotoveny ve dvou kusech a určeny pro ovládání nástěnných lampiček v obývacím pokoji. Obsahují rovněž procesor ATmega 328, napájecí zdroj 5 V, bezdrátový modul NRF24L01+ mini, stabilizátor napětí a relé modul. Zapojení žárovky a relé je též stejné jako u modulu osvětlení. Krabička s modulem má totiž zabudovaný přepínač, který funguje stejně jako přepínač schodišťový. To umožňuje ovládání lampičky klasickým vypínačem a inteligentním systémem zároveň. I tyto moduly mají implementovanou funkci zpětné vazby.

3.4.4 Modul pro zásuvku

Téměř stejný modul jako jsou moduly pro osvětlení, jen se zde nespíná žárovka ale připojená zásuvka. Skládá se ze stejných součástek mimo relé modulu. Místo relé N4100CH-5V, které může spínat maximální proud 3 A, je použito relé SRA-05VDC s maximálním spínacím proudem 20 A. V rámci zpětné vazby modul odesílá informaci řídícímu modulu o zapnuté nebo vypnuté zásuvce. Zapnutá zásuvka je doplněna o signalizaci červenou LED diodou, umístěnou na krabičce, ve které je modul a zásuvka nainstalována. Jedná se o speciální krabičku, která již obsahuje zásuvkovou vidlici. Modul je určen pro náhodné použití např. připojení lampiček, vánočního stromku, vánočního osvětlení apod. Je konstruován tak, aby jej bylo možné lehce přenášet a

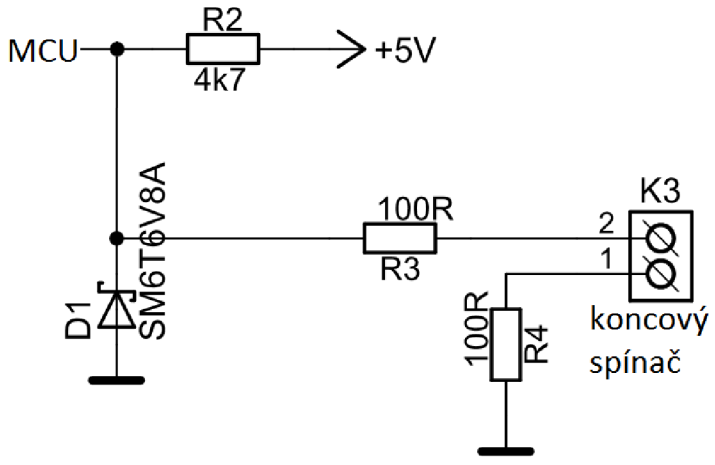
používat. U tohoto modulu bylo dříve plánováno i měření spotřeby energie, avšak z důvodu časové tísně již měření nebylo implementováno.

3.4.5 Modul ovládání televize

Modul je určen pro ovládání televize a skládá se z procesoru, napájecího zdroje, bezdrátového modulu, stabilizátoru a v poslední řadě také infračervené diody. Ovládání probíhá stejně jako u klasických dálkových ovládání. Infračervenou diodou se vysílá kód dané funkce směrem k přijímači televize. Modulem je možné ovládat televizi Panasonic zapnutím, vypnutím, funkcemi snižování a zvyšování hlasitosti a programu, ztlumení hlasitosti a zobrazení informace o programu. Modul nemá implementovanou žádnou zpětnou vazbu, tudíž jeho použití je určeno spíše v přítomnosti uživatele. Je nainstalovaný do malé krabičky a umístěn na protější stranu stěny televize.

3.4.6 Modul garážových vrat

Pro garážová vrata je vyroben modul, který bude bezdrátově ovládat jejich otevírání a zavírání. Zpětná vazba bude informovat uživatele o jejich aktuálním stavu. Modul se skládá z procesoru, napájecího zdroje, bezdrátového modulu s anténou, stabilizátoru a modulu relé. Jelikož ale zatím nejsou instalovány elektrická vrata garáže, není ani tento modul nainstalován v běžném provozu. Modul používá pro identifikaci zavřených či otevřených vrat koncový spínač, který bude umístěn na spodní straně vrat nebo na podlaze přímo pod vraty. Zavření nebo otevření vrat tedy způsobí změnu stavu koncového spínače, který již zaznamená procesor. Součástí modulu je i doplněný obvod, zajišťující eliminaci rušení na vodičích přivedených ke koncovému spínači, aby nedocházelo k nevyžádanému samovolnému vyhodnocování změny stavu koncového spínače. Jeho zapojení je na obrázku (obr. 3.15).



Obr. 3.15: Obvod pro eliminaci rušení na vodiči.

3.4.7 Modul detektoru plynu

V domě, ve kterém je tento systém nainstalován, je ústřední vytápění řešeno plynovým kotlem. To může vyvolávat obavy z možného úniku zemního plynu. Proto byl navržen a vyroben modul detektoru plynu. Skládá se z procesoru, napájecího zdroje, bezdrátového modulu, stabilizátoru, senzoru plynu MQ5 a mimo jiné i pieza, které vydává střídavý tón v případě výskytu plynu ve vzduchu. Senzor plynu MQ5 je modul vyrobený pro potřeby vývojových platforem Arduino. K desce modulu detektoru je připojen pomocí hřebínkové lišty se čtyřmi piny. Dva piny jsou napájení modulu senzoru a další dva jsou analogový a digitální výstup. Využitý je pouze výstup analogový. Hodnota analogového výstupu se poté v programu procesoru porovnává s mezní hodnotou. Při překročení určité mezní hodnoty se rozezní piezo, zároveň začne blikat připojená LED dioda vestavěná v krabičce a odešle se informace o úniku plynu centrální jednotce. Modul je vložen do stejné krabičky s vidlicí jako modul pro zásuvku a je zapojen do zásuvky pod stropem v koupelně vedle plynového kotle.

3.4.8 Modul pro zavlažování

Modul je určen pro zavlažování ovocných stromků na zahradě. Obsahuje řídící procesor, napájecí zdroj, bezdrátový modul s externí anténou, stabilizátor a relé SRA-05VDC. Modul je instalován do krabičky společně s vodovodním elektromagnetickým ventilem značky SIEBE, který ovládá. K ventilu je připojeno vstupní a výstupní vodovodní potrubí o velikosti 3/4". V krabičce je zabudován i vypínač pro možnost úplného vypnutí modulu. Zapnout zavlažování je možné jak pomocí uživatelského rozhraní, tak i manuálně. Na krabičce je namontováno tlačítko, kterým lze zavlažování zapnout i manuálně a bez použití ovládacího rozhraní systému. Po každém zapnutí zavlažování je ventil sepnut po nastavenou dobu pěti minut. Tento čas je možné změnit pouze v programové smyčce zdrojového kódu procesoru. Pomocí zpětné vazby posílá modul informaci o každé změně stavu zavlažování. Stejně jako u modulu garážových vrat má i tento modul doplněný obvod, zajišťující eliminaci rušení, připojený k tlačítku zapínání zavlažování. Jelikož elektromagnetický ventil je indukční zátěž, vytváří se při odpojování napájecího napětí ventilu záporná napěťová špička o vysokém napětí. To způsobuje časté opalování kontaktů relé. K eliminaci tohoto jevu je použit varistor VCR10D391, připájený v bezprostřední vzdálenosti přímo ke svorkám elektromagnetického ventilu.

3.4.9 Modul venkovního teplotního čidla

Pro informaci uživatele o venkovní teplotě je vyroben modul s teplotním čidlem DS18B20, který opakovaně po nastavenou dobu 3 minut měří teplotu a posílá ji řídící jednotce. Modul se skládá z procesoru, napájecího zdroje, bezdrátového modulu s

externí anténou, stabilizátoru a digitálního teplotního čidla. Umístěn je v elektroinstalační krabici na zdi u vchodových dveří.

3.4.10 Modul vnitřního teplotního čidla - termostatu

Modul obsahuje stejné prvky jako předchozí modul s výjimkou malé verze bezdrátového modulu a s doplněním o relé N4100CH-5V. Je určen pro zastání funkce termostatu plynového kotle značky Dacon a pro informaci o teplotě uvnitř domu. Modul pravidelně přijímá informaci o nastavené teplotě a porovnává ji s teplotou naměřenou, kterou zároveň opakovaně měří a odesílá řídícímu modulu. Pokud modul obdrží od řídícího modulu příkaz k zapnutí vytápění, začne ovládat plynový kotel prostřednictvím relé v závislosti na výsledku porovnání teplot. Každá změna stavu vytápění je odesílána řídícímu modulu. Modul je umístěný v krabičce a připevněn místo starého nefunkčního termostatu na stěně v obývacím pokoji.

3.4.11 Kamerový modul

Kamerový modul, jak už bylo zmíněno, je jediný modul, který je k řídícímu modulu připojen drátově. Jedná se o připojení 15-ti pinovým plochým kabelem o délce 3 m. Důvodem tohoto připojení je rychlost a kvalita přenosu obrazu. Pro tento modul není vyrobená žádná deska plošných spojů. Skládá se pouze ze speciální kamery určené pro Raspberry Pi a z infračervených modulů. Tyto moduly slouží pro přisvícení kameře v noci, tím pádem má kamera i noční vidění. Kamerový modul je instalován přímo do krabičky, která je umístěná nad vstupními dveřmi domu.

3.5 Použitý software pro návrh schémat a DPS

Veškeré schémata a desky plošných spojů byly vytvořeny v návrhovém systému Eagle 6.4.0. Jedná se o jednoduchý a výkonný program od společnosti CadSoft pro návrh elektrotechnických schémat a desek plošných spojů. Program je velmi rozšířený a využívaný, jelikož jeho licence pro nekomerční použití je volně šiřitelná. Vzhledem k plné verzi je omezená pouze v rozměrech výsledné desky tzv. Eurokarty. Program umožňuje jednoduché vytvoření vlastních knihoven, nebo import stažených knihoven do programu. Využití této možnosti bylo v práci nutností a byla vytvořena knihovna s několika individuálními součástkami. Součástí vyšších verzí programu je např. i Eagle3D určený pro tvorbu 3D modelů. Eagle je dostupný v různých jazycích a pro různé operační systémy [14]. Skládá se z hlavních částí:

- schematický editor,
- editor plošného spoje,

- editor knihoven,
- autorouter,
- CAM procesor.

3.6 Výroba a oživování DPS

V této práci bylo vytvořeno hned několik prototypů DPS různých modulů. Důvodem bylo testování zapojení, jejich funkčnost a chyby. Ještě než se začaly tyto prototypy vyrábět, byla zkoušena různá zapojení na nepájivém poli. Některé prototypy modulů musely být několikrát upraveny, než bylo dosaženo požadovaného výsledku a bezchybné funkčnosti. Prototypy desek byly z hlediska ceny vytvářeny v domácích podmínkách. Ve finální verzi bylo dohromady všech 16 DPS vyrobeno firmou Apama, s.r.o. Brno. Pro lepší vzhled a vlastnosti jsou všechny desky opatřeny nepájivou maskou zelené barvy. Po osazení každé DPS byly desky nejprve vizuálně zkontrolovány jestli neobsahují zkratové spoje mezi cestami. Poté byly otestovány bez procesoru připojením napájecího napětí a změřením napětí pro procesor. Až poté, pokud byly desky v pořádku, byl vložen procesor a naprogramován pomocí servisního konektoru na desce. V poslední řadě byly moduly otestovány, zda plní svoji funkci a nainstalovány do příslušné krabičky.

3.7 Software a programování

3.7.1 Raspberry Pi

V první řadě bylo potřeba nainstalovat operační systém do platformy Raspberry Pi. Vhodný systém pro tuto aplikaci je Raspbian Wheezy. Podporuje jednoduché vytvoření webového serveru, je kompatibilní se všemi připojenými prvky (kamera, bezdrátový modul, Wi-Fi adaptér) a obsahuje implementované nástroje potřebné k vytvoření uživatelského webového rozhraní. Postup instalace operačního systému je jednoduchý. Na paměťovou kartu o velikosti nejméně 4 GB se ve Windows pomocí programu „Win32DiskImager“ rozbalí ISO soubor s operačním systémem Raspbian. Poté se karta vloží do Raspberry Pi a po spuštění se provede prvotní nastavení, ve kterém je potřeba povolit “strom zařízení“, SPI rozhraní a kameru.

Pro připojení k Raspberry Pi je použito speciálního nástroje „Putty“. Raspberry Pi je připojeno k domácí Wi-Fi síti pomocí USB Wi-Fi adaptéru. Adaptér je třeba správně nakonfigurovat, aby bezproblémově fungoval. Poté se Putty připojí pomocí SSH protokolu IP adresou, kterou router přiřadil Wi-Fi adaptéru-Raspberry Pi. Z tohoto důvodu byla v routeru rezervována IP adresa pro MAC adresu Wi-Fi adaptéru, aby

router tomuto zařízení stále přiřazoval stejnou IP adresu. Po připojení a úspěšném přihlášení je dostupný terminál operačního systému založený na Linuxu. Terminál Raspberry Pi je také možné používat v grafickém rozhraní po připojení obrazovky, myši a klávesnice, avšak to je u tohoto systému zbytečné. V terminálu je možné editovat a vytvářet soubory nebo instalovat potřebné balíčky programů pomocí příkazů v jazyce Shell. Nejprve je třeba spustit update a upgrade systému a nainstalovat webový server Apache2. Dále jsou ještě doinstalovány balíčky pro použití PHP ve webovém rozhraní, Python pro vytváření skriptů programu, ovladač pro používání GPIO konektoru, ovladač pro použití kamery a knihovnu pro bezdrátový modul NRF24L01. K tomu jsou použity jednotlivě zadávané tyto základní příkazy:

```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade -y
sudo apt-get install apache2 -y
sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5 -y
wget
https://pypi.python.org/packages/9d/9b/7532adeadd0338677f4f61b5ebc4
16adc6a7442dedc5ea3f727a059cf60e/RPi.GPIO-0.5.2a.tar.gz
tar -xvzf RPi.GPIO-0.5.2a.tar.gz
cd RPi.GPIO-0.5.2a
sudo python setup.py install
cd
sudo apt-get install python-dev python3-dev -y
wget https://github.com/Gadgetoid/py-spidev/archive/master.zip
unzip master.zip
cd py-spidev-master/
sudo python setup.py install
sudo python3 setup.py install
cd
git clone https://github.com/BLavery/lib_nrf24
cd lib_nrf24/
cp lib_nrf24.py /var/www/
cd
```

Následně bylo vytvořeno uživatelské webové rozhraní pro ovládání jednotlivých modulů. Tomuto rozhraní je věnována širší pozornost v kapitole Popis uživatelského webového rozhraní. Ke správné funkci webového rozhraní je třeba ještě nastavit patřičná privilegia a oprávnění pro zápis a čtení z úložiště webového serveru:

```
sudo visudo
```

- v souboru přidat řádky:

```
  root    ALL=(ALL:ALL) ALL
  www-data ALL=(ALL:ALL) ALL
  www-data ALL=(ALL) NOPASSWD: /usr/bin/python3
  www-data ALL = NOPASSWD: /sbin/reboot, /sbin/shutdown n

sudo chmod -R 777 /var/www
```

Webové rozhraní je propojeno se serverem pomocí PHP, které v daných případech zapisuje data do textových souborů a spouští patřičné Python skripty pro vyslání požadavků ovládaným modulům.

Moduly, zjišťující informaci o teplotě, posílají data řídící jednotce na základě požadavku, který jim zašle právě řídící jednotka. Tyto požadavky jsou generovány automaticky skriptem, který je nastaven pro opakované spouštění v linuxovém nástroji „crontab“. Za účelem svižného chodu systému byl vytvořen skript, průběžně promazávající paměť RAM a byl zakázán chod přebytečných defaultních programů Raspbianu a jejich zápis na paměťovou kartu. Příliš častým zápisem na paměťovou kartu by totiž mohlo dojít k poškození paměťových sektorů karty a následnému pádu operačního systému. Jelikož dochází k častému ukládání hodnot o teplotě, je pro tento účel vytvořený tzv. „ram disk“. Jedná se o vyčleněné místo v paměti RAM, které se chová jako obyčejný úložný prostor pro data. Zápis do paměti RAM není nijak omezený a nehrozí tak riziko poškození paměti. Jediná nevýhoda spočívá ve smazání dat uložených v ram disku po odpojení napájení.

3.7.2 Klient Putty

Je nástroj, který umožňuje připojit se k různým síťovým prvkům pomocí protokolů SSH, Telnet, Raw, Rlogin nebo prostřednictvím sériové linky COM. V této práci je použito protokolu SSH. Jedná se o volný software s licencí MIT a lze ho použít jak pro platformy Windows tak UNIX. Klient umožňuje ukládat informace o serverech a jejich nastaveních, umožňuje výběr šifrovacího klíče nebo možnost “forwardovat“ porty s SSH.

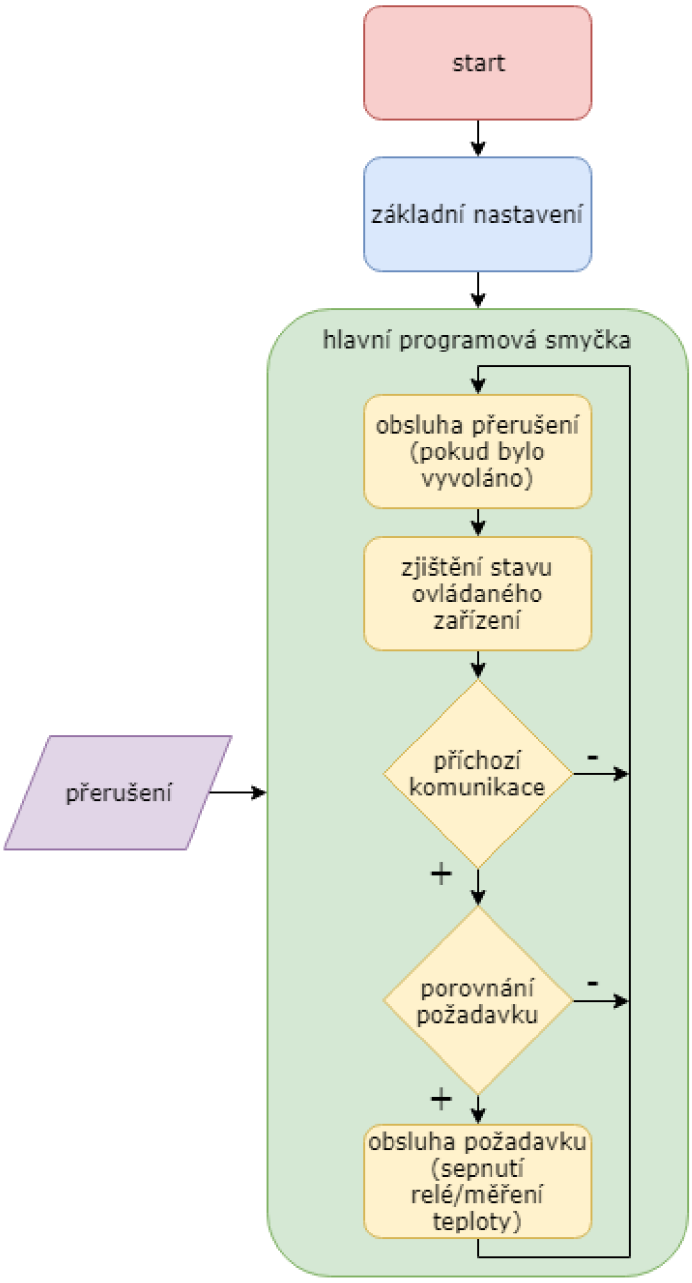
3.7.3 Arduino IDE

Jak už bylo zmíněno i procesor ATmega 328 je možné programovat ve vývojovém prostředí Arduino IDE. Je jen nutností, aby tento procesor obsahoval bootloader pro Arduino. Procesory s již nahraným bootloaderem se dají běžně koupit na portálu ebay.com, nebo je možné bootloader v Arduino IDE nahrát. V tomto případě byly zakoupené již předehrané procesory ATmega 328 s bootloaderem Arduino UNO z portálu ebay.com.

Ve vývojovém prostředí se programuje v programovacím jazyce Wiring. Ten je vytvořen z jazyka C++ a je navržen vzhledem k začátečníkům z řad programátorů. Výhodou tohoto softwaru je, že není třeba znát registry použitého procesoru, jelikož jeho ovládání je prováděno skrze integrované funkce. Abychom mohli v tomto prostředí programovat, je potřeba zvolit použitou platformu a komunikační port, na kterém je Arduino připojené. V počítači je při zvolení komunikačního portu nabízeno připojení COM. Jedná se ale pouze o virtuální port. K počítači se připojuje rozhranní USB.

Prostředí obsahuje i vlastní kompilátor kódu, tudíž není třeba instalace jiného kompilátoru pro překlad kódu do strojového jazyka. Do vývojových desek Arduina se kód nahrává pomocí USB kabelu. V této práci u ovládaných modulů je ale použitý samotný procesor, tudíž není přítomný programátor s USB portem tak, jak je tomu u Arduina. Na každé desce ovládaného modulu je tedy připraven konektor dutinkové lišty, který slouží pro připojení převodníku USB-COM a sériového naprogramování procesoru. Detailnějším popisem převodníku se zabývá následující kapitola. Při připojování převodníku do konektoru je třeba dbát na správné otočení převodníku dle značky. Konstrukce, bohužel, umožňuje připojení oběma směry. Před samotným připojením programovacího převodníku je nutné, aby napájení ovládané desky modulu bylo vypnuté. V opačném případě je pravděpodobné, že průběh programování nebude úspěšný, nebo dokonce může dojít k nevratnému poškození některé součástky. Po nahrání programu do modulu je program bezprostředně spuštěn.

K vytvoření a naprogramování ovládaných modulů je podmínkou nainstalování potřebných knihoven: RF24, DallasTemperature, IRremote, pitches, TimerOne a OneWire. Tyto knihovny jsou poté vloženy do jednotlivých programů podle potřeby jako include soubory pomocí znaku „#“ v první části programu. Další knihovny, které jsou potřeba, již jsou součástí prostředí IDE. Jedná se o knihovnu pro ovládání sběrnice SPI, watchdog resetu a vnitřní EEPROM paměti Arduina. Aby knihovny fungovaly v prostředí Arduino IDE, je potřeba mít nainstalovanou verzi prostředí 1.6.4 nebo vyšší. V samotném nastavení kódu se nachází konfigurace modulu NRF24L01, nastavení watchdog resetu, vstupů a výstupů procesoru a u některých modulů i nastavení přerušení nebo časovače. Všechny programy modulů obsahují watchdog reset z důvodu náhlého zaseknutí procesoru. Hlavní programová smyčka se pak liší u každého modulu podle jeho specifické funkce. Obecný vývojový diagram programu pro procesor ATmega 328 v ovládaných modulech je na obrázku 3.16.



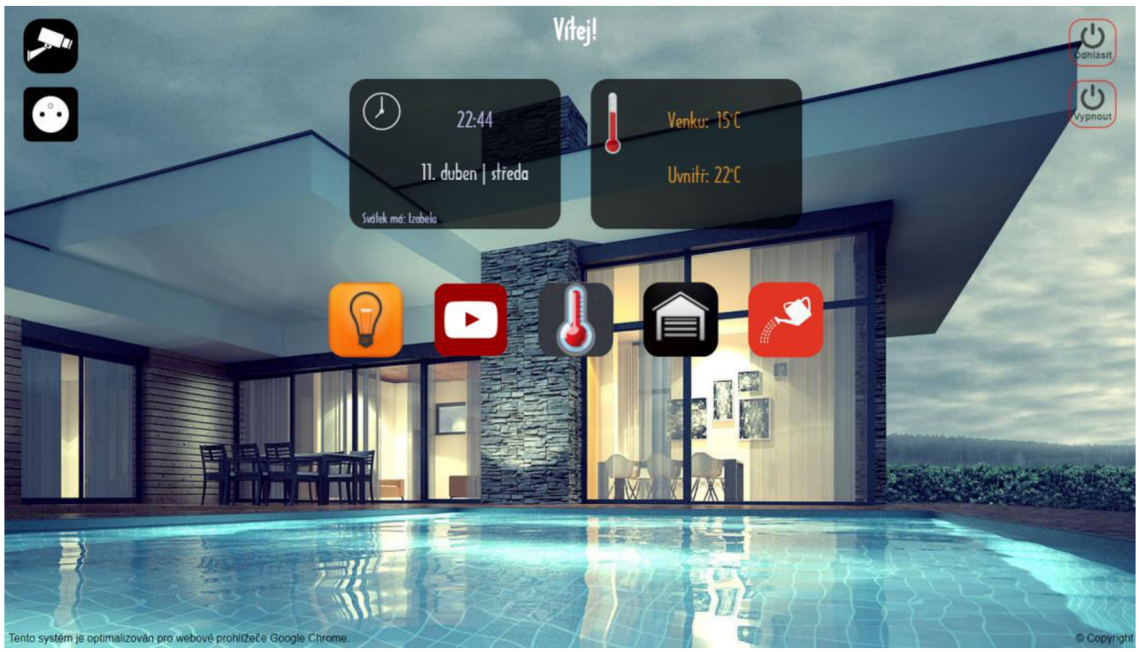
Obr. 3.16: Obecný vývojový diagram programu ovládaných modulů.

3.7.4 Převodník USB-COM

Obyčejný převodník sériové komunikace USB na COM s čipem CH340G má celkem 6 pinů k připojení. Z nich je použito 5 pinů: napájení 5 V, GND, Tx, Rx a DTR. Tx je vysílání dat do procesoru na pin Rx, který představuje příjem dat. Stejně tak Rx je připojeno na Tx procesoru. DTR je přes kondenzátor 100 nF přivedeno na resetovací pin procesoru. Používá se k resetu při nahrávání programu do procesoru. Stejný čip CH340G je k programování použit i u vývojových desek Arduino, tudíž kompatibilita převodníku s programováním procesorů je bezproblémová.

3.8 Popis uživatelského webového rozhraní

Důležitým prvkem inteligentní domácnosti je uživatelské rozhraní neboli aplikace, prostřednictvím které je možné ovládat různá zařízení v domě vzdáleně a hlavně pohodlně. Pro vytvoření tohoto rozhraní bylo použito několika programovacích jazyků. Strukturu a tělo stránky tvoří HTML kód s využitím CSS kaskádových stylů pro tvorbu příjemného vzhledu. Dále je použit JavaScript pro vytvoření interaktivních prvků, jako jsou změny různých obrázků, zobrazování textu, data, času, svátku a teploty bez nutnosti znovunačtení webové stránky. Komunikace se serverem je zajištěna pomocí skriptů napsaných v jazyce PHP. Uživatelské rozhraní je možné otevřít ve webovém prohlížeči notebooků, telefonů nebo jiných chytrých zařízení. Rozhraní systému je dostupné i kdekoli ve světě po připojení do sítě internet. K tomuto je v routeru Wi-Fi sítě nastaveno pouze přesměrování virtuálního serveru a založení domény například na stránkách noip.com. Pro vstup do rozhraní je potřeba se nejprve přihlásit. Po úspěšném přihlášení se objeví uživatelské rozhraní se vzhledem, který je vidět na obrázku 3.18.



Obr. 3.18: Vzhled webové uživatelské aplikace.

Přímo ve středu obrazovky s otevřeným uživatelským rozhraním se nachází dva informační obdélníčky, které obsahují informace o aktuálním datu, čase, svátku a teplotě vnitřní a vnější. V levém horním rohu jsou dvě tlačítka, z toho první otevře okno s aktuálním obrazem pořízeným kamerou u vstupních dveří domu. Okno se zavře tlačítkem „ZPĚT“ v levém horním rohu otevřeného okna. Druhé tlačítko slouží pro zapnutí a vypnutí ovladatelné zásuvky. Ve stavu zapnuto se na tlačítku zobrazí obrázek blesku. První tlačítko v pravém horním rohu slouží pro odhlášení z aplikace a druhé pro vypnutí nebo restartování systému, tedy řídící jednotky Raspberry Pi. Pro vypnutí nebo

restartování je třeba zadat heslo administrátora. Zbývající tlačítka, umístěná v řadě pod informačními obdélníčky, slouží právě k onomu hlavnímu ovládání různých zařízení a spotřebičů. Jejich rozborem se zabývají následující podkapitoly. Všechna tlačítka a interaktivní prvky mají naprogramovanou funkci „našeptávače“, který se zobrazí po najetí myši a usnadňuje tak orientaci v celém uživatelském rozhraní. Obrázek pozadí rozhraní je pouze ilustrativní.

3.8.1 Tlačítko osvětlení v domě

Obr. 3.19: Menu osvětlení v domě.

Po kliknutí na první tlačítko zleva s ikonou žárovky v uživatelském rozhraní se otevře okno s nákresem půdorysu domu prvního poschodí. Tlačítky v levém horním rohu je možné okno zavřít a dostat se zpět na úvodní obrazovku nebo přepnout okno na půdorys domu druhého poschodí. V půdorysu jsou různě rozmístěné žárovky ve zhasnutém módu, které se při najetí myší zvětší. Po kliknutí na některou z nich se odešle požadavek k rozsvícení světla v daném místě. Jakmile se světlo rozsvítí, pomocí zpětné vazby ovládaných modulů se detekuje stav osvětlení a žárovka v uživatelském rozhraní se rozsvítí.

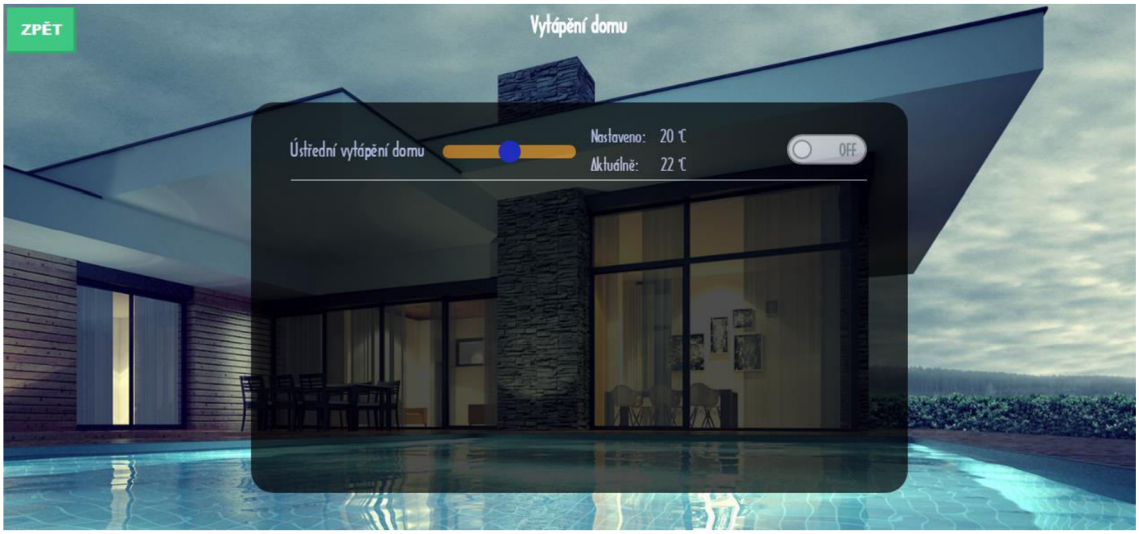
Nákresy všech půdorysů byly vytvořeny v online aplikaci na stránkách www.floorpad.com.

3.8.2 Tlačítko multimédia v domě

Obr. 3.20: Menu multimédia v domě.

Druhé tlačítko otevře okno s půdorysem prvního poschodí domu určené k ovládání různých multimédií v domě. Nyní systém v multimédiích obsahuje pouze možnost ovládání jedné televize. Ostatní prvky ovládání je možné dotvořit. Při kliknutí na obrázek televize na stěně v kuchyni se otevře malé okno ve tvaru televizního ovladače, který umožňuje zapnout a vypnout televizi, regulovat a ztlumit hlasitost, přepínat programy a zobrazit dostupné informace o aktuálním vysílaném pořadu. Ovladač má v pravém horním rohu umístěný křížek, kterým se okno ovladače zavře.

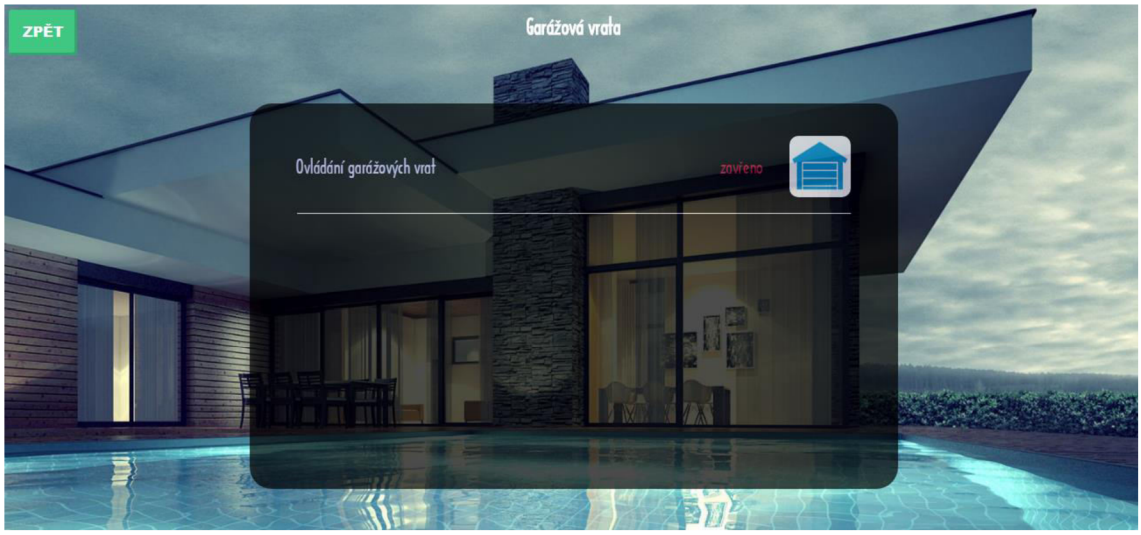
3.8.3 Tlačítko ústřední vytápění domu



Obr. 3.21: Menu vytápění domu.

Prostřední tlačítko s obrázkem teploměru otevře následující okno, ve kterém je možné přepínačem zapnout nebo vypnout vytápění domu. Mimo to lze i posuvníkem oranžové barvy nastavit teplotu, na kterou bude ústřední vytápění topit. Nastavená a aktuální teplota se ukazuje hned vedle posuvníku. Jedná se tedy o softwarové řešení klasického termostatu. V případě zapnutého vytápění se periodicky po určitém čase odesílá nastavená teplota směrem k modulu termostatu, ve kterém se porovnává s aktuální naměřenou hodnotou teploty a dle toho sepne nebo rozepne relé pro plynový kotel ústředního vytápění. Při každé změně vytápění modul odesílá informaci o stavu vytápění řídící jednotce, která v tomto okně zobrazí nebo skryje text „topím!“. Černé obdélníkové pozadí okna je vytvořeno větší, z důvodu možného přidání dalších ovládacích prvků.

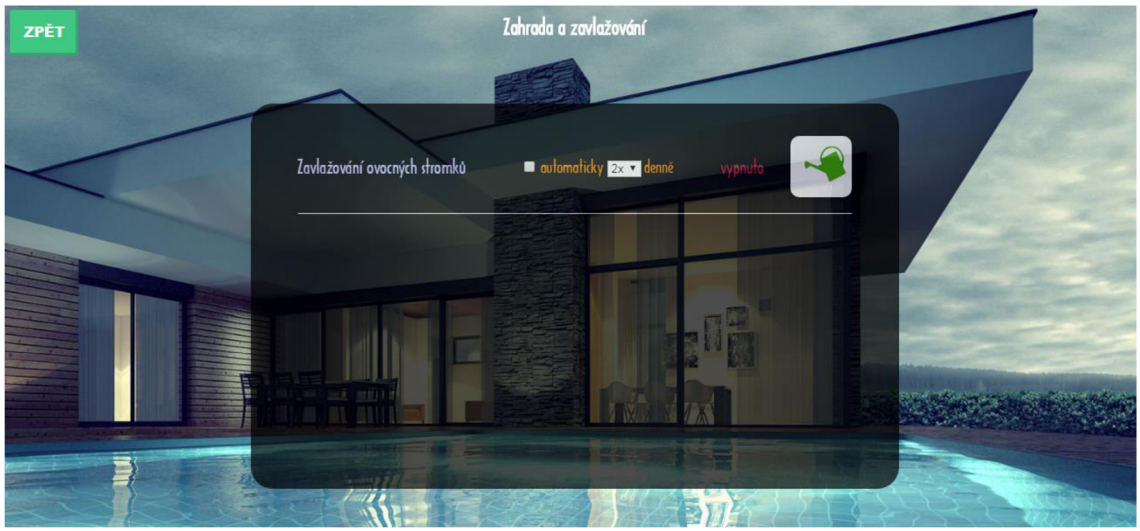
3.8.4 Tlačítko garážová vrata



Obr. 3.22: Menu garážová vrata.

Pod dalším tlačítkem se skrývá ovládání garážových vrat. Ta je možné otevřít kliknutím na tlačítko s obrázkem zavřených vrat. V případě, kdy se odešle požadavek na otevření vrat a dorazí zpět informace o otevřených vratech, pak se tlačítko zavřených vrat změní na otevřené a červený text „zavřeno“ se změní na „otevřeno“. To stejné se děje i při zavírání vrat.

3.8.5 Tlačítko zahrada a zavlažování



Obr. 3.23: Menu zahrada a zavlažování.

Poslední tlačítko je určené pro zahradu, konkrétně pro zavlažování ovocných stromků na zahradě. Tlačítkem s obrázkem konve lze zavlažování zapnout. Obrázek konve se změní, pokud dorazí informace o zapnutém zavlažování. U konve se zobrazí kapky vody a místo textu „vypnuto“ se zobrazí „zavlažuji!“. Jakmile se zavlažování zapne, je zapnuto po nastavenou dobu 5-ti minut. Tento čas je možné změnit pouze v samotném kódu procesoru. U tohoto modulu pro zavlažování je možné i nastavit automatické zavlažování. Stačí označit políčko „automaticky“ a zvolit si z možností zavlažování jednou nebo dvakrát denně. Systém se už pak o zavlažování stará sám. Pokud se zvolí možnost zavlažování jednou denně, bude se automaticky zavlažovat každý den v 18 hodin večer. V případě zvolení možnosti zavlažování dvakrát denně se bude zavlažovat v 6 hodin ráno a v 18 hodin večer.

3.9 Energetická náročnost systému

Jelikož systém bude fungovat prakticky nepřetržitě, je třeba aby byl optimalizován i z hlediska úspory energie. Toho je dosaženo i náhradou vývojových desek Arduino v ovládaných modulech za samotný procesor. Arduino má na desce několik LED diod a stabilizátor a to nevýhodně zvyšuje odběr elektrické energie. Samotný procesor má klidový odběr okolo 10 mA. Také signalizační LED dioda, která se nachází na všech napájecích zdrojích ovládaných modulů, představuje určitou spotřebu. Proto byly všechny tyto diody ze zdrojů odpájeny. Nabízela se i možnost tzv. uspání procesorů, avšak to ale v tomto systému nebylo možné realizovat. U procesorů je totiž potřeba, aby neustále monitorovaly příchozí komunikaci.

Jedná se jinak o malé změny spotřeby elektrické energie, avšak v přepočtu za delší časové období může být rozdíl markantní. Spotřeba energie řídícího modulu je maximálně 3 W a u ovládaných modulů maximálně 2,5 W. Ve výsledku má celý systém inteligentní domácnosti maximální spotřebu 15,3 W. To je ročně 134 kWh a s průměrnou cenou 3,50 Kč/kWh pak 469 Kč/rok.

Tab. 3.6: Přehled spotřeby jednotlivých modulů

Modul	Klidový odběr [W]	Maximální odběr [W]
Řídící modul	2	3
Modul pro osvětlení	0,8	1,2
Modul pro lampičky	0,8	1,2
Modul pro zásuvku	0,8	2
Modul ovládání televize	0,8	0,9
Modul garážových vrat	0,8	1,2
Modul detektoru plynu	2	2,5
Modul pro zavlažování	0,8	1,2
Modul venkovního teplotního čidla	0,8	0,9
Modul vnitřního teplotního čidla_termostat	0,8	1,2

3.10 Funkčnost a chyby systému

Všechny moduly jsou hotové a fungují dle požadavků. Nejdříve bylo vyrobeno několik prototypů, na kterých se testovala funkčnost. Odhalilo se několik drobných problémů např. s elektromagnetickým rušením, resetováním procesorů, omezením dosahu či úplnou nefunkčností bezdrátové komunikace. Většina těchto problémů se ale však před výrobou finálních verzí modulů eliminovala.

Do chyb systému je možné zařadit slabé zabezpečení celého systému pouze přihlášením uživatele. Další chybou je zpomalení přenosu obrazu kamery do uživatelského rozhraní po delší době provozu řídící jednotky. Chvílemi se i může stát, že se některý z procesorů ovládaných modulů zasekne. To je ale ovšem vyřešeno aktivováním watchdog resetu v programu procesoru. Příležitostně lze pozorovat i delší časovou prodlevu zpětné vazby u modulů pro osvětlení v uživatelském rozhraní. Pro mobilní zařízení není uživatelské rozhraní příliš optimalizované, ale je možné jej v budoucnu upravit.

3.11 Finanční zhodnocení

Již při samotném návrhu koncepce celého systému byl brán zřetel na finanční náročnost systému. To se týká jak energetické náročnosti systému, tak i nákladů na jeho výrobu. Většina součástek pro navržené moduly byla zakoupena na webovém portálu ebay.com. To se týká napájecích zdrojů, procesorů, bezdrátových modulů, kamery a senzoru plynu. Ostatní součástky již byly koupeny v kamenné prodejně GME. Nejdražším prvkem systému je centrální jednotka Raspberry Pi s cenou 1500 Kč. Finančně náročnější byla i výroba finálních DPS, které vyšly na necelých 1900 Kč. Ostatní prvky pro moduly již nejsou jednotlivě příliš finančně náročné, avšak ve větším množství se jedná také o vysokou částku.

Po sečtení nákupu potřebného materiálu přišel celý systém na 7500 Kč. Do ceny není účtován spotřební materiál jako je například pájka, propojovací kabeláž nebo energie spotřebovaná na výrobu a testování, a dokonce ani DPS použité pro výrobu prototypových modulů. Taktéž práce a čas nejsou v celkové ceně zohledněny. Po přičtení těchto výdajů by se celková cena vyšplhala na bezmála 10 tisíc Kč.

4 ZÁVĚR

Úvod práce se zabývá pojmem „Internet věcí“ a jeho využitím v praxi a následně problematikou automatizovaných a inteligentních systémů, kde je přiblížena jejich historie a definice. Jednotlivé typy automatizovaných systémů jsou rozděleny do několika skupin dle použitých technologií a také dle funkčnosti a koncepce. Rozebrány jsou také typy komunikace systémů a běžně používané sběrnice. Součástí seznámení s těmito systémy je i obecné přiblížení legislativy elektronických zařízení v České republice.

Druhá část se již zabývá samotným výběrem použitých komponentů a návrhem vlastního systému. Rozebrány jsou různé typy platforem, které je mimo Raspberry Pi možné použít jako centrální řídící jednotku a několik druhů bezdrátových modulů pro vzájemnou komunikaci systému. Blokové schéma znázorňuje navrženou koncepci systému a připojených ovládaných zařízení v domácnosti. Veškerá bloková schémata byla vytvořena ve webové aplikaci draw.io. Jednotlivé ovládané moduly jsou popsány dle toho, jaké součástky obsahují a jakou mají funkci. Uživatelské webové rozhraní je vytvořeno se snadným ovládáním a přívětivým vzhledem. V několika kapitolách je toto rozhraní rozebráno a je popsána jeho funkčnost a ovládání.

V posledních kapitolách je zmíněna správná funkčnost systému, jeho malé nedostatky, energetická náročnost a především celková cena. V porovnání s komerčně dostupnými inteligentními systémy se jedná o vcelku dobře finančně dostupný systém. Systém je instalován do rodinného domu a je možné jej dále rozšiřovat o další moduly. Je dostupný i mimo domácí Wi-Fi síť a lze jej ovládat z počítače i telefonu.

LITERATURA

[1] MARCOŇ, Petr. *Průmysl 4.0* [online]. [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: http://www.utee.feec.vutbr.cz/iet/wp-content/uploads/sites/2/2016/10/Industry4_0_Marcon.pdf

[2] MAREK, Pavel. *Implementace chytré továrny* [online]. Brno, 2017 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/65601/diplomovapracepavelmarek.pdf?sequence=2&isAllowed=y

[3] FUCHS, Ondřej. *Internet of Things zařízení s podporou Bluetooth a CoAP* [online]. Brno, 2016 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=132237

[4] MAYER-SCHÖNBERGER, Viktor a Kenneth CUKIER. *Big Data.* Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-4119-9.

[5] BURDKOVÁ, Michaela a Petr VESELÝ. *Studijní materiál k modulu Inteligentní budovy* [online]. [cit. 2017-11-28]. Dostupné z: http://docplayer.cz/40920-Studijni-material-k-modulu-inteligentni-budovy-k-projektu-rozvoj-dalsiho-profesniho-vzdelavani-v-jihomoravskem-kraji-cz-1-07-3-2-04-01.html

[6] KONEČNÝ, David. *Návrh a porovnání klasické a inteligentní elektroinstalace* [online]. Praha, 2015 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/61909/F3-BP-2015-Konecny-David-Navrhaporovnaniklasickeainteligentni%20elektroinstalace.pdf?sequence=7&isAllowed=y

[7] SLEZÁK, Michal. *Model domovní automatizace* [online]. Praha, 2006 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: https://support.dce.felk.cvut.cz/mediawiki/images/0/0c/Dp_2006_slezak_michal.pdf

[8] ZÁHLAVA, Vít. *Metodika návrhu plošných spojů* [online]. Praha, 2000 [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: http://www.semach.cz/pdf/metodika.pdf

[9] POSPÍŠIL, Daniel. *Autonomní systém pro automatizaci a monitoring budov* [online]. Praha, 2016 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/65117/F8-DP-2016-Pospisil-Daniel-thesis.pdf?sequence=-1&isAllowed=y

[10] ATMEL Datasheet: *ATmega 328/P* [online]. 2016 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf

[11] DIGI INTERNATIONAL INC. *Digi XBee Zigbee* [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: https://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/2-4-ghz-modules/xbee-zigbee

[12] KUBÍČEK, Richard. *Bezdrátová stanice s připojením do sítě IoT* [online]. Brno, 2016 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=127379

[13] MAREK, Pavel. *Bezdrátový přenos kritických dat ze závodního vozu* [online]. Praha, 2014 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: http://www.fel.cvut.cz/education/prace/00010.pdf

[14] LANGMAJER, Miroslav. *Návrh a realizace stavebnice pro výuku a vývoj aplikací s jednočipovými mikropočítači rodiny Atmel AVR* [online]. České Budějovice, 2012 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: https://theses.cz/id/lw4751/DP_langmajer.pdf

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

IoT	Internet of Things
EPC	Elektronická identifikace produktu
IP	Internet Protocol
IPv6	Internet Protocol version 6
IPv4	Internet Protocol version 4
AES	Advanced Encryption Standard
ECC	Kryptografie eliptických křivek
RFID	Radio Frequency Identification
NFC	Near Field Communication
LTE	Long Term Evolution
MQTT	MQ Telemetry Transport
IBM	International Business Machines
TCP	Transmission Control Protocol
SSL	Secure Sockets Layer
TLS	Transport Layer Security
QoS	Quality of Services
ACK	Acknowledgement Code
CoAP	Constrained Application Protocol
UDP	User Datagram Protocol
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
DTLS	Datagram Transport Layer Security
CON	Confirmable
NON	Non-Confirmable
IEEE	Specifikace, definující bezdrátové prvky pro lokální sítě
USA	United States of America
DPH	Daň z Přidané Hodnoty
KNX	Konnex-Association
LON	Local Operating Network
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
GSM	Global System for Mobile communications
BACnet	Building Automation and Control Network

EIB	Element Interconnect Bus
EHS	European Home System
USB	Universal Serial Bus
ETS	Engineering Tool Software
ASHRE	American Society of Heating, Refrigerating and air conditioning Engineers
SNVT	Standard Network Variable Type
EMC	Electromagnetic Compatibility
SPI	Serial Peripheral Interface
I/O	Input/Output
CPU	Central Processing Unit
Hz	Hertz; jednotka kmitočtu
B	Byte; jednotka digitální informace
GPU	Graphic Processing Unit
BCM	Basic Computing Module
ARM	Advanced RISC Machine
RAM	Random Access Memory
SD	Secure Digital
HDMI	High-Definition Multi-media Interface
GPIO	General Purpose Input/Output
CSI	Common Software Interface
DSI	Display Serial Interface
RISC	Reduced Instruction Set Computer
OS	Operating System
XBMC	XBox Media Center
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
I2C	Interface to Communicate
A	Ampér; jednotka proudu
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor
V	Volt; jednotka napětí
LVTTL	Low Voltage Transistor-Transistor Logic
IDE	Integrated Development Environment
PWM	Pulse Width Modulation
A/D	Analog/Digital

m	metr; jednotka délky
EEPROM	Electrically Erasable PROM
TQFP	Thin Quad Flat Package
AVR	Rodina mikrokontrolérů společnosti Atmel
FLASH	Non-volatilní paměť
XOR	eXclusive OR
RC	Radio Control
PA	Power Amplifier
LNA	Low Noise Amplifier
SMA	Small Miniature connector
bps	Bit per second; jednotka přenosové rychlosti
DPS	Deska Plošných Spojů
IRQ	Interrupt ReQuest
GND	GrouND
VCC	Napájecí napětí
MISO	Master In Slave Out
MOSI	Master Out slave In
SCK	Serial Clock
CSN	Výběr čipu
CRC	Cyclic Redundancy Check
AC	Alternate Current
DC	Direct Current
F	Farad; jednotka elektrické kapacity
NPN	Negative-Positive-Negative
KU	Krabička Univerzální
LED	Light Emitting Diode
CAM	Computer Aided Manufacturing
ISO	Odvozeno ze souborového systému ISO 9660
MAC	Medium Authentication Code
PHP	Personal Home Page
SSH	Secure Shell
COM	Rozhraní sériového portu
MIT	Massachusetts Institute of Technology
UNIX	Operační systém Linux

TX	Transmit Data
RX	Receive Data
DTR	Data Terminal Ready
HTML	Hyper Text Markup Language
CSS	Cascading Style Sheets
W	Watt; jednotka výkonu
Wh	Watthodina; jednotka energie

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Myšlenka internetu věcí (převzato z [2]). 11

Obr. 1.2: Graf zájmu o Internet věcí (převzato z [3]). 12

Obr. 1.3: Architektura Internetu věcí. 15

Obr. 2.1: Blokové schéma KNX/EIB komunikace. 22

Obr. 2.2: Topologie sítě LonWorks. 23

Obr. 3.1: Raspberry Pi 2 model B. 28

Obr. 3.2: Blokové schéma počítače Raspberry Pi. 28

Obr. 3.3: Vývojový kit Arduino Nano. 29

Obr. 3.4: Popis pinů mikrokontroléru a analogie Arduina. 31

Obr. 3.5: Modul ZigBee (převzato z [11]). 32

Obr. 3.6: Modul esp8266 (převzato z [12]). 33

Obr. 3.7: Obvodové schéma bezdrátového modulu mini NRF24L01+. 34

Obr. 3.8: Modul NRF24L01+PA+LNA (převzato z [13]). 34

Obr. 3.9: Diagram komunikace SPI (převzato z [13]). 35

Obr. 3.10: Blokové schéma navržené koncepce systému. 36

Obr. 3.11: Ukázka vybraných ovládaných modulů navrženého systému. 38

Obr. 3.12: Obvod pro sledování stavu připojeného zařízení. 39

Obr. 3.13: Fotografie centrální řídící jednotky. 40

Obr. 3.14: Fotografie nainstalovaného modulu osvětlení pod vypínačem. 41

Obr. 3.15: Obvod pro eliminaci rušení na vodiči. 42

Obr. 3.16: Obecný vývojový diagram programu ovládaných modulů. 49

Obr. 3.18: Vzhled webové uživatelské aplikace. 50

Obr. 3.19: Menu osvětlení v domě. 51

Obr. 3.20: Menu multimédia v domě. 52

Obr. 3.21: Menu vytápění domu. 52

Obr. 3.22: Menu garážová vrata. 53

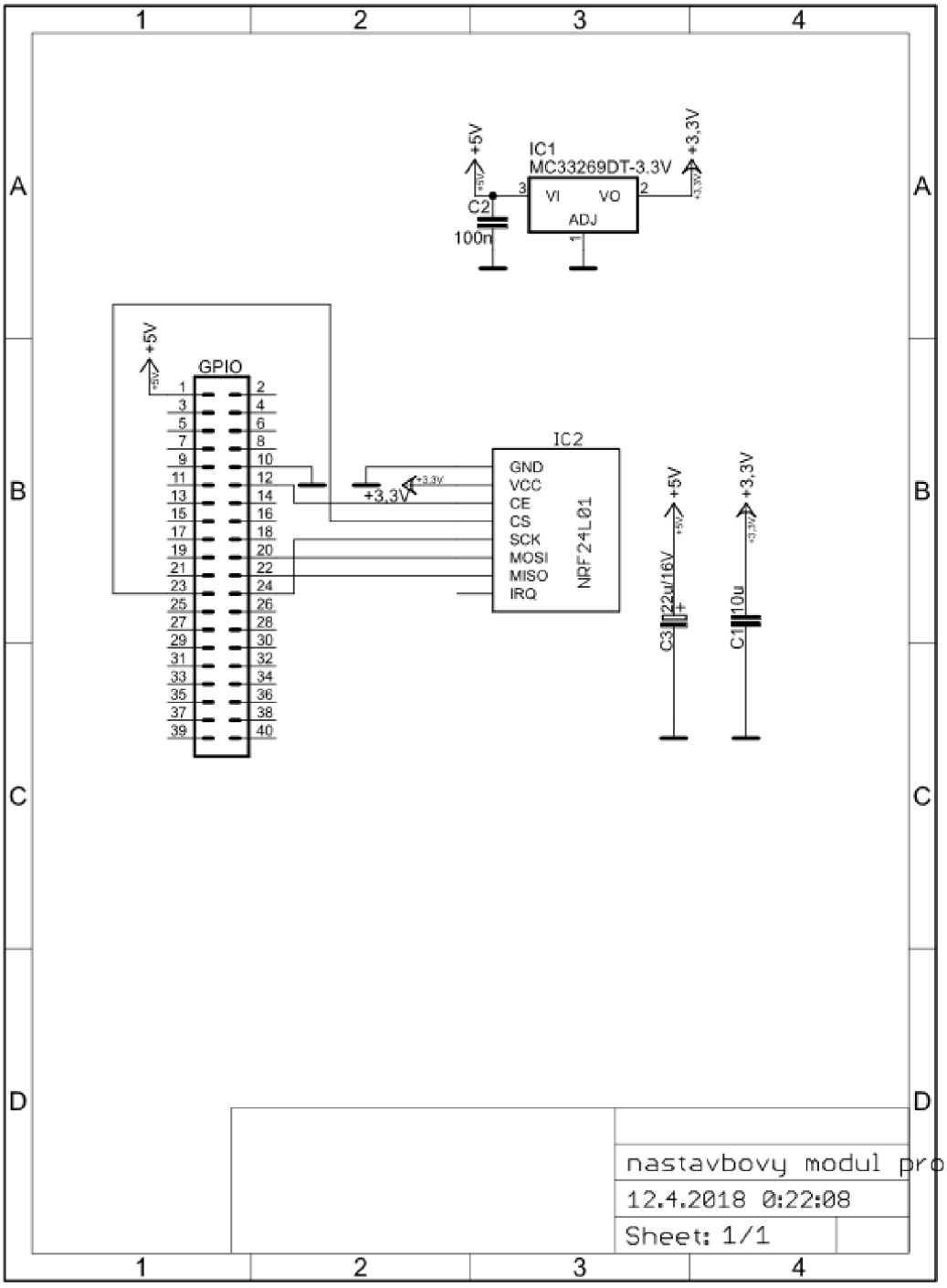
Obr. 3.23: Menu zahrada a zavlažování. 54

SEZNAM TABULEK

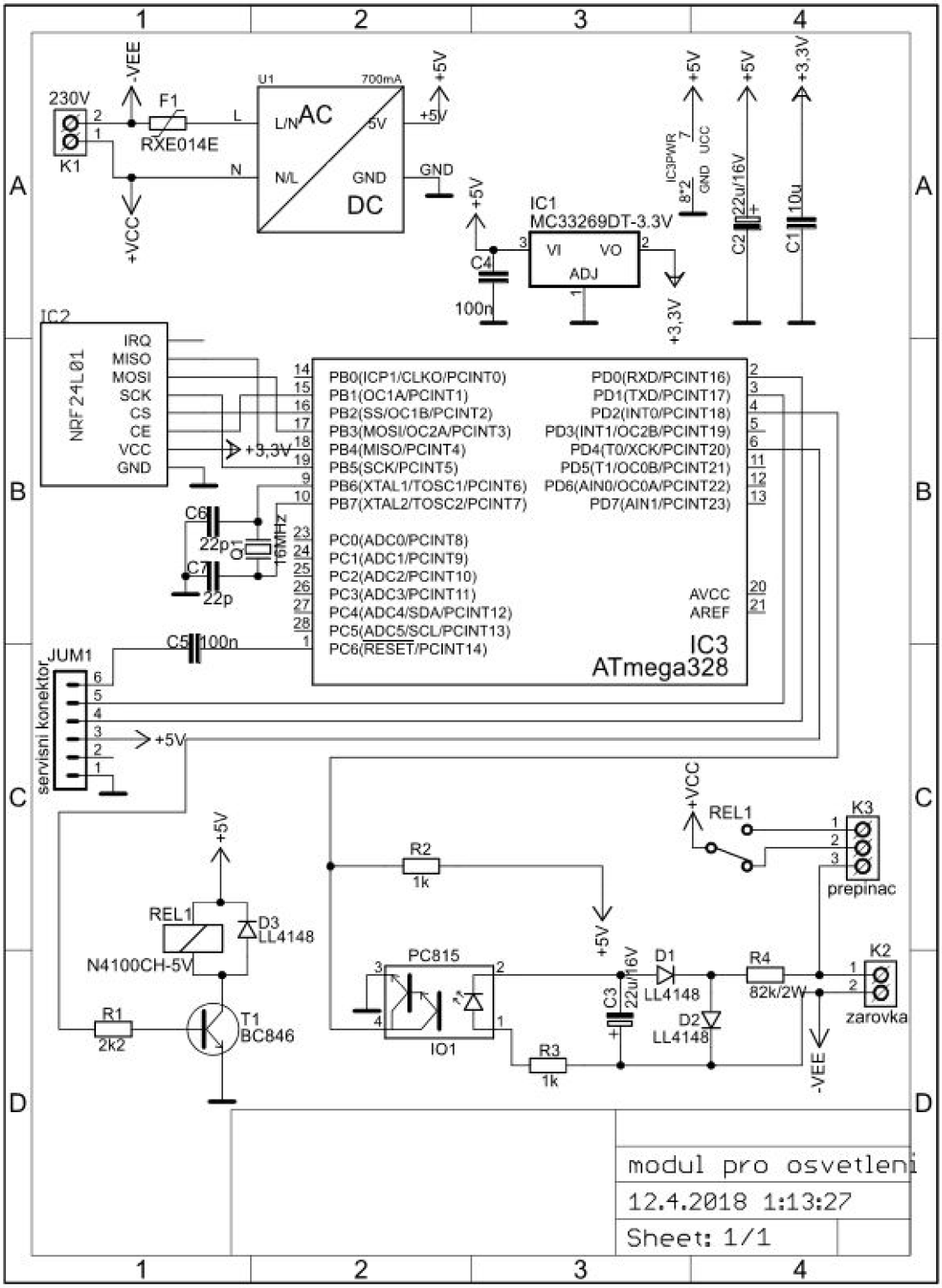
Tab. 2.1: Porovnání vlastností komerčně dostupných systémů 21
Tab. 3.1: Porovnání funkcí vybraných platforem 26
Tab. 3.2: Specifikace typů počítačů Raspberry Pi 26
Tab. 3.3: Specifikace typů desek Arduino 29
Tab. 3.4: Srovnání vlastností bezdrátových modulů 31
Tab. 3.5: Složení paketu protokolu SchockBurst 35
Tab. 3.6: Přehled spotřeby jednotlivých modulů 55

A NÁVRH ZAŘÍZENÍ

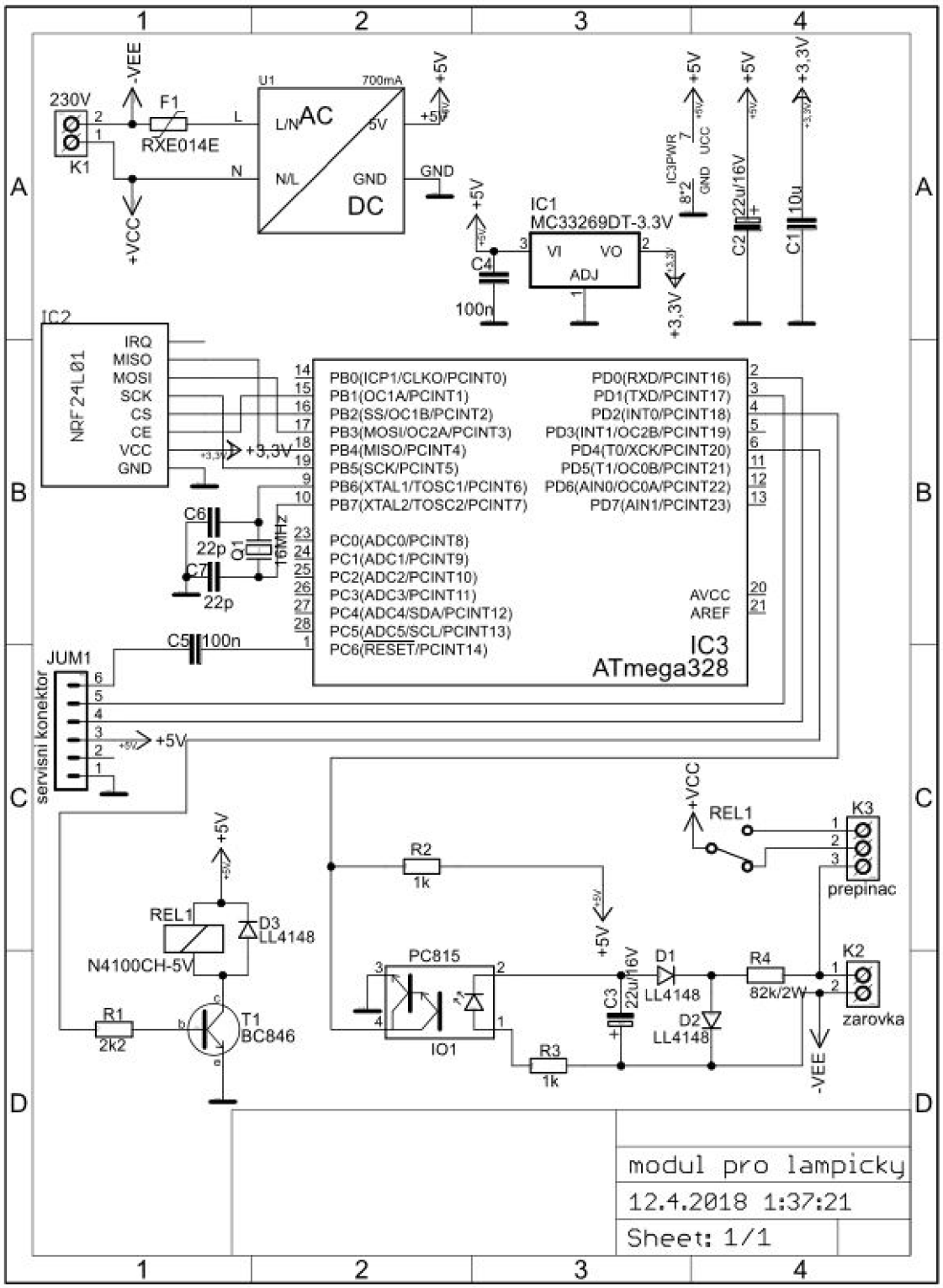
A.1 Obvodové zapojení nástavbového modulu pro Raspberry Pi



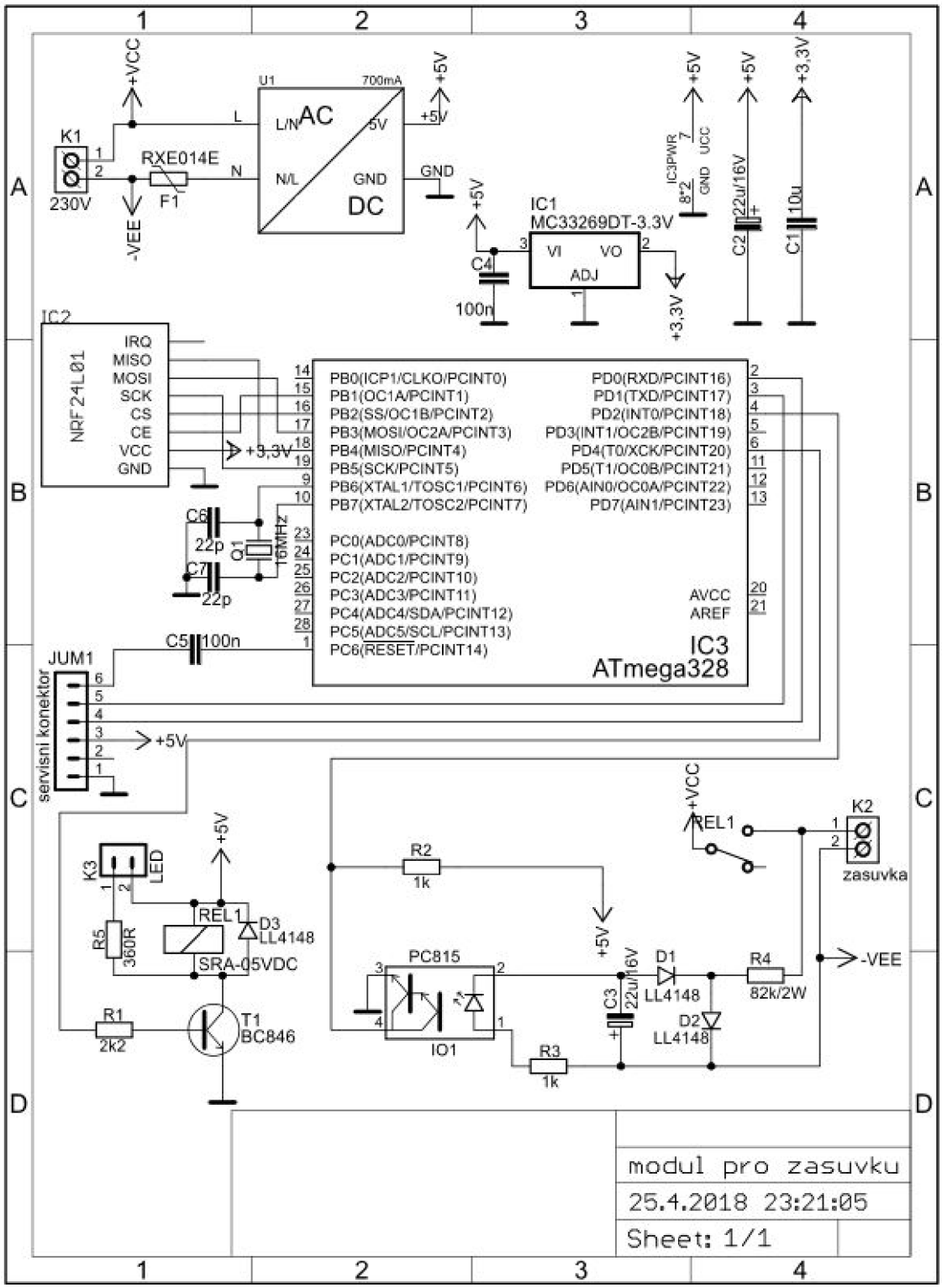
A.2 Obvodové zapojení modulu pro osvětlení



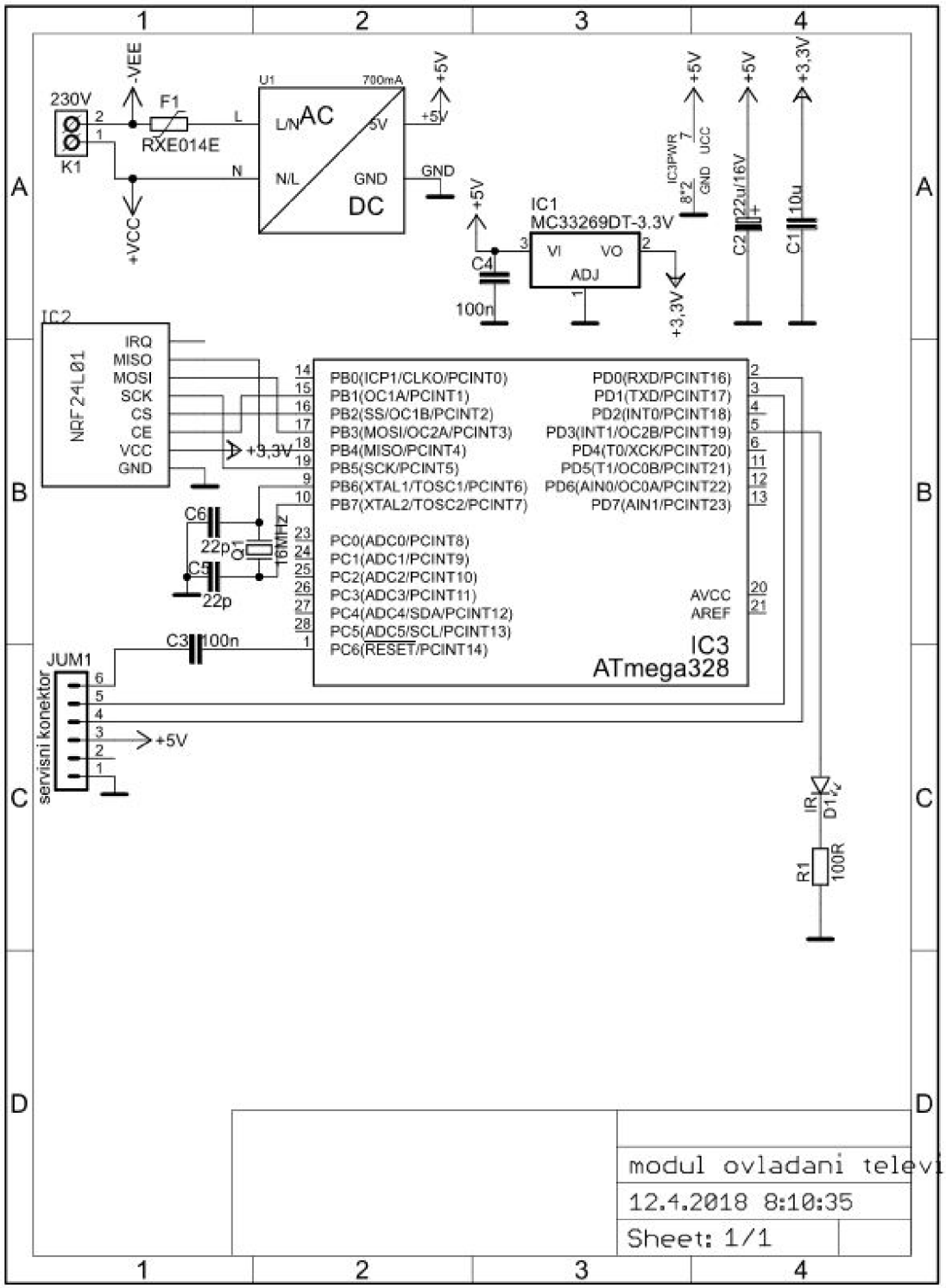
A.3 Obvodové zapojení modulu pro lampičky



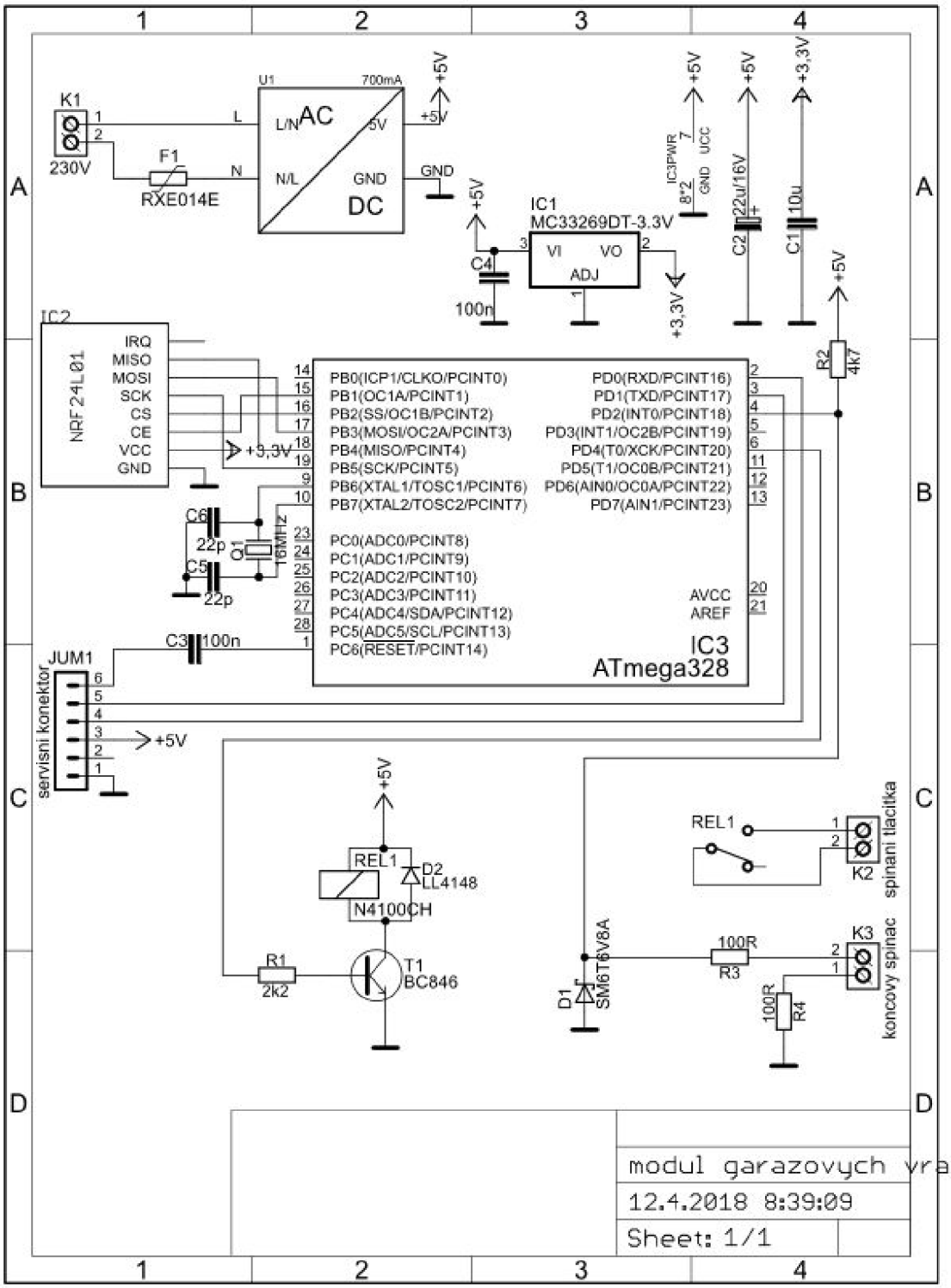
A.4 Obvodové zapojení modulu pro zásuvku



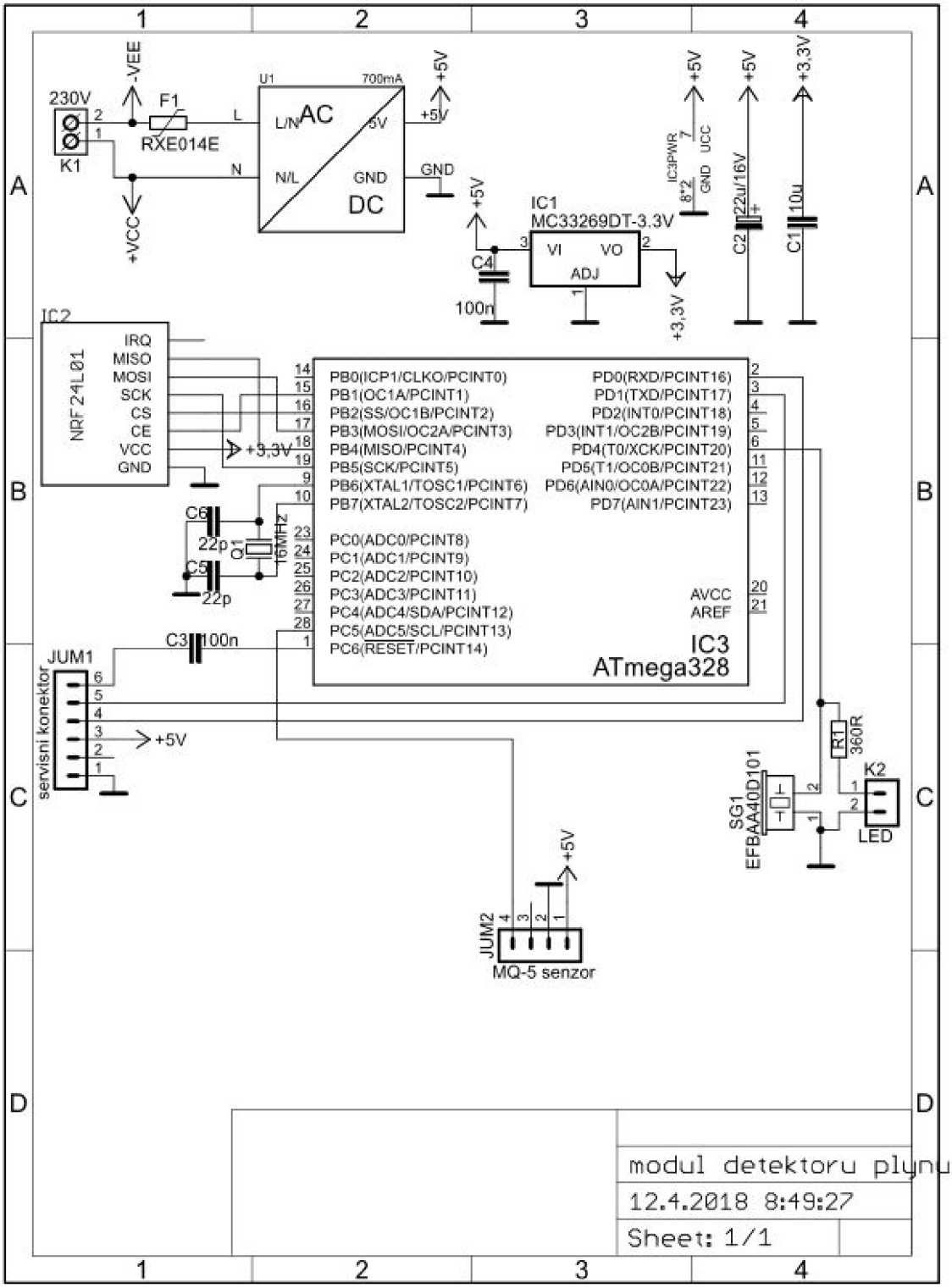
A.5 Obvodové zapojení modulu ovládání televize



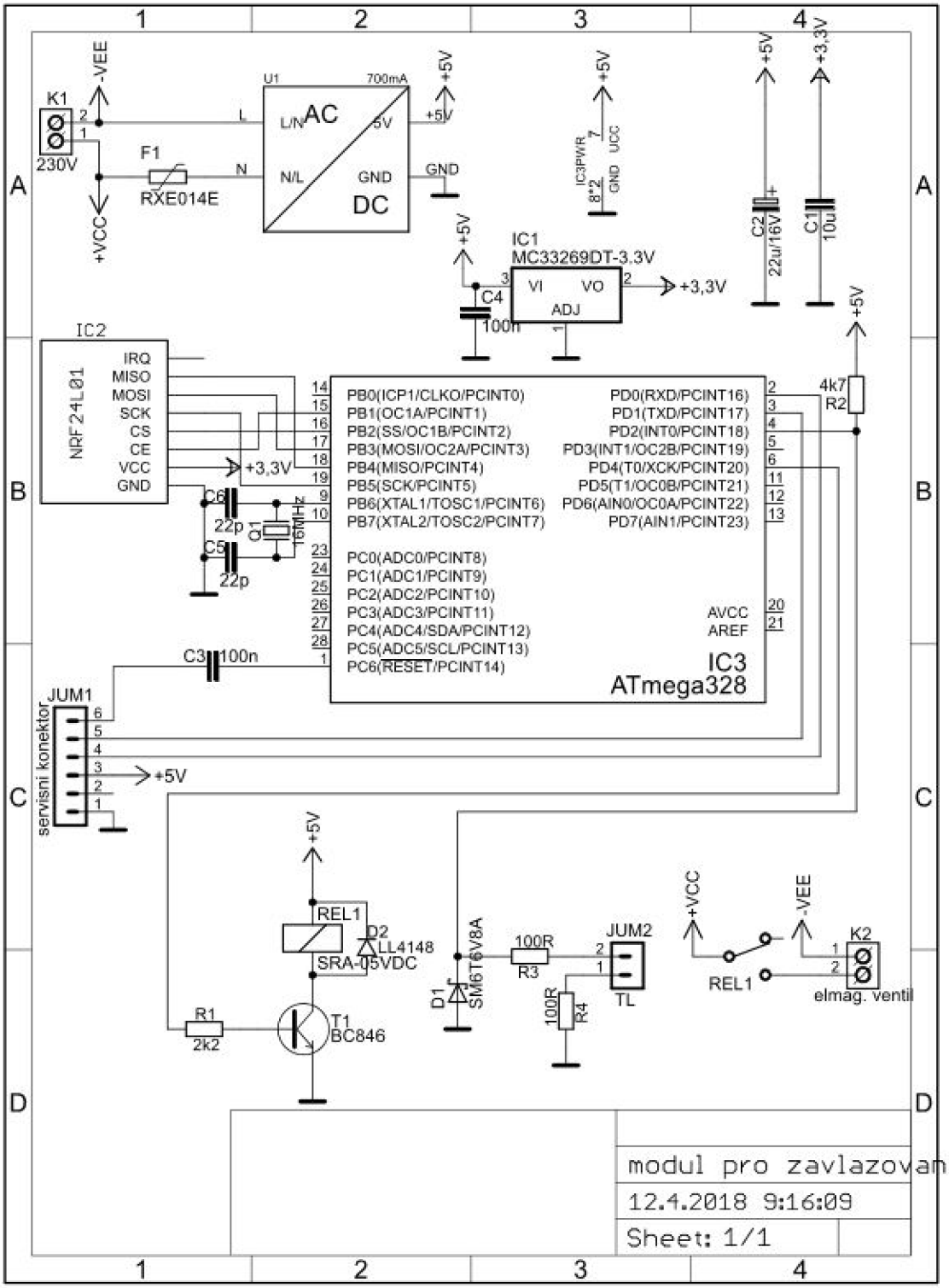
A.6 Obvodové zapojení modulu garážových vrat



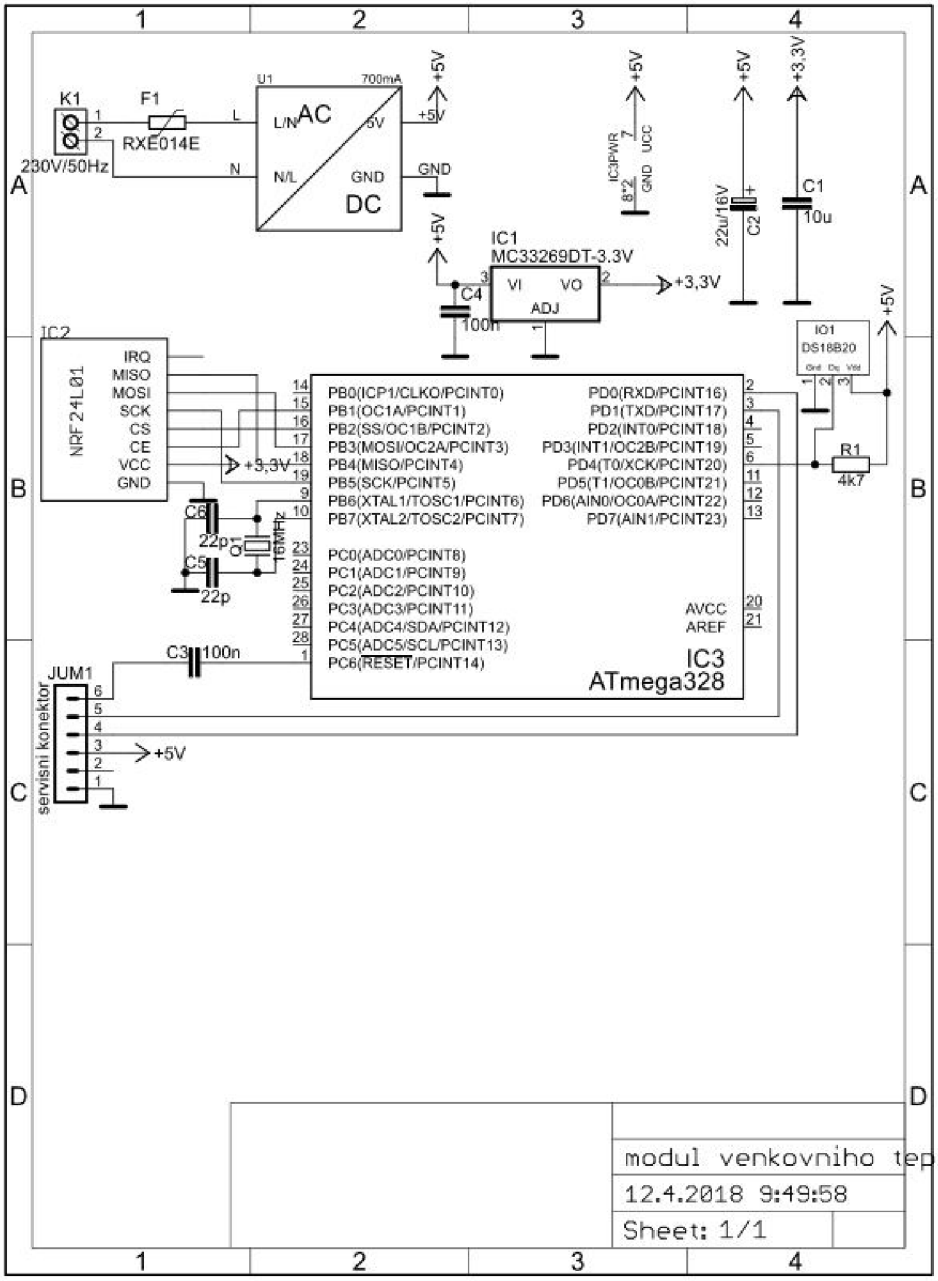
A.7 Obvodové zapojení modulu detektoru plynu



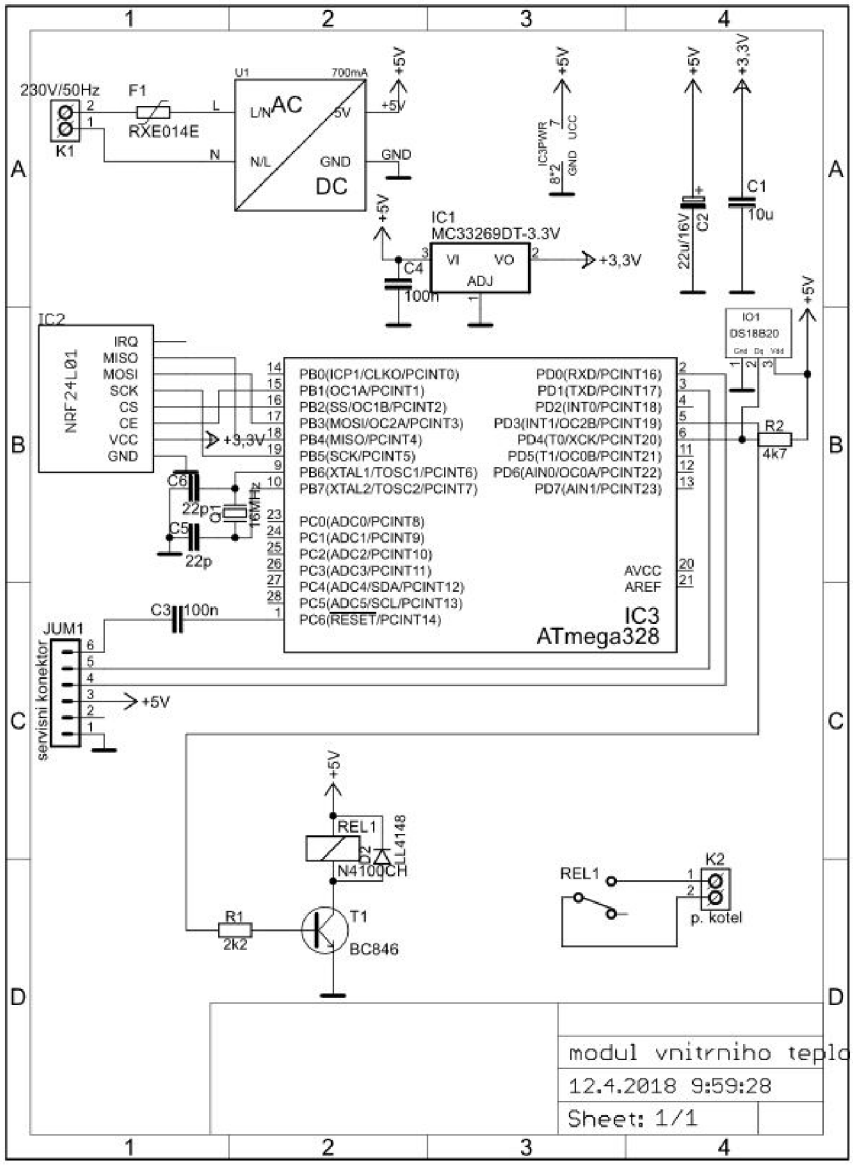
A.8 Obvodové zapojení modulu pro zavlažování



A.9 Obvodové zapojení modulu venkovního teplotního čidla



A.10 Obvodové zapojení modulu vnitřního teplotního čidla_termostat



B SEZNAM SOUČÁSTEK

Nástavbový modul pro Raspberry Pi			
Označení	**Hodnota**	**Pouzdro/rozměr**	**Popis**
GPIO	40 pin	2,54 mm	Dutinková lišta
IC1	MC33269DT-3.3V	DPACK	Stabilizátor napětí
IC2	NRF24L01	45,5x16,5 mm	Bezdrátový modul s vestavěným zesilovačem signálu a externí anténou
C1	10 uF	C1206	Keramický kondenzátor
C2	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C3	22 uF/16 V	2,5 mm	Elektrolytický kondenzátor
Modul pro osvětlení			
Označení	**Hodnota**	**Pouzdro/rozměr**	**Popis**
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	AC/DC spínaný zdroj
IC1	MC33269DT-3.3V	DPACK	Stabilizátor napětí
IC2	NRF24L01	18x12 mm	Bezdrátový modul s integrovanou anténou SMD
IC3	ATmega 328	DIP28	Mikrokontrolér
IC3	SOKL 28U	DIP28	Patice pro mikrokontrolér
IO1	PC815	DIP4	Optočlen
REL1	N4100CH-5V	15,5x11 mm	Přepínací relé
T1	BC846	SOT-23	NPN Tranzistor
F1	RXE014E	1812L	Pojistka PolySwitch
Q1	16 MHz	HC49US	Krystalový oscilátor
C1	10 uF	1206	Keramický kondenzátor
C2	22 uF/16 V	2,5 mm	Elektrolytický kondenzátor
C3	22 uF/16 V	2,5 mm	Elektrolytický kondenzátor
C4	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C5	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C6	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
C7	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
D1	LL4148	SOD-80	Usměrňovací dioda
D2	LL4148	SOD-80	Usměrňovací dioda
D3	LL4148	SOD-80	Usměrňovací dioda
R1	2,2 kΩ	R1206	Rezistor

R2	1 kΩ	R1206	Rezistor
R3	1 kΩ	R1206	Rezistor
R4	82 kΩ/2 W	0411	Rezistor
JUM1	6 pin	2,54 mm	Dutinková lišta
K1	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
K2	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
K3	ARK350/3	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
Modul pro lampičky			
Označení	**Hodnota**	**Pouzdro/rozměr**	**Popis**
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	AC/DC spínaný zdroj
IC1	MC33269DT-3.3V	DPACK	Stabilizátor napětí
IC2	NRF24L01	18x12 mm	Bezdrátový modul s integrovanou anténou SMD
IC3	ATmega 328	DIP28	Mikrokontrolér
IC3	SOKL 28U	DIP28	Patice pro mikrokontrolér
IO1	PC815	DIP4	Optočlen
REL1	N4100CH-5V	15,5x11 mm	Přepínací relé
T1	BC846	SOT-23	NPN Tranzistor
F1	RXE014E	1812L	Pojistka PolySwitch
Q1	16 MHz	HC49US	Krystalový oscilátor
C1	10 uF	1206	Keramický kondenzátor
C2	22 uF/16 V	2,5 mm	Elektrolytický kondenzátor
C3	22 uF/16 V	2,5 mm	Elektrolytický kondenzátor
C4	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C5	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C6	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
C7	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
D1	LL4148	SOD-80	Usměrňovací dioda
D2	LL4148	SOD-80	Usměrňovací dioda
D3	LL4148	SOD-80	Usměrňovací dioda
R1	2,2 kΩ	R1206	Rezistor
R2	1 kΩ	R1206	Rezistor
R3	1 kΩ	R1206	Rezistor
R4	82 kΩ/2 W	0411	Rezistor
JUM1	6 pin	2,54 mm	Dutinková lišta
K1	AK550/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS vertikální
K2	AK550/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS vertikální
K3	ARK350/3	3,5 mm	Svorkovnice do DPS

Modul pro zásuvku			
Označení	**Hodnota**	**Pouzdro/rozměr**	**Popis**
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	AC/DC spínaný zdroj
IC1	MC33269DT-3.3V	DPACK	Stabilizátor napětí
IC2	NRF24L01	18x12 mm	Bezdrátový modul s integrovanou anténou SMD
IC3	ATmega 328	DIP28	Mikrokontrolér
IC3	SOKL 28U	DIP28	Patice pro mikrokontrolér
IO1	PC815	DIP4	Optočlen
REL1	SRA-05VDC	10x13 mm	Přepínací relé
T1	BC846	SOT-23	NPN Tranzistor
F1	RXE014E	1812L	Pojistka PolySwitch
Q1	16 MHz	HC49US	Krystalový oscilátor
C1	10 uF	1206	Keramický kondenzátor
C2	22 uF/16 V	2,5 mm	Elektrolytický kondenzátor
C3	22 uF/16 V	2,5 mm	Elektrolytický kondenzátor
C4	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C5	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C6	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
C7	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
D1	LL4148	SOD-80	Usměrňovací dioda
D2	LL4148	SOD-80	Usměrňovací dioda
D3	LL4148	SOD-80	Usměrňovací dioda
R1	2,2 kΩ	R1206	Rezistor
R2	1 kΩ	R1206	Rezistor
R3	1 kΩ	R1206	Rezistor
R4	82 kΩ/2 W	0411	Rezistor
R5	360 Ω	R1206	Rezistor
JUM1	6 pin	2,54 mm	Dutinková lišta
K1	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
K2	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
K3	PSH02-02P	2,54 mm	Konektor se zámkem
Modul ovládání televize			
Označení	**Hodnota**	**Pouzdro/rozměr**	**Popis**
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	AC/DC spínaný zdroj
IC1	MC33269DT-3.3V	DPACK	Stabilizátor napětí
IC2	NRF24L01	18x12 mm	Bezdrátový modul s integrovanou anténou SMD

IC3	ATmega 328	DIP28	Mikrokontrolér
IC3	SOKL 28U	DIP28	Patice pro mikrokontrolér
F1	RXE014E	1812L	Pojistka PolySwitch
Q1	16 MHz	HC49US	Krystalový oscilátor
C1	10 uF	1206	Keramický kondenzátor
C2	22 uF/16 V	2,5 mm	Elektrolytický kondenzátor
C3	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C4	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C5	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
C6	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
D1	IR333	5 mm	Infračervená dioda
R1	100 Ω	R1206	Rezistor
JUM1	6 pin	2,54 mm	Dutinková lišta
K1	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
Modul garážových vrat			
Označení	**Hodnota**	**Pouzdro/rozměr**	**Popis**
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	AC/DC spínaný zdroj
IC1	MC33269DT-3.3V	DPACK	Stabilizátor napětí
IC2	NRF24L01	18x12 mm	Bezdrátový modul s integrovanou anténou SMD
IC3	ATmega 328	DIP28	Mikrokontrolér
IC3	SOKL 28U	DIP28	Patice pro mikrokontrolér
IO1	PC815	DIP4	Optočlen
REL1	N4100CH-5V	15,5x11 mm	Přepínací relé
T1	BC846	SOT-23	NPN Tranzistor
F1	RXE014E	1812L	Pojistka PolySwitch
Q1	16 MHz	HC49US	Krystalový oscilátor
C1	10 uF	1206	Keramický kondenzátor
C2	22 uF/16 V	2,5 mm	Elektrolytický kondenzátor
C3	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C4	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C5	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
C6	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
D1	SM6T6V8A	SMB	Unipolární transil
D2	LL4148	SOD-80	Usměrňovací dioda
R1	2,2 kΩ	R1206	Rezistor
R2	4,7 kΩ	R1206	Rezistor
R3	100 Ω	R1206	Rezistor

R4	100 Ω	R1206	Rezistor
JUM1	6 pin	2,54 mm	Dutinková lišta
K1	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
K2	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
K3	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
Modul detektoru plynu			
Označení	**Hodnota**	**Pouzdro/rozměr**	**Popis**
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	AC/DC spínaný zdroj
IC1	MC33269DT-3.3V	DPACK	Stabilizátor napětí
IC2	NRF24L01	18x12 mm	Bezdrátový modul s integrovanou anténou SMD
IC3	ATmega 328	DIP28	Mikrokontrolér
IC3	SOKL 28U	DIP28	Patice pro mikrokontrolér
F1	RXE014E	1812L	Pojistka PolySwitch
Q1	16 MHz	HC49US	Krystalový oscilátor
SG1	EFBAA40D101	10 mm	Piezoelektrický měnič
C1	10 uF	1206	Keramický kondenzátor
C2	22 uF/16 V	2,5 mm	Elektrolytický kondenzátor
C3	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C4	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C5	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
C6	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
R1	360 Ω	R1206	Rezistor
JUM1	6 pin	2,54 mm	Dutinková lišta
JUM2	MQ5	32x20 mm	Modul senzoru plynu pro Arduino
K1	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
K2	PSH02-02P	2,54 mm	Konektor se zámkem
Modul pro zavlažování			
Označení	**Hodnota**	**Pouzdro/rozměr**	**Popis**
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	AC/DC spínaný zdroj
IC1	MC33269DT-3.3V	DPACK	Stabilizátor napětí
IC2	NRF24L01	45,5x16,5 mm	Bezdrátový modul s vestavěným zesilovačem signálu a externí anténou
IC3	ATmega 328	DIP28	Mikrokontrolér
IC3	SOKL 28U	DIP28	Patice pro mikrokontrolér
REL1	SRA-05VDC	10x13 mm	Přepínací relé
T1	BC846	SOT-23	NPN Tranzistor

F1	RXE014E	1812L	Pojistka PolySwitch
Q1	16 MHz	HC49US	Krystalový oscilátor
C1	10 uF	1206	Keramický kondenzátor
C2	22 uF/16 V	2,5 mm	Elektrolytický kondenzátor
C3	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C4	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C5	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
C6	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
D1	SM6T6V8A	SMB	Unipolární transil
D2	LL4148	SOD-80	Usměrňovací dioda
R1	2,2 kΩ	R1206	Rezistor
R2	4,7 kΩ	R1206	Rezistor
R3	100 Ω	R1206	Rezistor
R4	100 Ω	R1206	Rezistor
JUM1	6 pin	2,54 mm	Dutinková lišta
JUM2	2 pin	2,54 mm	Hřebínková lišta
K1	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
K2	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
Modul venkovního teplotního čidla			
Označení	**Hodnota**	**Pouzdro/rozměr**	**Popis**
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	AC/DC spínaný zdroj
IC1	MC33269DT-3.3V	DPACK	Stabilizátor napětí
IC2	NRF24L01	45,5x16,5 mm	Bezdrátový modul s vestavěným zesilovačem signálu a externí anténou
IC3	ATmega 328	DIP28	Mikrokontrolér
IC3	SOKL 28U	DIP28	Patice pro mikrokontrolér
IO1	DS18B20	TO-92	Digitální teploměr
F1	RXE014E	1812L	Pojistka PolySwitch
Q1	16 MHz	HC49US	Krystalový oscilátor
C1	10 uF	1206	Keramický kondenzátor
C2	22 uF/16 V	2,5 mm	Elektrolytický kondenzátor
C3	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C4	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C5	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
C6	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
R1	4,7 kΩ	R1206	Rezistor
JUM1	6 pin	2,54 mm	Dutinková lišta

K1	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
Modul vnitřního teplotního čidla-termostat			
Označení	**Hodnota**	**Pouzdro/rozměr**	**Popis**
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	AC/DC spínaný zdroj
IC1	MC33269DT-3.3V	DPACK	Stabilizátor napětí
IC2	NRF24L01	18x12 mm	Bezdrátový modul s integrovanou anténou SMD
IC3	ATmega 328	DIP28	Mikrokontrolér
IC3	SOKL 28U	DIP28	Patice pro mikrokontrolér
IO1	DS18B20	TO-92	Digitální teploměr
REL1	N4100CH-5V	15,5x11 mm	Přepínací relé
T1	BC846	SOT-23	NPN Tranzistor
F1	RXE014E	1812L	Pojistka PolySwitch
Q1	16 MHz	HC49US	Krystalový oscilátor
C1	10 uF	1206	Keramický kondenzátor
C2	22 uF/16 V	2,5 mm	Elektrolytický kondenzátor
C3	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C4	100 nF	C1206	Keramický kondenzátor
C5	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
C6	22 pF	C1206	Keramický kondenzátor
R1	2,2 kΩ	R1206	Rezistor
R2	4,7 kΩ	R1206	Rezistor
JUM1	6 pin	2,54 mm	Dutinková lišta
K1	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
K2	ARK350/2	3,5 mm	Svorkovnice do DPS
Ostatní			
Počet kusů	**Pouzdro/rozměr**	**Popis**	
1	85,6x56,5 mm	Raspberry Pi 2B	
1	36,8x17x8,4 mm	Wi-Fi adaptér TP-LINK TL-WN723N	
1	25x24x9 mm	Kamera Raspberry Pi s 15pin plochým kabelem	
2	16x22 mm	Infračervený modul pro kameru Raspberry Pi	
1	80x40x40 mm	Vodovodní elektromagnetický ventil SIEBE	
1	15x14x23 mm	Feritový kroužek na kabel	
1	13 mm	Varistor VCR10D391KAR	
1	19,2x13 mm	Vypínač MRS-101AC4-B	
2	18,8x12,9 mm	Vypínač P-B100H	
1	18 mm	Tlačítko PBS-33B-B	

4	89x55x23 mm	Krabička KM26N ABS-BEZ
2	66x47x24 mm	Krabička KPZ1A
2	65x57x92 mm	Krabička KM49
1	110x110x80 mm	Krabička
2	5 mm	LED BL-B4534-L
1	19,8x6,4x10,6 mm	Koncový spínač SM-05S-04P0-Z
1	49x49 mm	Zásuvka 230 V/16 A
4	10 mm	Kovový distanční sloupek
8	10 mm	Plastový distanční sloupek
16	6 mm	Šroubek M3x6 mm
8	M3	Matka M3