



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

## SYSTÉM PRO ŘÍZENÍ DOMÁCNOSTI

HOME AUTOMATION SYSTEM

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Bajgl

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Kubíček, Ph.D.

BRNO 2016



# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Elektronika a sdělovací technika**  
Ústav radioelektroniky

**Student:** Vojtěch Bajgl

**ID:** 161205

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2015/16

## NÁZEV TÉMATU:

### System pro řízení domácnosti

#### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Provedte analýzu současného stavu na trhu systémů a komponent pro domácí automatizaci v oblasti drátového i bezdrátového řízení. Na základě zjištěných trendů v této oblasti navrhnete vlastní systém pro automatizaci domácnosti, tj. dálkové a programovatelné spínání a regulaci spotřebičů. Důraz je kladen na jednoduchost a nízké náklady výsledného produktu. Navrhnete schémata a plošné spoje základních komponent systému.

Realizujte jednotlivé komponenty navrženého systému a ověřte jejich funkci. Provedte instalaci vybraných prvků do domácnosti a zhodnoťte funkčnost a přínos systému. Navrhnete případná vylepšení systému, porovnejte vytvořený systém s komerčně dostupnými produkty.

#### DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] GOODWIN, S. Smart Home Automation with Linux and Raspberry Pi. New York: Apress, 2013. 328 p. ISBN: 978-1430258872.

[2] GARLÍK, B. Inteligentní budovy. Praha: BEN - technická literatura, 2012. ISBN: 978-80-7300-440-8.

**Termín zadání:** 8.2.2016

**Termín odevzdání:** 26.5.2016

**Vedoucí práce:** Ing. Michal Kubiček, Ph.D.

**Konzultant bakalářské práce:**

**doc. Ing. Tomáš Kratochvíl, Ph.D., předseda oborové rady**

#### UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské 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 analýzou současného stavu systémů pro řízení domácnosti na trhu a následným návrhem a vytvořením systému vlastního. V první části práce je uvedeno a porovnáno několik komerčně dostupných systémů určených pro domovní automatizaci, jejich funkce, možnosti, princip funkce a ceny. Druhá část se zabývá návrhem vlastního systému, návrhem potřebných desek plošných spojů a následně tvorbou obslužného softwaru. Systém je založen na minipočítači Raspberry PI 2B, který ovládá domácí spotřebiče a jiná elektrická zařízení prostřednictvím uživatelsky komfortního webového rozhraní. Diskutovány jsou různé způsoby řešení systému i využití minipočítače.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Inteligentní domácnost, Raspberry Pi, Arduino, Linux, NRF24L01, webový server.

## **ABSTRACT**

This thesis deals with home automation systems. First part of the thesis is focused on analysis of commercially available state-of-the-art systems. The most common ones are compared in terms of their functions, properties, principles of operation and their price. Second part of the thesis describes design and development of custom system for home automation. The aim is to build a cheap alternative to the commercially available systems. The design description starts from schematic design of particular components through PCB design to firmware and software development. The system is based on Raspberry PI 2B microcomputer which controls all the required home electronic equipment via user-friendly web-based interface. Several different ways of use of the system are discussed as well as some useful features of the microcomputer.

## **KEYWORDS**

Smart home, Raspberry Pi, Arduino, Linux, NRF24L01, web server.

BAJGL, V. Systém pro řízení domácnosti. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 53 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Michal Kubíček, Ph.D.

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Systém pro řízení domácnosti jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské 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)

# OBSAH

<b>Seznam obrázků</b>	<b>vii</b>
<b>Úvod</b>	<b>10</b>
<b>1 Inteligentní elektroinstalace</b>	<b>11</b>
1.1 Základní způsoby řízení systému.....	11
1.2 Komunikace komponentů .....	11
1.2.1 Sběrnice KNX/EIB .....	12
1.2.2 Protokol BACnet.....	12
1.2.3 Sběrnice LON .....	13
1.3 Komponenty systémů .....	13
1.3.1 Senzory .....	13
1.3.2 Aktory .....	13
1.3.3 Ethernetové moduly.....	14
1.3.4 Řídicí moduly a systémy.....	14
1.3.5 Napájecí zdroje .....	14
1.4 Komerčně dostupné systémy .....	14
1.4.1 iNELS RF Control .....	15
1.4.2 Loxone .....	15
1.4.3 Ego-n.....	16
1.4.4 xComfort.....	17
1.4.5 Foxtrot.....	18
<b>2 Návrh vlastního systému</b>	<b>19</b>
2.1 Raspberry Pi 2 model B .....	20
2.1.1 Příklady využití.....	20
2.1.2 Přehled operačních systémů.....	21
2.1.3 Představení použitého OS Raspbian .....	21
2.1.4 GPIO konektor .....	22
2.2 Arduino .....	23
2.2.1 Arduino Nano .....	24
2.3 NRF24L01 .....	25

2.4	PIR čidlo HC-SR501 .....	25
2.5	Digitální potenciometr X9C103P .....	25
2.6	Stmívač 0-10V .....	26
2.7	Modul napájecího zdroje .....	26
2.8	Napájecí zdroj APR S-25-12 .....	26
2.9	Blokové schéma a realizace hardware .....	27
2.9.1	Řídící modul .....	28
2.10	Ovládané prvky .....	29
2.10.1	Světla v obývacím pokoji .....	30
2.10.2	Světla na chodbě .....	31
2.10.3	Světlo pod přístřeškem.....	31
2.10.4	System ozvučení .....	31
2.10.5	Ovladatelná zásuvka .....	32
2.10.6	Příjezdová brána .....	32
2.11	Software .....	33
2.12	Webové servery .....	34
2.12.1	Apache HTTP server .....	34
2.12.2	Lighttpd.....	34
2.13	Instalace knihoven a nastavení .....	35
2.14	Programování systému.....	36
2.14.1	Tvorba webového serveru a uživatelského rozhraní.....	36
2.14.2	Programy ovládaných modulů .....	37
2.15	Finanční zhodnocení .....	38
<b>3</b>	<b>Závěr</b>	<b>39</b>
	<b>Literatura</b>	<b>40</b>
	<b>Seznam symbolů, veličin a zkratk</b>	<b>42</b>
<b>A</b>	<b>Návrh zařízení</b>	<b>44</b>
A.1	Obvodové zapojení řídicího modulu.....	44
A.2	Obvodové zapojení modulu osvětlení pergoly .....	45
A.3	Obvodové zapojení modulu zásuvky .....	46
A.4	Obvodové zapojení modulu ozvučení.....	47
A.5	Obvodové zapojení modulu osvětlení chodby.....	48
A.6	Obvodové zapojení modulu ovládání brány .....	49

A.7	Obvodové zapojení modulu osvětlení obýváku.....	50
<b>B</b>	<b>Seznam součástek</b>	<b>51</b>

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Blokové schéma KNX/EIB komunikace.....	12
Obrázek 2 Chytrá krabička iNELS; převzato z [6].....	15
Obrázek 3 Příklad zapojení ovládání světla; převzato z [7] .....	16
Obrázek 4 Ovládání pomocí tabletu; převzato z [8] .....	16
Obrázek 5 Topologie systému xComfort; převzato z [2] .....	17
Obrázek 6 Topologie systému FOXTROT; převzato z [10].....	18
Obrázek 7 Raspberry Pi 2 model B; převzato z [12] .....	20
Obrázek 8 Popis pinů GPIO na desce počítače; převzato z [15] .....	22
Obrázek 9 Popis pinů na desce Arduino Nano V3; převzato z [22].....	24
Obrázek 10 Popis pinů na desce modulu NRF24L01; převzato z [23] .....	25
Obrázek 11 Principiální zapojení stmívače a regulace; převzato z [24].....	26
Obrázek 12 Blokové schéma systému .....	27
Obrázek 13 Principiální zapojení transceiveru k modulům; převzato z [25].....	27
Obrázek 14 Schéma zapojení relé.....	28
Obrázek 15 Výřez schématu s pojistkou Raspberry Pi; převzato z [16] .....	29
Obrázek 16 Půdorys domu.....	29
Obrázek 17 Vytvoření 0-10 V pro regulaci .....	30
Obrázek 18 Schéma zapojení regulace hlasitosti digitálním potenciometrem .....	32
Obrázek 19 Výsledný vzhled ovládacího systému .....	36
Obrázek 20 Ukázka vývojového prostředí pro Arduino verze 1.6.7 .....	37

# ÚVOD

Obsahem této práce je analýza komerčně dostupných systémů na trhu a návrh systému vlastního. V moderní době, plné chytrých zařízení, smartphonů, notebooků, tabletů a dalších, se začínáme čím dál více setkávat i s plně automatizovanými chytrými domy a byty. Inteligentní domácnosti existují už řadu let a stále se zdokonalují. Úkolem inteligentního systému je vhodně ovládat různé spotřebiče v domě, usnadňovat uživateli práci s nimi a tím zařízovat větší komfort pro člověka. Z důvodu úspory energie jsou většinou jednotlivé systémy propojeny v jeden celek. Mnoho domácností již má klimatizaci, elektrické venkovní rolety, podlahové vytápění, ozvučení prostor, elektrická vrata, kamerový či bezpečnostní systém a jiná automatizovaná zařízení. Bohužel, se zvyšujícími se nároky na pohodlí domova pochopitelně vzrůstá i pořizovací cena.

Cílem práce je tudíž navrhnout své vlastní jednoduché a zároveň finančně dostupné zařízení, které by představovalo ulehčení ovládání některých domovních zařízení. Diskutovat se bude o možnostech použití různých řídicích jednotek, jejich roli v systému, pozitivní a negativní vlastnosti. Jako optimální řešení se později ukázalo použít platformu Raspberry Pi. Rozmýšleno bude i nad softwarovou stránkou, jak vytvořit přívětivé ovládací webové rozhraní a co všechno a jakým způsobem v rodinném domě ovládat. Součástí dokumentace je i popis principu funkce všech částí vyrobeného zařízení.

# 1 INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE

Takzvaný systém chytrých budov zahrnuje domy, které se také starají o pohodlí člověka a nabízejí velké množství možností automatického řízení elektrických zařízení v domě. V případě sledování filmů, stačí jen vybrat v archivu systému a o ostatní už je postaráno. Systém sám zatáhne žaluzie, zapne ozvučení a televizi přepnutou na zdroj vybraného filmu, případně nastaví vhodný jas osvětlení. Podobně při návratu z práce či ze školy domů, stačí zmáčknout jedno tlačítko a už se otevírá přístupová brána s blikajícím majáčkem. Ovládat lze i teplotu domu, kdy systémy sami regulují její hodnotu v místnostech a to v závislosti na tom, jestli je místnost prázdná nebo se v ní zrovna někdo nachází. Vytápění je regulováno i v závislosti na tom, zda do pokoje zrovna proniká sluneční záření. Topení, klimatizaci a další spotřebiče je možné v systémech zapnout nebo nastavit jejich časované spouštění na dálku. Systémy mají často všechny subsystemy - vytápění, klimatizaci, ovládání vrat, žaluzie, ozvučení, elektrické spotřebiče, kamerový systém i zabezpečovací technologie - propojeny v jeden komplexní celek. Zajišťují tak i nejmenší nároky na energetickou zátěž a v důsledku i na finanční výdaje. Mezi požadavky systému patří jednoduchost ovládání, u zabezpečovacího systému odolnost a nepochybně i bezporuchová funkčnost všech zařízení.

## 1.1 Základní způsoby řízení systému

Jednoduchost a komfortní ovládání systému jsou samozřejmostí. Pomocí dálkového ovladače, tlačítkového vypínače či dotykového panelu zabudovaného do zdi nebo i webové aplikace komunikující přes domácí wi-fi síť, lze na dálku řídit a sledovat různé parametry i chod systému. K řídicímu systému je tedy možné přistupovat pomocí notebooku, tabletu či telefonu připojenému na síť wi-fi. Pro zapnutí topení či odesílání SMS o stavu a dění na mobilní telefon je možné využít GSM mobilní signál. Automatické řízení lze chápat například jako automatické udržování teploty v domě a regulace úrovně vytápění v jednotlivých místnostech.

## 1.2 Komunikace komponentů

V mnoha odvětvích elektroniky je možné se setkat hned s několika komunikačními standardy. Později s automatizací budov byla vytvořena řada standardů pro komunikaci zařízení mezi sebou. Nejčastější komunikace zařízení je bezdrátová, avšak jsou i systémy s komunikací po datové sběrnici. Příklady nejběžnějších komunikačních standardů, které se vyskytují v automatizovaných domácnostech, jsou BACnet, LonTalk, EHS, FND a Profibus.

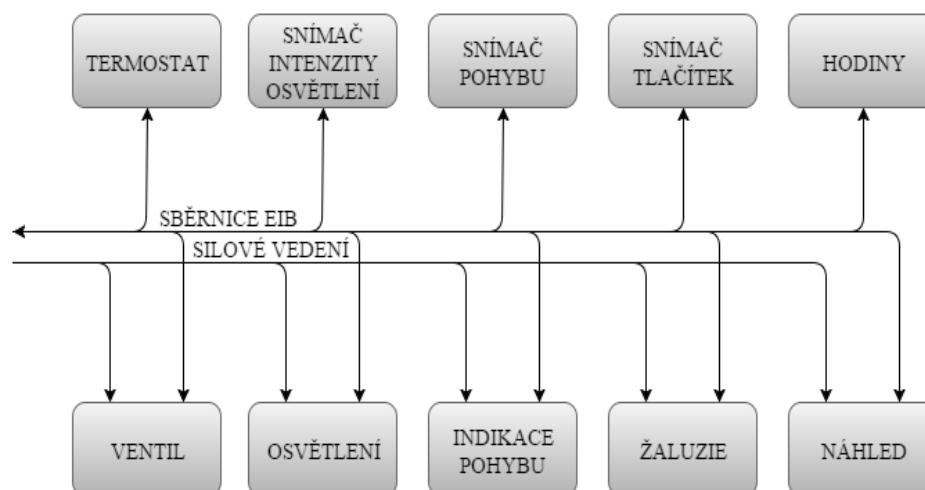
U systému KNX/EIB (a dalších jiných) spolu komponenty komunikují pomocí prvků zvaných senzory a aktory.

**Senzory** snímají dění, převádí fyzikální veličinu na elektrický signál, ten digitalizují a vysílají data po sběrnici.

**Aktory** přijímají data a mění signál na určitý úkon. K dispozici jsou stmívající, spínací, žaluziové, topné a další. Některé mají více těchto funkcí dohromady [1].

### 1.2.1 Sběrnice KNX/EIB

Sběrnice Konnex bus (KNX) se skládá ze tří sběrnic a to EIB, BatiBus a EHS. Nejprve vznikla nejpoužívanější evropská sběrnice EIB ze sběrnice Instabus podporovaná společnostmi Siemens, Bosch a dalšími výrobci. Pro naprogramování tohoto systému je potřeba program ETS dostupný v mnoha verzích. EIB sběrnici mohou být spojeny různé výrobky mnoha firem, jelikož je u ní zajištěna plná kompatibilita se standardem KNX. Standardem KNX je EIB rozšířeno o možnost připojení mnoha dalších zařízení. Fyzickou vrstvu rozhraní tvoří kroucený pár vodičů EIB-TP, síťové vedení EIB-PL nebo rádiový přenos EIB-RF. Sdružení KNXA si dalo za úkol vytvořit světový standard pro automatizaci budov. Pro velký úspěch na trhu byla sběrnice EIB zvolena jako základ standardu KNX. Má hned několik výhod, mezi které patří zmiňovaná kompatibilita zařízení od různých výrobců. Tyto zařízení se pak označují dvěma ochrannými známkami. Vytvoření standardu KNX zajistilo sběrnici EIB mezinárodní zhodnocení [1],[3].



Obrázek 1 Blokové schéma KNX/EIB komunikace

### 1.2.2 Protokol BACnet

Standardizovaný protokol BACnet z roku 1995 je výkonný a zcela bezplatný standard automatizace domácností. Vyvíjela ho organizace ASHRE. Odvozen je od referenčního modelu propojování systémů ISO/OSI. Příklady druhů komunikace jsou: **BACnet over MS/TP**, což je levné řešení propojení kontrolérů využívající pomalejší sběrnici RS-485. **BACnet over Ethernet** umožňuje využít k propojení jednotlivých komponent síť Ethernet. Skládá se z více vrstev, přičemž každá má svůj vlastní úkol. Služby BACnet protokolu určují, jakým způsobem komunikují dvě a více zařízení v síti. Tyto služby můžeme rozdělit na dva základní typy. Jsou to potvrzované služby a nepotvrzované služby (spolehlivé a nespolehlivé).

Kanadská společnost Delta Controls se specializuje na instalace s protokolem BACnet a tvoří softwarové nástroje, jako OrcaWeb, OrcaView a Historian [1],[4].

### 1.2.3 Sběrnice LON

U nás, ne příliš známý a méně používaný, je systém LON. Tento standard byl vyvinut na začátku 90. let firmou Echelon jako levné a univerzální spojení pro všechna technická použití nejnižší úrovně. Využíván je převážně ve Spojených státech. Jedná se o systém decentralizovaný a jeho princip je založený na „nervovém systému“, který se skládá ze vzájemně komunikujících uzlů přes tzv. „neurony“ - speciální mikrokontroléry obsahující všechny potřebné funkce. Každý uzel má v sobě senzory, aktory a čip neuron. Neuron v sobě obsahuje: paměti, tři procesory, časovací jednotku, komunikační sběrnici, vstupní a výstupní část. Čipy vyrábí firmy jako Cypress Semiconductors (Motorola) a Toshiba. Použitý komunikační protokol má název LonTalk a komunikační platforma LonWorks. Signál sběrnice je přenášen ve tvaru telegramů různými přenášejícími médii jako elektrorozvodná síť, infračervená síť, koaxiální kabel a rádiové vlny [1].

## 1.3 Komponenty systémů

### 1.3.1 Senzory

Senzory, označené též jako snímače, se označují prvky, které snímají a převádí fyzikální veličinu na informaci, kterou odešlou ve formě datagramu po dané sběrnici. Jako senzor lze považovat tlačítko, čidlo teploty, větru, deště, kouře, pohybu, otevřených oken či dveří a intenzity světla. Zjišťují dění a stav v domácnosti, na jeho základě pak systém vykonává patřičné funkce a ovládá jiná zařízení. Druhů zařízení se vyrábí velká spousta, přičemž většinou každý výrobce dělá produkty vlastní. To ale neznamená, že nejsou některá zařízení spolu kompatibilní. Takovým příkladem je standard KNX, u kterého je kompatibilita zařízení jiných výrobců zajištěna. Mohou být v provedení bezdrátovém, což ulehčuje práci při instalaci nebo drátovém, u kterého se musí v domě rozvést potřebná kabeláž.

### 1.3.2 Aktory

Aktory vykonávají práci nebo regulují zařízení domácnosti na základě datagramů obdržených ze systému a senzorů. Můžeme je rozdělit na stmívající, spínací, topné, žaluziové či ethernetové. U některých je jejich funkce a využití dále trochu přiblížena.

#### **Stmívající**

Proces stmívání osvětlení v inteligentní domácnosti umožňuje stmívač, který se zpravidla připojuje přímo k osvětlení. Díky stmívání je pak možné nejen nastavit intenzitu osvětlení závislou na denním světle, ale i vytvářet různé světelné efekty a scény. Tohoto obyčejným vypínacím tlačítkem nelze dosáhnout. Aktory mohou mít až čtyři kanály samostatně ovládané, to povětšinou záleží na výrobci [2].

#### **Spínací**

Tak jako vypínače mají i spínací moduly za úkol spínat a vypínat nejen spotřebiče, ale i zásuvkové obvody, ovládat termohlavice radiátorů a jiná zařízení. Moduly se většinou usazují v rozvaděči na DIN lištu a se základním systémem se propojí

krouceným párem vodičů o určité maximální délce. Pro delší dosah by se už muselo použít optického vedení, které je možné použít daleko delší. Spotřeba těchto modulů se pohybuje řádově v miliampérech při stejnosměrném napětí 24 V [2].

### **1.3.3 Ethernetové moduly**

Všude, kde je potřeba připojení na internet, se vyskytují ethernetové moduly. Připojí se k základnímu modulu na DIN lištu a fungují tak jako brána k internetovému spojení pomocí standardu GSM. Do modulu se pak zasune SIM karta, přes kterou je možné ovládat systém SMS zprávami či nouzovým voláním prakticky odkudkoli. Zde se pak mohou připojit i grafické displeje zabudované třeba ve zdi, sloužící pro centrální ovládání celého systému [2].

### **1.3.4 Řídicí moduly a systémy**

Hlavním zařízením inteligentní domácnosti je řídicí systém, který má za úkol komunikovat s veškerými zařízeními k němu připojená a ovládat je defaultně nastaveným uživatelským programem, nebo pokud je na to kladen požadavek, od senzoru. Jednotka zajišťuje propojení všech prvků a jejich vzájemnou komunikaci. Většina jednotek je založena na bázi PLC, tudíž obsahují vstupy a výstupy, na které se aktory připojují. Vstupy/výstupy mohou být binární, analogové nebo tvořeny relé. Modul obsahuje paměť pro uživatelský program a rozhraní pro připojení rozšiřujících modulů. Možné je připojení i wi-fi routeru pomocí Ethernet rozhraní, a tím tak ovládat dům pomocí chytrých zařízení jako jsou tablety, smartphony, notebooky a vestavěné grafické obrazovky. Paměť jednotky je snadno rozšiřitelná o kartu SD. Většina řídicích jednotek je plně kompatibilní se sběrnici KNX/EIB. Ceny modulů se pohybují řádově v jednotkách až desítkách tisíc korun [2].

### **1.3.5 Napájecí zdroje**

Napájecích zdrojů pro automatizované systémy je hned několik variant a liší se hlavně hodnotou výstupního napětí 12-24 VDC nejběžněji a velikostí výstupního proudu. Zdroje se taktéž montují na DIN lištu do rozvaděče a jsou obvykle vybaveny zálohovacím akumulátorem v případě výpadku elektrické sítě [2].

## **1.4 Komerčně dostupné systémy**

Na světě existuje velké množství komerčně dostupných inteligentních systémů řízení domácností a ty nejnámější budou v této kapitole blíže specifikovány. Diskutováno bude hlavně o možnostech použití, komunikace zařízení, ale i o jejich ceně.

### 1.4.1 iNELS RF Control

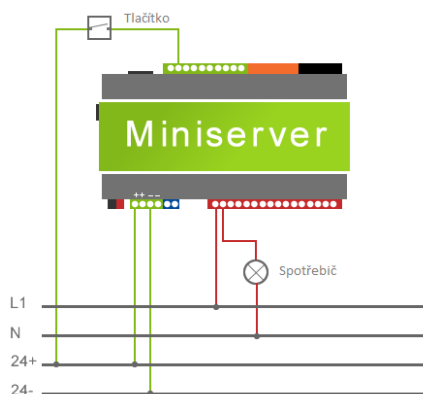
Velmi známé a levné řešení je iNELS RF Control od společnosti ELKO EP. Systém komunikuje s danými zařízeními bezdrátově na frekvenci 868 MHz s obousměrným protokolem, ovšem s dosahem v zastavěném okolí pouze 40-50 m. Zato ve volném prostoru funguje komunikace až na 200 m. Podobně jako u domácí internetové sítě wi-fi lze problém se slabým či žádným signálem vyřešit pomocí opakovačích zařízení. Bezdrátové prvky se dělí podle své funkcionality na stmívající, spínací, topné, žaluziové apod. Jako centrální ovládací jednotku těchto prvků lze použít bezdrátový vypínač nebo dálkový ovladač (RF pilot) a další jiná zařízení. Dnes je ale největší trend používat řídicí modul („RF krabičku“), který umožňuje tyto prvky v domácnosti ovládat aplikací na jakémkoli smartphonu. Centrální jednotka se připojí k domácí síti Ethernet kabelem nebo jednodušeji pomocí bezdrátové wi-fi sítě. Pak už se jen v mobilní aplikaci vytvoří ovládací tlačítka nebo i scény či jiné prvky, kterými bude možné následně ovládat daná zařízení. Výhodné je, pokud se začne s malou sadou iNELS, kterou je pak možné bezproblémově rozšiřovat o další prvky. Cena základní sady „iNELS Dům pod palcem“ se pohybuje v rozmezí 8-10 tisíci korun [6].



Obrázek 2 Chytrá krabička iNELS; převzato z [6]

### 1.4.2 Loxone

Za známý systém je považován i systém Loxone. Loxone centrálně řídí všechny připojené prvky svým řídicím modulem zvaným „Miniserver“, který má v sobě i vlastní operační systém. Komunikace s řídicím modulem je zajištěna prostřednictvím technologie RESTful Web Services [7]. Stejně jako u systému iNELS lze různé periferie ovládat pomocí notebooku, tabletu, smartphonu či ovládacím terminálem někde na zdi. Co se týče komunikace s dálkovým ovládáním, používá se tu řízení pomocí HTTP nebo WebSockets. Rozdíl oproti iNELS je ale v komunikaci miniserveru s ovládanými periferiemi. Téměř všechny periferie, ať se jedná o spotřebiče, žárovky, žaluzie, garážová vrata a ostatní, jsou připojeny drátově a individuálně. Z pohledu obtížnosti je ale na tom tento systém, oproti dříve zmiňovanému, trochu hůře. Je to zejména proto, že se v domě musí navíc navést slaboproudá kabeláž. Výhodou systému v tomto zařízení je aktualizace, která zajišťuje kompatibilitu ovládání i nejnovějších prvků chytrého domu. Příklad zapojení miniserveru je na obr. 3. Pořizovací cena Loxone systému s více možnostmi oproti sadě „Dům pod palcem“ od firmy ELKO EP se pohybuje okolo 60 tisíc korun [7].



Obrázek 3 Příklad zapojení ovládání světla; převzato z [7]

### 1.4.3 Ego-n

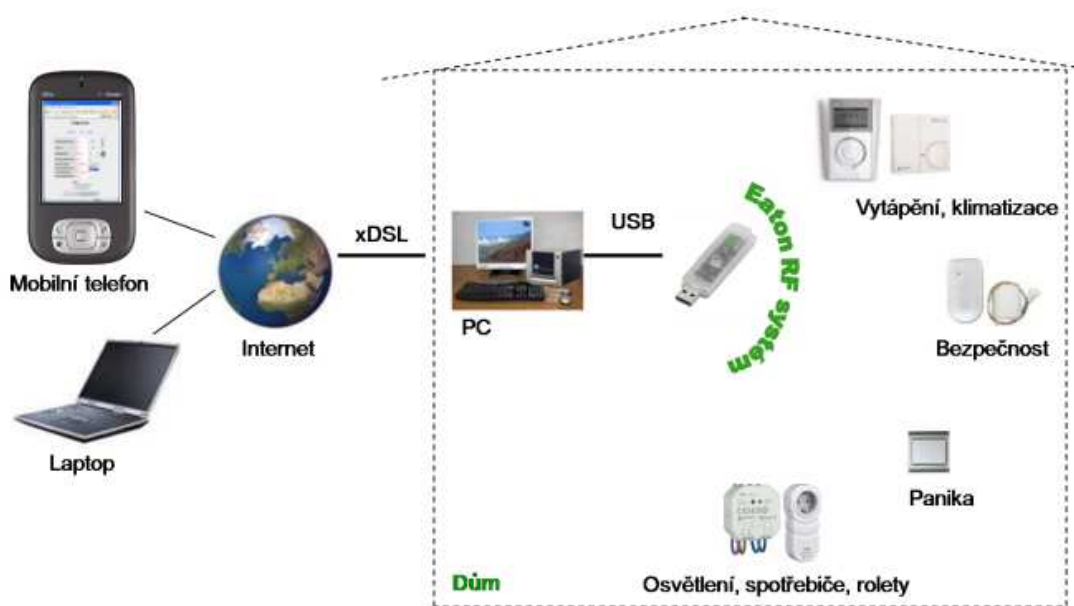
Ego-n je jeden z dalších centralizovaných systémů, tentokrát od společnosti ABB, určený taktéž pro automatizaci domácnosti. Systém umožňuje propojit až 512 prvků, se kterými komunikuje po čtyřvodičové sběrnici. Jednotlivé prvky ovládá předem naprogramovanými datovými zprávami. Funkce jednotlivých prvků se nastavují tlačítky, nebo u složitějších úkonů pak pomocí speciálního obslužného softwaru Ego-n Asistent. Pro ovládání lze také použít tlačítkový snímač s displejem, na kterém je možné ovládat až 16 prvků z jediného místa. Snímač toho ale umí daleko víc - kromě ovládání informuje i o otevřených dveřích, oknech, velké spotřebě energie různých spotřebičů apod. Tam kde není možné z jakýchkoli důvodů přivést kabeláž, se použijí bezdrátové vypínače, vysílače, či komfortnější ovladače. Komfortní je dnes ovládat zařízení pomocí SMS, tedy přes GSM signál, a i tuto možnost systém podporuje. Dům tedy může mít majitel pod kontrolou, i když zrovna není doma. Pohodlné je ale i ovládání přes mobilní telefon se systémem Android nebo notebook s webovým prohlížečem připojeným k internetu. Umí ovládat osvětlení, žaluzie, elektrické spotřebiče, topení, zavlažování a mnoho jiných zařízení v domě [8].



Obrázek 4 Ovládání pomocí tabletu; převzato z [8]

## 1.4.4 xComfort

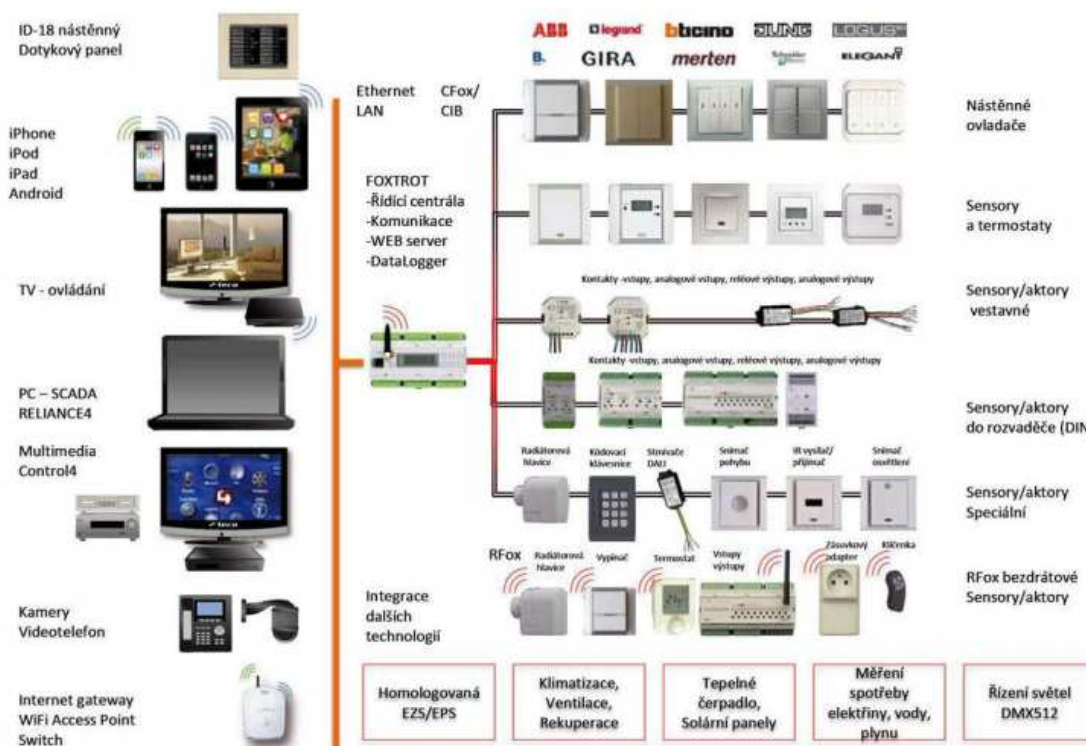
System xComfort je bezdrátový systém od firmy Eaton, použitelný hlavně v domácnostech, kde není možné přivedení několika kabelů. Centrální jednotka s názvem Home Manager komunikuje s dalšími prvky bezdrátově na frekvenci vyhrazené pro systémy budov, tedy 868.3 MHz. Jednotka přijímá a vysílá signály RF prvkům do vzdálenosti v domě až 50 m. Spínací, stmívající a další prvky jsou pak umístěny přímo v zařízení. Jednotka komunikuje i se zařízením Room Managery umístěným v některých místnostech a ovládající zařízení v dané místnosti pracující bezdrátově. V případě výpadku napájení je nezbytný chod systému jistěn malou knoflíkovou baterií. xComfort v sobě skrývá vizualizační software od společnosti Moeller Homeputer, případně systémy Creston, CUE či Control4. Vizualizační jednotka se pak propojí s PC, čímž je zajištěno, že se může bezdrátově přes internet jedinečnou IP adresou na jednotku napojit přes jiné zařízení, a ovládat tak prvky domácnosti. Jelikož jsou všechny prvky vzájemně provázané, lépe se dosahuje energetické úspory, která může dosáhnout až 30 %. Tedy pokud v zimě svítí slunce, otevřou se žaluzie a topení tak může snížit svůj výkon. Trendem dnešní doby jsou i domácí fotovoltaické elektrárny, o kterých systém informuje stavem výroby elektřiny a optimalizuje tím spouštění spotřebičů. Pouze základní jednotka ale stojí bezmála 33 tisíc korun [9],[2].



Obrázek 5 Topologie systému xComfort; převzato z [2]

## 1.4.5 Foxtrot

Řídicí systém Foxtrot je výjimečný kombinací více systémů. Kombinuje například PLC, integrovaný ethernetový port, velkokapacitní paměť a sériový port. Systém používá CIB [10] sběrnici až s 64 účastníky a programovací software Mosaic. Zabudovaný webový server a webové stránky spojené se všemi ovládanými zařízeními tvoří základ systému Foxtrot. Jako ostatní systémy tak i Foxtrot šetří energetické zdroje svým principem řízení zařízení v místnostech. energii spoří i centrální modul, který má příkon mezi 2-3 W. Stejně tak jako předchozí systémy dokáže ovládat mnoho zařízení, zapínání spotřebičů, centrální osvětlení, ventilaci, vytápění ale i kamerový a bezpečnostní systém a jiné. K ovládání je možné použít software Room Managery, smartphone, IR ovladače, notebooky, televize a jiné. Mosaic umožňuje vytvořit webové prostředí pomocí programu Web Maker s možností nastavení přihlašovacích údajů pro počítače a smartphony a díky tomu ovládat vlastní dům. Jenom řídicí modul je dražší jak 10 tisíc korun [10].



Obrázek 6 Topologie systému FOXTROT; převzato z [10]

## 2 NÁVRH VLASTNÍHO SYSTÉMU

Při návrhu systému se vycházelo z několika základních požadavků:

- 1) jednoduchost systému
- 2) přívětivé a jednoduché ovládaní
- 3) nízké náklady na realizaci systému.

Jedním z uvažovaných komunikačních rozhraní pro dorozumívání ovládacího zařízení s řídicí jednotkou bylo Bluetooth. Vzhledem k omezenému dosahu tohoto standardu bylo ale od této metody upuštěno. Jako nejvýhodnější se jevílo použít komunikaci prostřednictvím wi-fi signálu. Pro komunikaci standardem wi-fi lze zakoupit mnoho modulů podporujících tuto komunikaci. Z hlediska náročnosti byla nejlepší volba použít zařízení centrální jednotky hotové a k ní pak připojit další zařízení jako spínače, stmívače, snímače apod. Při výběru řídicí jednotky se uvažovalo o několika variantách. Požadavky na řídicí jednotku:

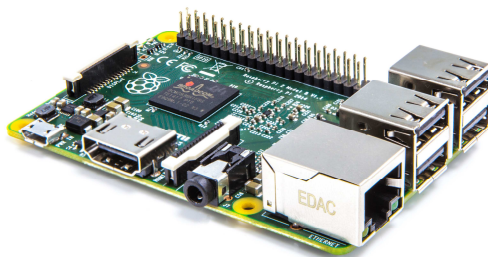
- 1) možnost vytvoření snadného webového rozhraní
- 2) jednoduché připojení k domácí síti
- 3) přítomnost programovatelných portů na desce modulu.

Na internetu se vyskytuje mnoho řešených projektů a návodů na tvorbu domácího ovládacího systému. Nejčastějšími příklady řídicích jednotek jsou minipočítač Raspberry Pi a Arduino. Vzhledem ke jmenovaným požadavkům bylo vybráno Raspberry Pi. S Raspberry Pi je možné lehce vytvořit webový server a má implementovanou možnost připojení k wi-fi. Leč programovatelné porty obsahují oba moduly. U Arduina se ale k domácí síti lze připojit pouze za pomoci dalšího zařízení. Raspberry Pi vlastní na své desce USB konektory pro připojení například USB wi-fi adaptéru, klávesnice myši atd. Na počítači Raspberry Pi běží operační systémy s výhodou, že podporuje více linuxových i nelineuxových verzí operačních systémů jemu uzpůsobených, které zvyšují počet dalších možností využití. Záleží pouze na konečné aplikaci. Širší specifikaci Raspberry Pi se zabývá jedna z dalších podkapitol.

Zprvu bylo navrženo zařízení na jedné DPS s řídicí jednotkou Raspberry Pi a přímo připojenými ovládacími prvky. To sice umožňovalo komunikovat mezi člověkem a řídicí jednotkou bezdrátově, ale komunikace mezi jednotkou a koncovými prvky (světlo, brána...) byla drátová. Z hlediska instalace tedy bylo nejjednodušší vyrobit systém zcela bezdrátový. Tím se rozdělilo celé zařízení z jedné na 7 DPS, z toho první deska je deskou řídicí a ostatní jsou ovládané. Řídicí modul dává povely ovládaným zařízením (aktorům) bezdrátově pomocí komunikačního modulu NRF24L01. Ovládací zařízení povel zachytí stejným modulem a předají ho dalšímu modulu zvaným Arduino Nano. To už pak v závislosti na programu vykoná danou akci (změní stavy na svých pinech podle potřeby a tím například zapne světlo). Následující kapitoly nejdříve popisují všechny hlavní použité komponenty, a až poté je rozepsána funkce a složení celého systému.

## 2.1 Raspberry Pi 2 model B

Jedná se o velice rozšířený malý přenosný počítač, který byl v této práci použit jako hlavní řídicí jednotka. Počítač se se svým hardwarem vyrovnává některým stolním počítačům či notebookům. Základem minipočítače je čtyř jádrový procesor Broadcom BCM2836 s frekvencí 900 MHz každého jádra, což je veliký rozdíl oproti jeho předchůdci s jedno jádrovým 700 MHz procesorem. Jeho součástí je i koprocesor a VideoCore IV grafický procesor. Nechybí ani výkonná paměť typu RAM o velikosti 1 GB a rychlosti 450 MHz. Pro napájení postačí běžný USB adaptér jako nabíječka dodávaná k mobilním telefonům a tabletům. Odebíraný proud je závislý na připojených perifériích a jeho hodnota se pohybuje v rozmezí cca 600-2500 mA. Minipočítač disponuje čtyřmi konektory typu USB A, do kterých je možné připojit například klávesnici, myš a jiná systémem podporovaná zařízení. Pro zobrazení aktuálního stavu počítače je možné připojit monitor nebo TV podporující HDMI připojení. Hned vedle tohoto konektoru na desce se nachází 3,5 mm jack jako výstup audia či kompozitního videa, ovšem s horším rozlišením oproti HDMI. K síti se dá počítač připojit pomocí ethernetového kabelu nebo častěji pomocí USB wi-fi adaptéru. Základem minipočítače je také slot pro micro SD kartu, na kterou se vkládá jeden z mnoha podporovaných operačních systémů upravených pro Raspberry Pi. Deska obsahuje i CSI a DSI konektory pro připojení kamer a displejů. Pro ostatní zařízení se pak nabízí 40 pinů rozhraní GPIO, kterých je v této práci využíváno nejvíce. Cena minipočítače se aktuálně pohybuje okolo 1300 Kč. Fotografie modulu Raspberry Pi 2B je na obr. 7 [11].



Obrázek 7 Raspberry Pi 2 model B; převzato z [12]

### 2.1.1 Příklady využití

Raspberry Pi bylo původně vyvinuto britskou nadací Raspberry Pi Foundation pro školní výuku informatiky. Možností výměny různých operačních systémů může být počítač ale přizpůsoben mnoha účelům. Používá se často jako malý nenáročný server nebo i jako přenosný počítač. Použit se může i v roli multimédií, kdy je nainstalován vhodný systém, pomocí kterého je možné sledovat filmy, videa či pouštět hudbu. Častou volbou OS mnoha uživatelů je Raspbian, na kterém mohou běžet i náročnější programy jako je například LibreOffice nebo hra Minecraft. Nenáročným uživatelům skvěle poslouží i jako lehký linuxový desktop. Využívají ho hlavně ti, co se věnují elektronice a především programování v jazyce Python. Připojit lze i zmiňované kamery a z nich pak opatřit libovolné snímky. Existují i moduly akcelerometrů nebo gyroskopů, které je možné připojit a vytvořit si tak jednoduchý detektor zemětřesení. Na internetu

se vyskytují i projekty, kde se spojuje více těchto počítačů dohromady a vytváří se tak jeden superpočítač. Problém není ani s měřením teploty, stačí zakoupit vhodné teplotní čidlo, připojit ho k pinu GPIO a naprogramovat opakované měření. Zajímavý je i NAS server vytvořený externím diskem připojeným k tomuto počítači. Využitím, kterým se i dále zabývá tato práce, je automatizace domácnosti. U automatizací je možné využít například i čtečky NFC pro přístup do domu nebo zabezpečení optickou závorou. K tomu napomáhá systém Z-wave nebo hotové webové rozhraní PiHome [11],[13].

## 2.1.2 Přehled operačních systémů

Na internetu a na stránkách Raspberry Pi je již v této době mnoho dostupných linuxových verzí operačních systémů upravených přímo pro tento minipočítač. Pro snazší výběr a instalaci systému je možné použít volně stažitelnou utilitu NOOBS. S ohledem na využití jsou k dispozici operační systémy jako OPENELEC XBMC či KODI vytvořené pro streamování videa a filmů. Nabízejí se i systémy Pidora, Arch Linux a dokonce i verze Windows 10 IoT upravená pro Raspberry. Této práci ale nejvíce vyhovuje systém Raspbian Whezzy z důvodu lehkého vytváření webového serveru, dostupného z celé domácí sítě. Tvorbu webového serveru lze vytvářet i v jiných operačních systémech, avšak pro Raspbian je postup jednodušší. Pro seznámení s minipočítačem bylo Raspberry zakoupeno už dříve před samotnou výrobou zařízení. Jak už bylo zmíněno, systém se vloží na micro SD kartu o minimální velikosti 4 GB, která se následně vsune do Raspberry. Pro nahrání systému na tuto kartu v počítači s platformou Windows stačí stáhnout z oficiálních webových stránek volně dostupnou utilitu s názvem "Win32DiskImager", která se už o naformátování a vložení vybraného operačního systému postará.

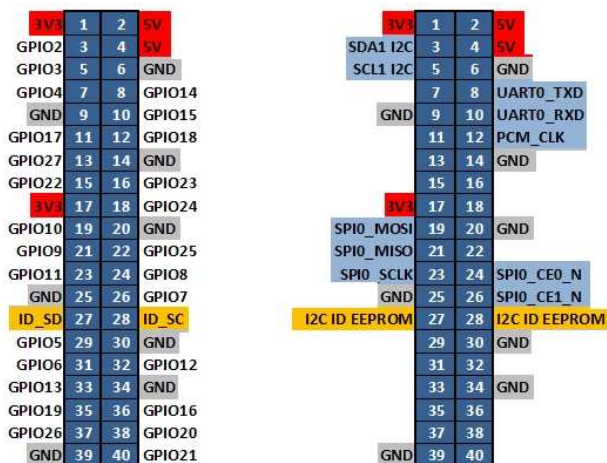
## 2.1.3 Představení použitého OS Raspbian

Raspbian je nenáročná a zároveň nejdéle vyvíjená doporučená distribuce Linuxu nadace Raspberry Pi Foundation. Jedná se o zjednodušenou verzi systému Debian dostupnou pro klasické počítače. Obsahuje uživatelské grafické rozhraní (LXDE) a v něm nástroje na programování většinou v jazyce Python nebo prohlížeč k procházení webu. Instalace dalších software se provádí správcem balíčků "apt.". Grafické rozhraní je uzpůsobeno tak, aby jej zvládl ovládat i uživatel pracující v jiných systémech, např. Windows, OS X a jiné. Software obsahující tento systém je rozdělen do kategorií. Některé z nich jsou popsány v následujícím seznamu [19].

- **Accessories**
  - **Debian Reference** - příručka obsahující podrobný popis operačního systému říká i to, jak se zapojit do jeho vývoje,
  - **File Manager** - grafický prohlížeč souborů umístěných na kartě SD nebo jiném připojeném paměťovém zařízení,
  - **Image Viewer** - umožňuje zobrazit fotografie z digitálního fotoaparátu nebo na paměťovém zařízení,
  - **Leafpad** - textový editor, vhodný i pro psaní jednoduchých programů,

- **LXTerminal** - linuxový příkazový řádek v prostředí LXDE s omezenými právy,
- **Root Terminal** - stejný jako terminál LX, avšak s rozšířenými právy superuživatele root,
- **Xarchiver** - program umožňující rozbalovat archivované soubory v systému Linux.
- **Programming**
  - **IDLE** - vývojové prostředí jazyka Python,
  - **IDLE 3** - novější verze jazyka Python 3, ve většině případů je vzájemně kompatibilní se starší verzí,
  - **Scratch** - jednoduchý programovací jazyk založený na grafických krocích vytvořený pro malé děti.
- **System Tools**
  - **Task manager** - správce úloh pro kontrolu chodu počítače.
- **Internet**
  - **Midori** - jednoduchý a rychlý webový prohlížeč, podobný Internet Exploreru nebo Safari [19].

## 2.1.4 GPIO konektor



Obrázek 8 Popis pinů GPIO na desce počítače; převzato z [15]

Hodně používaným v této práci je právě GPIO konektor, o kterém je v této kapitole více diskutováno. Na desce minipočítače je tvořen dvojřadou hřebítkovou lištou o celkovém počtu 40 pinů. Obsahuje piny 3,3 V a 5 V pro napájení některých zařízení. Součástí tohoto rozhraní jsou také sběrnice UART, I2C a SPI.

Sběrnice UART je sériové rozhraní komunikující po dvou vodičích. Použití této sběrnice pro zprávy systému Linux se nastavuje úpravou souboru cmdline.txt. Zároveň

Lze nastavit i rychlost komunikace, ta je ve výchozím stavu nastavená na 115 200 Bd. Sledovat zprávy systému lze připojením rozhraní k zobrazovacímu zařízení. Jednalo by se pak o dobrý diagnostický nástroj. Pro komunikaci rozhraní se připojí piny 8 (TXD) a 10 (RXD).

Součástí portu GPIO je i sběrnice I2C. Propojuje jedno zařízení typu Master s více zařízeními typu Slave. Master komunikuje se zařízením Slave a ten následně odpovídá. Počet připojených Slave zařízení je omezen počtem adres, kterými se daná zařízení odlišují. Piny této sběrnice jsou připojeny přímo na procesor Broadcom s možností zapnutí pull-up rezistorů. Přístup ke sběrnici je umožněn připojením zařízení k pinům 3 (SDA) a 5 (SCL).

Sériová synchronní sběrnice SPI je určena pro jiné aplikace, než jsou dvě dříve zmíněná rozhraní, především pro systémové programování mikrokontrolérů. Podobně jako u sběrnice I2C se zařízení dělí na Slave a Master. Rozhraní se nachází na pinech 19 (MOSI), 21 (MISO), 23 (SCLK) pro synchronizaci komunikace, 24 a 26 pro výběr zařízení. Toto rozhraní má výhodu ve velké komunikační rychlosti, ale nevýhodu v komunikaci na kratší vzdálenost. To ovšem nevádí při použití tohoto rozhraní ke komunikaci s bezdrátovými moduly NRF24L01.

Procesor BCM2835 v počítači sice obsahuje i jiné sběrnice. Ty však jsou uživatelsky nedostupné, jelikož nejsou vyvedeny na konektor. Vstupy a výstupy procesoru jsou kompatibilní s logickými úrovněmi LVTTL a CMOS 3,3 V a nejsou tolerantní k 5 V logickým úrovním. Maximální výstupní proud každého pinu činí 16 mA. Pro součástky náročnější na proud je potřeba tento proud zesílit například tranzistorem [14],[19].

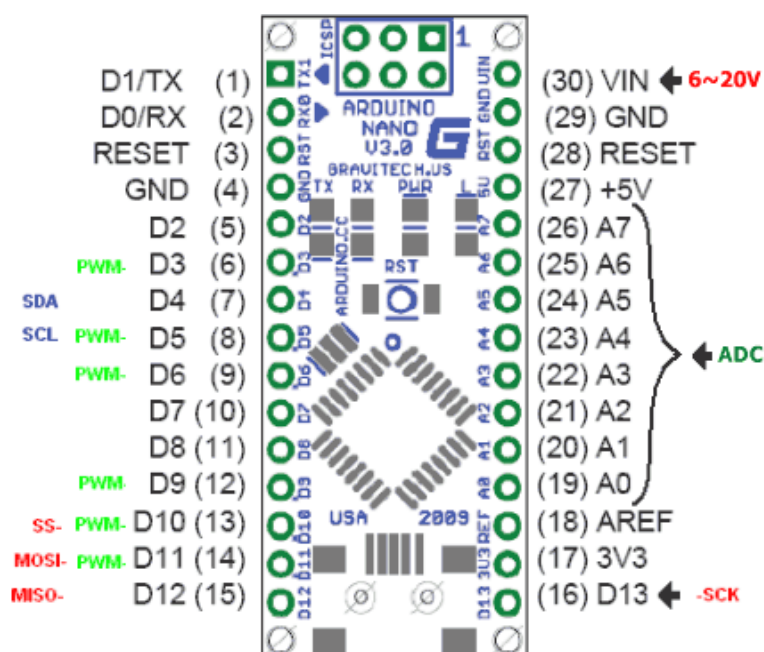
## 2.2 Arduino

Arduino je platforma s mikrokontrolérem, jehož zakladatelé jsou David Cuartielles a Massimo Banzi. Projekt Arduino vznikl roku 2005 v Italském městě Ivrea a je pojmenován po Arduinovi Ivrejském. Roku 2006 získal ocenění Prix Ars Electronica. Tento projekt Arduina je od svého začátku volně dostupný všem uživatelům. Arduino je i velmi cenově dostupné. Projekt je snahou podpořit výuku informatiky a seznámit studenty s řízením různých zařízení za pomoci programování v jazyce Wiring. Pro ty, co si chtějí Arduino postavit sami, je dostupný návrh plošného spoje. Oproti Raspberry Pi ale není Arduino jako stolní počítač s operačním systémem. Arduino obsahuje osmibitový procesor AVR a dalších mnoho podpůrných obvodů. Nejčastěji se desky osazují procesory ATmega328, ATmega168, ATmega8, ATmega2560 a ATmega1280. Piny procesorů jsou pak na desce vyvedeny na konektory, přes které se pak připojují jiná zařízení, často také zvaná "Shieldy". Ta nemusí být nutně námi vyrobená, ale lze je už zakoupit hotová. Vyrábí se například desky s LCD či sedmissegmentovými displeji, desky s reproduktory, diodami, tlačítky, klávesnicemi nebo i drivery pro řízení krokových motorů, či servomotorů. Existuje několik typů desek, každá se od druhé liší počtem I/O pinů, použitým čipem, možnými sběrnici, PWM, typem připojení USB, pamětí EEPROM, flash či digitálními a analogovými piny. K dostání jsou například desky Diecimila, Duemilanove, Uno, Due, Mega, Mega2560, Leonardo, Fio nebo mnou použité Nano.

Programy pro Arduino typicky tvoří nekonečnou smyčku s možnou kontrolou svého okolí a následnou reakcí. Řídicí program je tvořen mimo Arduino a do něj je pak vložen až hotový. K počítači se desky připojují pro naprogramování přes USB port, který je dále na desce konvertován na RS-232. Programovací jazyk Wiring je velmi podobný známému jazyku C/C++. K pohodlnému programování neodmyslitelně patří i speciální vývojové prostředí (IDE) napsané v jazyce Java a dostupné v několika jazycích. Prostředí má několik základních funkcí - jako je kontrola chyb v programu, nahrání programu do desky a sériový monitor, kterým lze sledovat dění na sériové lince. Software obsahuje ale i několik hotových jednoduchých programů a knihoven, které stačí jen uploadovat do vývojové desky [20],[21].

## 2.2.1 Arduino Nano

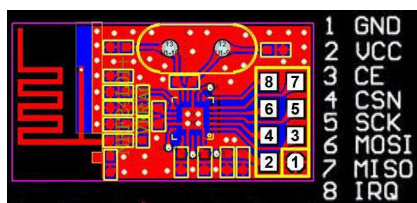
V zařízení byla použita deska typu Nano osazená osmibitovým mikrokontrolérem ATmega328. Deska obsahuje 8 analogových vstupů, 6 kanálů PWM a 14 digitálních I/O pinů. Napájení může být použito buď přímo z USB portu, nebo přes zabudovaný stabilizátor, který může mít na vstupu napětí 6-20 V. Maximální výstupní proud každého programovatelného pinu je až 40 mA. Jako téměř každý jiný mikrokontrolér i Arduino Nano obsahuje vnější či vnitřní přerušení. Na pinech čipu je i, pro toto zařízení nezbytná, sběrnice SPI, ale i I2C. Při zacyklení procesoru nebo jiné situaci lze použít resetovací tlačítka umístěného přímo na desce. Do desek těchto zařízení je Arduino zapájeno přes tzv. "kolíkovou lištu". V Číně lze tento modul koupit za pouhých 40 Kč. V České republice je jeho cena ale poněkud vyšší.



Obrázek 9 Popis pinů na desce Arduino Nano V3; převzato z [22]

## 2.3 NRF24L01

Jedná se o bezdrátový nízkoodběrový transceiver pracující na frekvenci 2,4 GHz. Čipy do těchto modulů vyrábí firma Nordic Semiconductor. Na trhu vyniká především svými malými rozměry. Vyskytuje se často ve spojení s moduly Arduina nebo Raspberry Pi v různých typech projektů. Komunikace s ním je zajištěna přes sběrnici SPI. Jeho rychlost je až 2 Mbps a ve volném prostoru komunikuje až do vzdálenosti 100 m. Nominální napájecí napětí je 3,3 V a logické úrovně vstupů jsou typu LVTTTL. Modul je ale kompatibilní i s logickou úrovní 5 V, to zajišťuje možnost jeho připojení k modulům Arduina. Modul má kromě sběrnice SPI i výstup označený IRQ, který je určen pouze jako pin hardwarového přerušování. Jeho cena při nákupu přes e-shop v Číně je zhruba 25 Kč a při nákupu v ČR 60 Kč [23].



Obrázek 10 Popis pinů na desce modulu NRF24L01; převzato z [23]

## 2.4 PIR čidlo HC-SR501

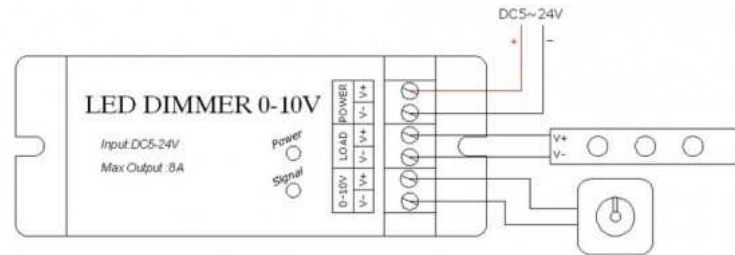
Je to levné dostupné pohybové čidlo určené nejčastěji pro Raspberry Pi nebo Arduino. Napájecí napětí čidla je 5 V, avšak výstupní pouze 3,3 V. Stav výstupu čidla je v logické 1 když detekuje pohyb. Naopak při nedetekování pohybu je výstup v log. 0. Součástí desky tohoto modulu jsou dva potenciometry. Jeden z nich slouží pro nastavení citlivosti čidla na pohyb a druhým se nastavuje doba, po kterou bude výstup aktivní od doby zaznamenání pohybu. Cena modulu je přibližně 25 Kč.

## 2.5 Digitální potenciometr X9C103P

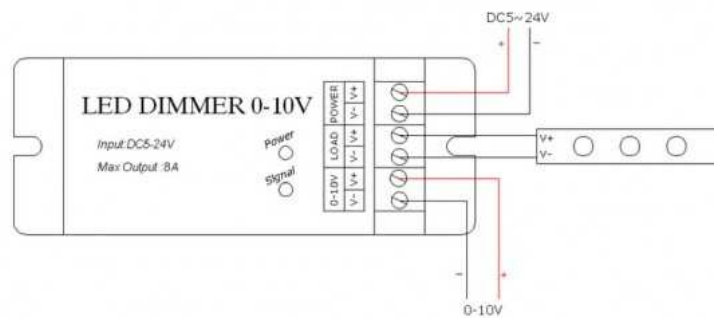
Je použit k regulaci hlasitosti na ovládací desce ozvučení obývacího pokoje. Jedná se o digitální potenciometr s celkovým odporem 10 k $\Omega$ . Existuje více typů s jiným odporem, např. 1 k $\Omega$ , 50 k $\Omega$  a 100 k $\Omega$ . Pro tuto aplikaci se však nejvíce hodí 10 k $\Omega$ . Napájecí napětí je 5 V a takřka zanedbatelný odběr 3 mA. Potenciometr má celkem 100 poloh jezdce a ty je možné měnit pomocí vstupů INC a U/D. Vstup INC je určen pro inkrementaci či dekrementaci polohy jezdce. Vstup reaguje na sestupné hrany z úrovně log. 1 na 0. Inkrementace či dekrementace se nastaví vstupním pinem U/D. Pokud je na tomto vstupu logická 1, pak se inkrementuje hodnota odporu. V případě logické 0 se naopak dekrementuje. Při obou těchto případech musí být na vstupu CS logická úroveň 1. Proud protékající jezdce by neměl překročit 1 mA. Cena potenciometrů se pohybuje okolo 25 Kč.

## 2.6 Stmívač 0-10V

V této práci je použit i stmívač žárovek, který se reguluje napětím 0-10 V. Je určen výhradně pro regulaci jasu stmívatelných LED diodových žárovek. Jeho napájecí napětí je v rozmezí 5-24 VDC stejně jako výstupní. Maximální zatížení stmívače je 8 A, tedy je možné připojení 24 V žárovky o výkonu až 192 W. Jas žárovky se reguluje hladce, nikoli skokovými změnami osvětlení. Cena stmívače se pohybuje okolo 300 Kč. Principiální zapojení stmívače je znázorněno na obr. 11.



### zapojení stmívače



Obrázek 11 Principiální zapojení stmívače a regulace; převzato z [24]

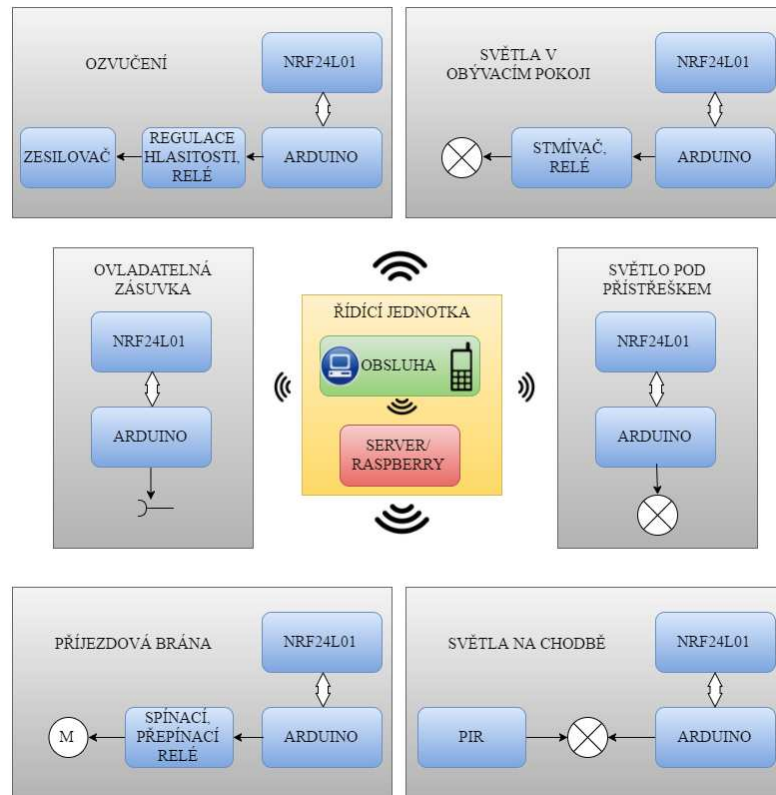
## 2.7 Modul napájecího zdroje

Jedná se o napájecí zdroje určené pro napájení Arduina a mají výkon 3,5 W při napětí 5 V(+/- 0,2 V) a obsahují je téměř všechny ovládané desky jako zdroj pro svůj chod. Jsou to izolované měniče AC/DC, kdy vstupním napětím může být 85-265 V. Ze sítě si tento zdroj bere pouhých 14 mA. Cena jednoho napájecího modulu je 40 Kč.

## 2.8 Napájecí zdroj APR S-25-12

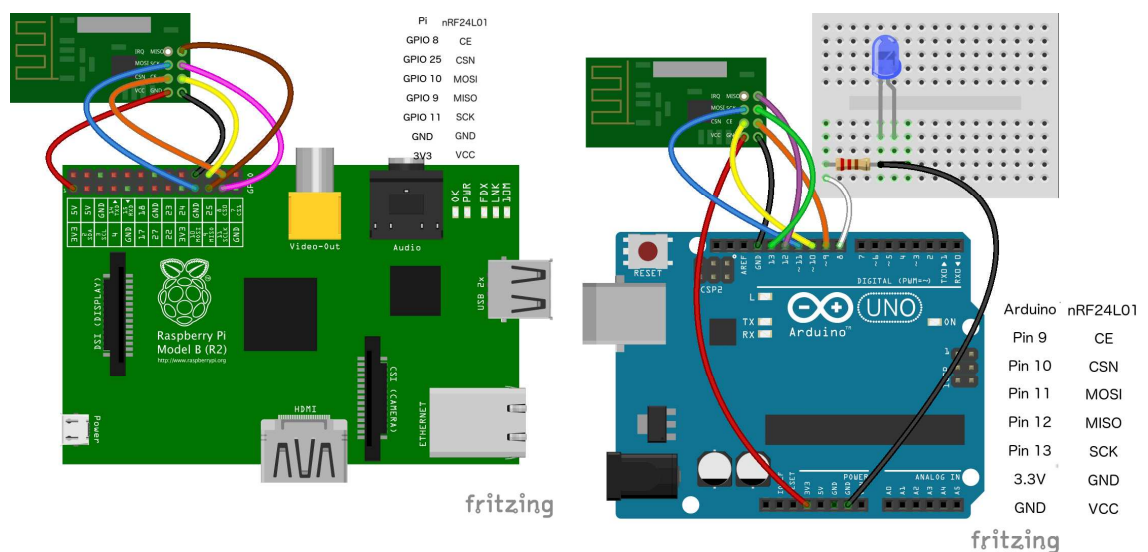
Tento zdroj je použit pro napájení modulu osvětlení obývacího pokoje. Jedná se taktéž o zdroj AC/DC se vstupním napětím 200-240 V (50 Hz) a 12 V na výstupu. Maximální výstupní proud je 2 A. Zdroj lze koupit za cenu 100 Kč.

## 2.9 Blokové schéma a realizace hardware



Obrázek 12 Blokové schéma systému

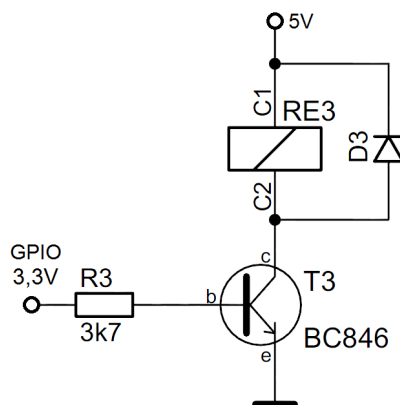
Blokové schéma bylo vytvořeno v návrhovém systému draw.io. Celé zařízení je tvořeno sedmi DPS, z nichž každá deska obsahuje transceiver NRF24L01 a modul Arduino Nano.



Obrázek 13 Principiální zapojení transceiveru k modulům; převzato z [25]

Stavba konkrétních desek se pak liší v závislosti na určení vykonávané úlohy. Vzhledem k výsledným rozměrům všech desek je použito i SMD součástek. Malé LED v pouzdře SMD1206 s ochranným odporem signalizují chod bezdrátových transceiverů na všech deskách. Pro obvyčejné spínání zásuvky, světla na chodbě, napájení ozvučení a napájení motoru brány je použito jednoduchých relé spínačů. U spínání rozsáhlejších světelných obvodů je však zapotřebí bistabilních relé. Z důvodu příliš malého výstupního proudu Arduina se použilo spínacích tranzistorů. Tranzistory BC846 v pouzdře SOT-23 mají maximální dovolený proud kolektorem 100 mA, což bohatě stačí pro spínání indukční zátěže cívky použitých relé. Z důvodu vytvoření záporné napěťové špičky cívkou relé po vypnutí tranzistoru je potřeba chránit tranzistory před proražením. To se lehce realizuje zapojením usměrňovací diody antiparalelně k tranzistoru nebo cívice relé. Bázový proud se vypočte z parametru proudového zesilovacího činitele  $h_{FE}$  a kolektorového proudu  $I_c$  (proud cívky) pomocí vztahu:

$$I_b = \frac{I_c}{h_{FE}} \quad (3.1)$$

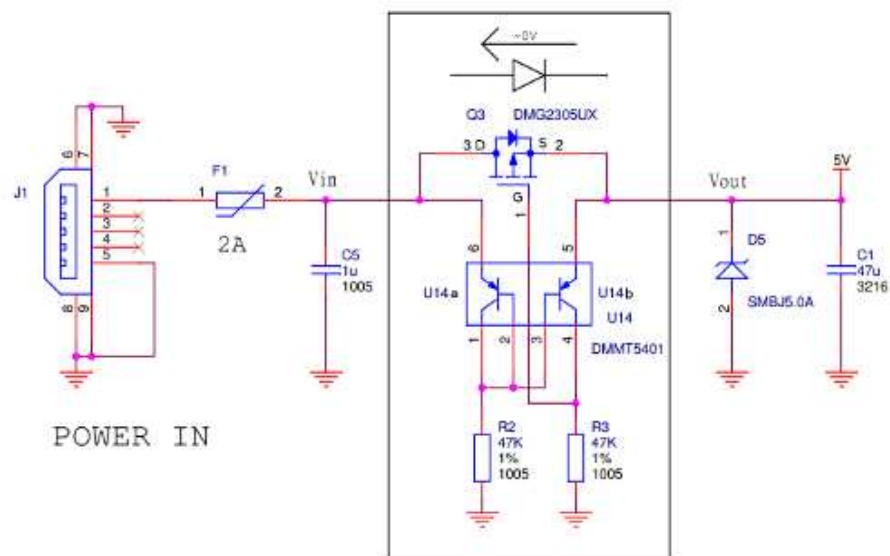


Obrázek 14 Schéma zapojení relé

Návrhy DPS byly vytvořeny v návrhovém programu EAGLE 6.4.0. Všechna schémata a návrhy desek plošných spojů je možné si prohlédnout v příloze na CD. Bližší specifikací každého modulu se již zabývají následující podkapitoly.

## 2.9.1 Řídící modul

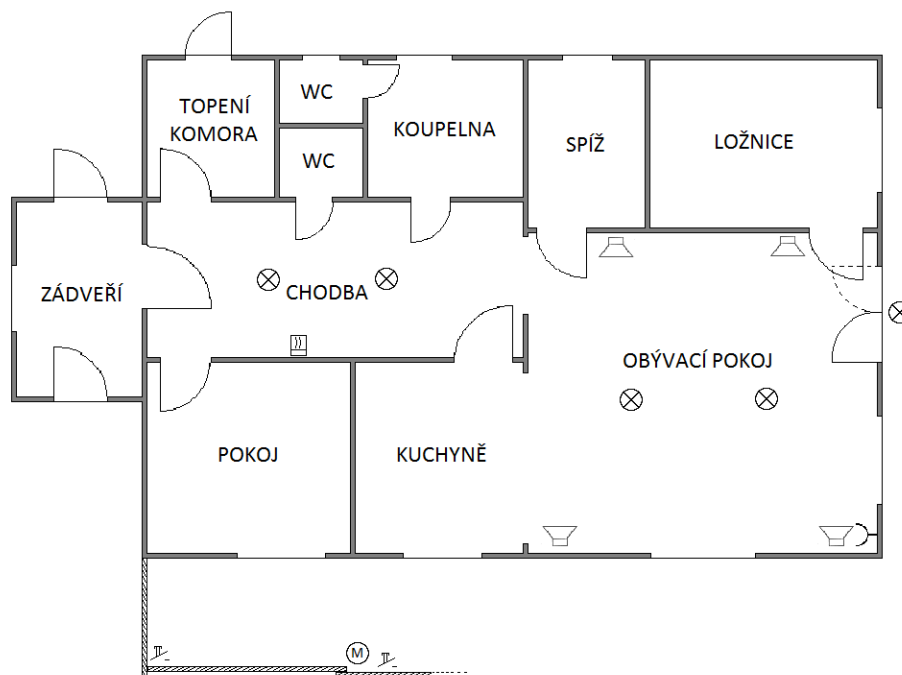
První deskou plošných spojů je samotná řídicí jednotka celého systému. Na desce je pomocí distančních sloupků a řadového konektoru připevněn a elektricky propojen minipočítač Raspberry Pi 2B. Mimo Raspberry se na desce nachází ještě bezdrátový transceiver k bezdrátové komunikaci s řízenými moduly. Pro napájení desky je použit obvyčejný USB adaptér k nabíjení telefonů a tabletů. Nabízela se i možnost napájet Raspberry prostřednictvím GPIO konektoru označeným jako 5 V. Dostupné návody uváděli tuto možnost, ale pouze u verze Raspberry Pi 1, proto byla u druhé verze Raspberry hned zavržena. Navíc by se tímto způsobem vyřadila proudová pojistka na vstupu napájecího obvodu.



Obrázek 15 Výřez schématu s pojistkou Raspberry Pi; převzato z [16]

## 2.10 Ovládané prvky

Celkem šest DPS tvoří ovládané prvky řízené hlavní jednotkou. Systém byl navržen tak, aby jej bylo možné použít v rozestavěném domě dle půdorysu na obr. 16. Na obrázku jsou znázorněna zařízení, která systém obsluhuje.



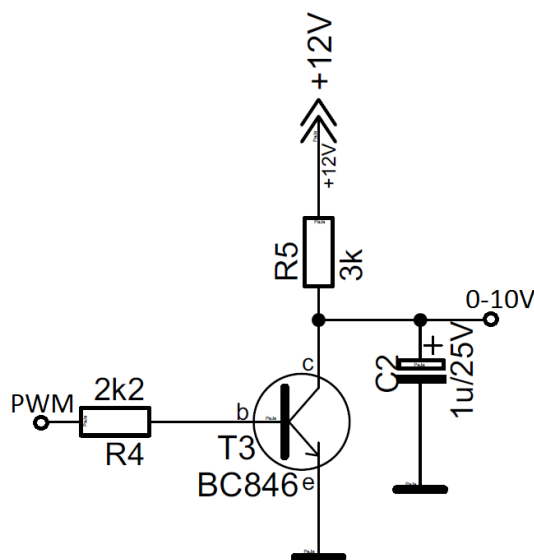
Obrázek 16 Půdorys domu

Přehled ovládaných prvků:

- 1) světla v obývacím pokoji,
- 2) světla na chodbě s PIR čidlem,
- 3) světlo pod přístřeškem,
- 4) systém ozvučení,
- 5) ovladatelná zásuvka,
- 6) příjezdová brána s koncovými čidly.

### 2.10.1 Světla v obývacím pokoji

Modul pro ovládání světel v obývacím pokoji obsahuje transceiver NRF24L01 pro příjem pokynů od řídicí jednotky, modul Arduino Nano, který příkaz zpracuje a vykoná požadovanou akci. Dále obsahuje bistabilní přepínací relé, které bylo zvoleno pro případ, kdyby došlo k náhlému výpadku proudu. Pro připojení všech prvků pak obsahuje klasické šroubovací svorkovnice ARK. Do nich je mimo jiné připojen stmívač LED žárovek, který je regulován napětím 0-10 V. Toto napětí se na desce vytváří jednoduchým způsobem pomocí PWM výstupu Arduina. PWM signálem je spínán tranzistor, který připojuje rezistor z 12 V k zemi. Za rezistorem je vyhlazovací kondenzátor, který zvlněné napětí vyhladí na stejnosměrné. V závislosti na střídě signálu se pak toto napětí mění v rozsahu 0-10 V. Aby bylo možné světla zapnout i klasickým vypínačem, je k bistabilnímu relé připojen ještě schodišťový přepínač určený k montáži do zdi. Celá deska je napájena již zmíněným napájecím zdrojem APR S-25-12.



Obrázek 17 Vytvoření 0-10 V pro regulaci

### **2.10.2 Světla na chodbě**

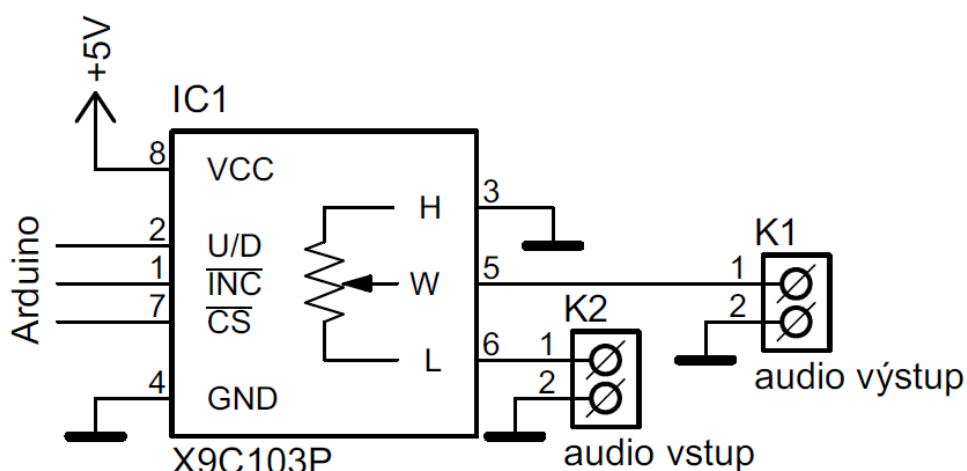
Deska obsahuje taktéž bezdrátový modul, Arduino a svorkovnice, ale oproti předchozí neobsahuje stmívač a bistabilní relé. Má pouze obyčejné spínací relé, kterým se spíná osvětlení na chodbě domu. To ale není vše, na desce se nachází i konektor pro připojení pohybového (PIR) čidla. To v případě zaznamenání pohybu sepne relé a rozsvítí žárovku. Pokud je potřeba rozsvítit na delší dobu nebo bez reakce na pohyb, je to možné provést právě v uživatelském systému. Jakmile se sepne relé příkazem z Arduina, pak už nemá čidlo na osvětlení žádný vliv. Oba prvky totiž spínají jedno relé dvěma tranzistory. Deska je napájena napětím 5 V 3,5 W napájecího modulu Arduina.

### **2.10.3 Světlo pod přístřeškem**

Pod tzv. pergolou se světlo ovládá právě tímto modulem. Kromě základních prvků Arduina a bezdrátového modulu obsahuje také přepínací bistabilní relé. Důvodem je zde možnost ovládání světla nejen přes tento systém, ale i schodišťovým přepínačem zabudovaným ve zdi tak, jak je tomu i u modulu v obývacím pokoji. Napájení je řešené stejně jako u předchozí desky malým napájecím zdrojem. Tento modul bude zpříjemňovat řízení osvětlení pod pergolou při častých letních posezeních.

### **2.10.4 Systém ozvučení**

Často se dnes využívá různých druhů zařízení produkujících hudbu či jiný zvuk. Aby mohla tato zařízení hudbu přehrávat, je zapotřebí je připojit k zesilovači, který dále reprodukuje hudbu v reproduktorech rozmístěných v obývacím pokoji. Jelikož mechanické přepojování kabelů je pracné a nepraktické, obsahuje tato deska dvojité přepínací signálové relé. To zajišťuje přepínání mezi dvěma stereo zvukovými kanály. Pro připojení zvuku jsou na desce připravené zásuvky pro Jack 3,5 mm. Předpokládá se, že jeden vstup bude natrvalo určený pro zvuk z televize. Druhý vstup je pak možné využít jakýmkoli jiným zařízením s možností připojení zvuku audio kabelem. Zesilovač, připojený k této desce, je spínán spínacím relé. Po průchodu vybraného signálu signálovým relé je stereo zvuk ještě přiveden k digitálním potenciometrům na pin označující začátek odporové dráhy potenciometru. Konec celkové dráhy je pak uzemněn. Výstup z potenciometru, vedoucí k zesilovači, je připojen na jezdcu potenciometru tak, jak je tomu u klasické regulace hlasitosti běžným otočným potenciometrem. Hodnota digitálních potenciometrů, jak už bylo popsáno v kapitole výše, je měněna impulsy z Arduina, včetně otáčení směru jezdcy.



Obrázek 18 Schéma zapojení regulace hlasitosti digitálním potenciometrem

### 2.10.5 Ovladatelná zásuvka

Tato deska se moc neliší od předchozích a je spíše primitivnějšího zapojení. Obsahuje pouze pár prvků, které jsou Arduino, bezdrátový transceiver, zdroj a spínací relé. Na DPS je přímo připojené napětí 230 V, které je jednoduše spínacím relé spínáno dle požadavku od centrální jednotky. K DPS je pak připojen kabel, který vede k síťové zásuvce. Tato zásuvka je pak určena k připojení malé stolní lampičky nebo jiného spotřebiče, nepřesahující odebíraný proud 8 A.

### 2.10.6 Příjezdová brána

Pro otáčení chodu motoru byl dříve uvažován tzv. "H" můstek. Avšak v případě softwaru s malou chybičkou ve spínání tohoto můstku by mohlo dojít ke zničení celého můstku. Můstek byl tedy nahrazen dvojitým přepínacím relé. Deska mimo Arduina a bezdrátového modulu obsahuje i konektory pro připojení mechanických dojezdových spínačů, které jsou umístěny na začátku a na konci pojezdu brány a dávají modulu informaci o pozici brány. Součástí je i spínací a přepínací relé. Přepínací relé má za úkol otáčet chod motoru brány a tím měnit její směr pohybu. Modul je navržen tak, že napájení motoru a napájení samotné ovládací části je oddělené. Ovládací část je napájena klasicky napájecím modulem Arduina. Zdroj pro napájení motoru je však třeba použít individuálně s parametry vyhovujícími použitému motoru. K tomuto účelu jsou na desce připravené svorkovnice. Plánované je použití stejnosměrného motoru s možností otáčení jeho chodu a napájecím napětím 12-24 V.

## 2.11 Software

Ze všeho nejdříve je třeba nainstalovat operační systém do počítače Raspberry Pi. Jak už bylo zmíněno, nejvíce se pro tento projekt hodí systém Raspbian. Micro SD karta se vloží pomocí čtečky do jiného počítače, kde je možné nainstalovat volně stažitelný program “Win32DiskImager“. V programu se vybere ISO obraz zvoleného operačního systému staženého z oficiálních stránek Raspberry Pi a jako cílový disk je třeba vybrat micro SD kartu. Tlačítkem “write“ se zahájí postup zapisování. Po dokončení zápisu systému na kartu se karta vyjme a vloží do připraveného minipočítače. V tuto chvíli je možné zapnout napájení Raspberry a připojit ho ethernetovým kabelem k domácí síti. Pracovat s Raspberry je možné dvěma způsoby. Buď se připojí klávesnice, myš a externí monitor či televize přes HDMI kabel nebo kompozitní video, popřípadě se lze připojit vzdáleně přes protokol SSH. Jednodušší a i přijatelnější byla volba připojení přes program Putty právě zmíněným protokolem. Spustí se tedy program na počítači nebo notebooku a po zadání IP adresy Raspberry se otevře příkazové okno s přihlášením. IP adresu lze zjistit například v konfiguraci směrovače domácí sítě. Proveďte se přihlášení výchozím jménem a heslem, “pi“ a “raspberry“. Po úspěšném přihlášení už je Raspberry dostupné k práci. Při prvním spuštění je třeba nastavit časové pásmo, jelikož Raspberry nemá v sobě baterii ani obvod reálného času, ale stahuje data o čase z internetu. Zároveň se musí povolit používání rozhraní SPI. Veškeré základní nastavení se provádí v prvotní konfiguraci, nebo po zadání následujícího příkazu v terminálu:

```
sudo raspi-config
```

V důsledku nahrání systému na kartu je kartě softwarově snížena kapacita jen na několik desítek megabajtů. Proto je dobré v konfiguraci zvolit možnost “Expand filesystem“, která zpět zvýší kapacitu karty na původní hodnotu a je tak možné na ni ukládat i objemnější soubory. Zvolit je tak možné, do jaké podoby se bude systém při příštím spuštění načítat, zda do grafické plochy nebo do konzole.

Nejprve je vhodné udělat update a upgrade systému. To se provede zadáním jednotlivých příkazů v terminálu:

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get upgrade
```

Pro používání GPIO v jazyce Python je třeba nainstalovat knihovnu.

```
wget http://raspberrypi-gpio-python.googlecode.com/files/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
```

V tuto chvíli již lze v terminálu v programech jazyka Python ovládat piny GPIO. Obvyčejné používání GPIO v terminálu by mělo fungovat takřka bez jakýchkoliv předešlých instalací. Pro vyzkoušení a rozsvícení LED diody připojené na pinu 40 (GPIO21) se sériově k diodě připojí rezistor s hodnotou přibližně 1 kΩ. Rozsvítí se dioda po postupném zadání těchto příkazů:

```
echo "21" > /sys/class/gpio/export  
  
echo "out" > /sys/class/gpio/gpio21/direction  
  
echo 1 > /sys/class/gpio/gpio21/value
```

## 2.12 Webové servery

Pro vytvoření webového rozhraní k ovládání všech připojených zařízení, je potřeba nainstalovat webový server. Na výběr je ze dvou nejčastějších možností. Rozsáhlejší Apache HTTP server nebo jednodušší a rychlejší Lighttpd server. Tyto dvě možnosti nejsou jediné, které lze použít. Existují i hotové webové servery s předem vytvořeným webovým rozhraním, ve kterém se už jen doplní a nastaví prvky, které jsou k danému účelu potřeba. Představitelem těchto serverů je například PiHome nebo REX control. Tyto dva servery ale nebyly z důvodu placených licencí použity.

### 2.12.1 Apache HTTP server

Je to svobodný multiplatformní webový server, dnes hojně používaný. Je vytvořen tak, aby spolupracoval s jazyky jako je Python, PHP, Perl, HTML a jiné. Má otevřený kód pro GNU/Linux, Mac OS X, Windows a další systémy, tudíž ho lze dále vyvíjet a upravovat. Podporuje mnoho funkcí, z nichž některé mohou být implementovány jako moduly rozšiřující jádro systému. Jsou to funkce programovacích jazyků nebo autentizační schémata jako např. `mod_access`, a `mod_digest`. Pro kompresi dat posílaných protokolem HTTP obsahuje externí modul `mod_gzip`. Funkce zvaná virtuální hosting dovoluje jedné instalaci Apache obsluhovat více stránek na jednom počítači [17].

Následujícími příkazy zadanými v terminálu minipočítače se nainstaluje Apache server a potřebné balíčky pro tvoření PHP webového rozhraní.

```
sudo apt-get install apache2 -y  
  
sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5 -y
```

Funkčnost serveru je možné si ověřit zadáním IP adresy Raspberry do internetového prohlížeče. Zobrazit by se měla stránka s úvodním nápisem "It works!". Vytvořením a naprogramováním webové stránky do vlastního souboru `index.html` nebo `index.php` v terminálu, se stránka přepíše.

### 2.12.2 Lighttpd

Na rozdíl od jiných webových serverů je méně náročný na výkon počítače a nenáročný na procesor. Lighttpd je rychlý webový server, který dokáže obsloužit až 1000 požadavků za vteřinu. Oblast použití Lighttpd je široká, od zařízení s distribucí OpenWrt až po velké a často navštěvované weby. Lighttpd umí HTTP, HTTPS, virtuální hosting, umí i přesměřovat požadavky a prepisovat URL. Na rozdíl od Apache se většinou používá FastCGI umožňující oddělení posílání dat klientu a jeho zpracování dynamického obsahu [18].

Za účelem vytvoření tohoto serveru se musí v terminálu Raspberry nainstalovat balíček `lighttpd`, vytvořit skupinu uživatelů a uživatele těmito příkazy:

```
sudo groupadd www-data

sudo apt-get install lighttpd

sudo adduser pi www-data

sudo chown -R www-data:www-data /var/www
```

Pro používání jazyka PHP na webovém serveru je potřeba ještě doinstalovat knihovnu pro PHP a povolit její používání.

```
sudo apt-get install php5-cgi

sudo lighty-enable-mod fastcgi
```

Zkouška funkčnosti se provádí obdobně jak u serveru Apache2.

## 2.13 Instalace knihoven a nastavení

Ještě než se začne se samotným programováním webového rozhraní, je třeba uživateli povolit zápis do složky “`www`“, kde se nachází veškeré soubory potřebné pro chod webového ovládacího systému.

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

Aby bylo možné programovat v jazyce Python3, je třeba nejprve nainstalovat vhodnou knihovnu takto:

```
sudo apt-get install python-dev python3-dev -y

wget https://github.com/Gadgetoid/py-spidev/archive/master.zip

unzip master.zip

rm master.zip

cd py-spidev-master/

sudo python3 setup.py install
```

Dále se musí nainstalovat knihovna, která zjednodušuje práci při komunikaci s transceiverem NRF24L01.

```
git clone https://github.com/BLavery/lib_nrf24

cd lib_nrf24/

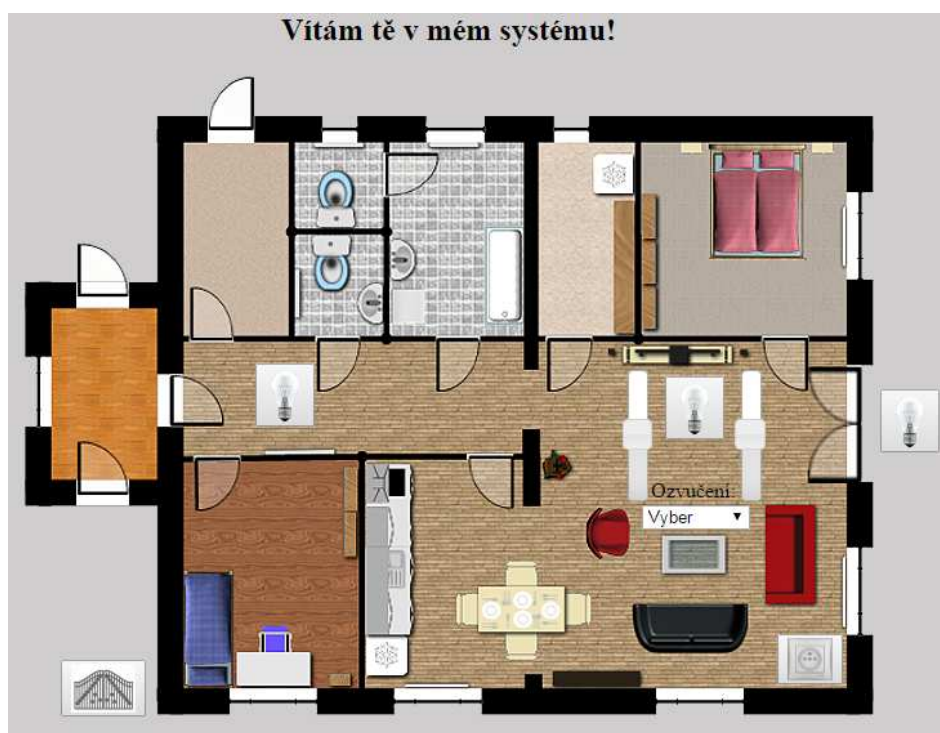
cp lib_nrf24.py /var/www/
```

## 2.14 Programování systému

V této kapitole je detailněji rozepsáno jak a co všechno bylo programováno v celém systému. Všechny kódy jsou dostupné v příloze na CD.

### 2.14.1 Tvorba webového serveru a uživatelského rozhraní

Podle návodu v kapitole pro webový server Apache se vytvoří a spustí server. Jakmile se zobrazí uvítací stránka s nápisem “It works!“, je možné začít vytvářet samotné ovládací webové rozhraní. Jak už bylo zmíněno, programování systému se provádí v souboru index.php. Pro tvorbu bylo použito hned několika programovacích jazyků. Vzhled stránek je vytvořen v jazyce HTML a PHP s několika Java/CSS scripty. V jazyce Python jsou pak vytvořené programy, které přímo odesílají požadavky podle adresy na daný přijímač. Již hotový vzhled ovládacího systému je na obr. 19.



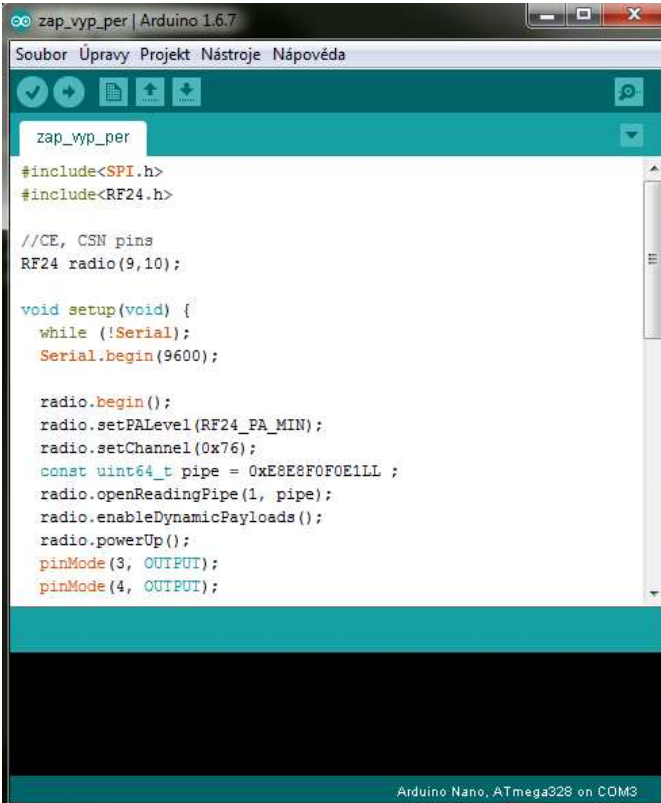
Obrázek 19 Výsledný vzhled ovládacího systému

Pozadí webového systému bylo vytvořeno v online aplikaci na adrese floorpad.com. Žárovky znázorněné na obrázku jsou prakticky tlačítka měnící obrázek při najetí myši. V tu chvíli se zhasnutá žárovka změní na rozsvícenou. Jsou vytvořena v html a pomocí php je naprogramována jejich akce. Mají za úkol pouze zapínat a vypínat daná osvětlení. Informace o stavu osvětlení se ukládá do jednotlivých textových souborů a je zpětně čtena při dalším požadavku na změnu. U osvětlení v obývacím pokoji je ještě součástí stmívání žárovek. To se provádí levým vertikálním posuvníkem v prostoru obývacího pokoje. Informace o stavu posuvníku se taktéž ukládá do textového dokumentu, ze kterého se následně čte a aktuální hodnota se posílá přijímači

na desce ovládání osvětlení obývacího pokoje. Druhý vertikální posuvník je určen k regulaci hlasitosti. Jeho hodnota se také ukládá do souboru a posílá přijímači s konkrétní adresou. Oba posuvníky jsou naprogramovány pomocí scriptu v CSS. V systému ozvučení lze i z možností výběrového políčka vybrat zdroj zvuku k přehrávání. Mezi tyto zdroje patří pochopitelně televize a jako druhý může být jakýkoli signál připojený audio kabelem. Tlačítko ovladatelné zásuvky je taktéž vytvořeno v html jako předchozí spínání osvětlení. Má pouze funkci zapínání a vypínání s ukládáním informace o stavu. Poslední ovládací prvek je také tlačítko a vyvolává program pro aktivaci příjezdové brány. Zdali je brána otevřená či zavřená se vyhodnocuje až v koncovém modulu. Pozice brány se tedy nikde neukládá, na rozdíl od předchozích prvků.

## 2.14.2 Programy ovládaných modulů

Nachází se v pamětech modulů Arduino Nano na každé ovládané desce. K jejich správné funkci je třeba ke všem programům připojit knihovnu pro komunikaci s bezdrátovým modulem (součást přílohy na CD). Jak už bylo zmíněno, Arduino se programuje v jazyce Wiring ve vývojovém prostředí IDE.



```
zap_vyp_per | Arduino 1.6.7
Soubor Úpravy Projekt Nástroje nápověda

zap_vyp_per
#include<SPI.h>
#include<RF24.h>

//CE, CSN pins
RF24 radio(9,10);

void setup(void) {
  while (!Serial);
  Serial.begin(9600);

  radio.begin();
  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
  radio.setChannel(0x76);
  const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;
  radio.openReadingPipe(1, pipe);
  radio.enableDynamicPayloads();
  radio.powerUp();
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
}
```

Arduino Nano, ATmega328 on COM3

Obrázek 20 Ukázka vývojového prostředí pro Arduino verze 1.6.7

Ve všech programech, kromě připojení knihovny, je i nastavovací část programu, ve které se inicializuje bezdrátový modul a přiřadí se mu jedinečná adresa. Zároveň se nastaví i typ používaných pinů. Ovládací desky zásuvky, světla pod přístřeškem a světla na chodbě mají takřka stejné programy. V programové smyčce “loop“ je funkce, která

zaznamenává příjem zprávy. Dále zprávu rozpozná a provede sepnutí či rozepnutí spínacího relé. Jediný rozdíl u modulu světla pod přístřeškem je v typu použitého relé. Použité bistabilní relé je překlápěno pouze napěťovými impulzy o délce trvání 500 ms. Modul osvětlení obývacího pokoje přijímá nejen zprávy o vypnutí a zapnutí, ale i zprávu o aktuální pozici posuvníku. Dále pak od této hodnoty odečítá aktuální stav intenzity osvětlení, aby zjistil, o kolik musí zvýšit/snížit střídu PWM, tedy i regulační napětí pro stmívač. Modul ozvučovacího systému přijímá zprávy k vypnutí a zapnutí nebo pozici posuvníku, ze které si dopočítá, stejně jako u osvětlení, o kolik je potřeba hlasitost změnit. V závislosti na této změně vytvoří potřebný počet impulsů vedený do digitálních potenciometrů. Přijímá i zprávy o změně vstupního audio zařízení, na které reaguje sepnutím/vypnutím spínacího relé nebo přepnutím signálového relé. Po obdržení požadavku na změnu pozice brány modul brány pomocí koncových spínačů zjistí, v jaké aktuální pozici brána je a podle toho nastaví správný směr otáčení motoru a motor zapne.

## 2.15 Finanční zhodnocení

Jelikož byl v této práci kladen požadavek na nízké náklady, byla většina komponentů pro stavbu systému zakoupena na americkém akčním webu (síni). Nejdražší část systému je bezpochyby řídicí jednotka Raspberry Pi 2 v hodnotě 1500 Kč. Jako další finančně náročnější bylo pořízení několika platforem Arduina, výkonového napájecího zdroje a speciálního LED stmívače. Ostatní prvky, jako relé, transceivery, napájecí moduly, svorkovnice, rezistory, kondenzátory a jiné, nebyly jednotlivě už tak drahé. Celé zařízení dohromady přišlo zhruba asi na 4000 Kč. To je oproti komerčně dostupným systémům finančně dostupnější každému zájemci.

### 3 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo analyzovat současný stav trhu s komerčně dostupnými systémy pro domácí automatizaci a charakterizovat jejich vlastnosti a princip funkce. Na základě získaných informací navrhnout vlastní systém a k tomu potřebný hardware. Bylo vytvořeno celkem 7 schémat a desek plošných spojů pro tento systém s příslušným programovým vybavením pro každou desku. Během práce byla zavržena dříve uvažovaná možnost realizace systému za pomoci standardu Bluetooth a použití “H” můstku pro reverzaci chodu motoru brány. Ke komunikaci uživatele s řídicí jednotkou se použila domácí wi-fi síť a reverzace motoru se vyřešila relé přepínačem. Rovněž se odstoupilo od řešení kabelového propojování řídicí jednotky s ovládanými spotřebiči a nahradilo se propojením bezdrátovým. V porovnání s komerčně dostupnými systémy ovládá tento systém méně spotřebičů. Případné vylepšení by se mohlo provést například v ovládacím systému za účelem vzhlednějšiho ovládání. V nejbližší době se plánuje instalace systému do domácnosti a jeho uvedení do chodu. Celková cena celého systému pro domácnost již byla zmíněna v předchozí kapitole a činí asi 4000 Kč.

# LITERATURA

- [1] GARLÍK, B. *Inteligentní budovy* [online]. Praha: BEN - technická literatura, 2012. ISBN: 978-80-7300-440-8. [cit. 2015-10-14]. Dostupné z: [https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni\\_materialy/EIBB/EIB3\\_final%204.pdf](https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/EIBB/EIB3_final%204.pdf)
- [2] JEDLIČKA, J. *Možnosti řešení inteligentní elektroinstalace budovy* [online]. [cit. 2015-10-29]. Dostupné z: [https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/15274/BP\\_Jiri\\_Jedlicka\\_Moznosti\\_reseni\\_inteligentni\\_elektroinstalace\\_budovy.pdf?sequence=1](https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/15274/BP_Jiri_Jedlicka_Moznosti_reseni_inteligentni_elektroinstalace_budovy.pdf?sequence=1)
- [3] VOJÁČEK, A. *Sběrnice KNX pro řízení budov* [online]. [cit. 2015-10-14]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2006082701>
- [4] KUČERA, A. *Monitorovací nástroje pro objekty a zařízení sítě BACnet* [online]. [cit. 2015-10-14]. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/255658/fi\\_b/bc\\_final.pdf](http://is.muni.cz/th/255658/fi_b/bc_final.pdf)
- [5] SCHERF, R. *Inteligentní řešení integrace technických služeb v nemocnici* [online]. [cit. 2015-10-28]. Dostupné z: <https://www.buildingexperts.info/cz/ceske/paper/title/inteligentni-reseni-integrace-technicky-sluzeb-v-nemocnici.html>
- [6] ELKO EP. *iNELS Dům pod palcem* [online]. [cit. 2015-10-22]. Dostupné z: <http://www.elkoep.cz/produkty/inels-rf-control/>
- [7] LOXONE. *Jak správně zapojit kabeláž* [online]. [cit. 2015-10-22]. Dostupné z: <http://www.loxone.com/cscz/sluzby-podpora/dokumentace/kabelaz.html#Hladky-prubeh-instalace>
- [8] ABB s.r.o., Elektro-Praga. *Ego-n* [online]. [cit. 2015-10-28]. Dostupné z: <http://www117.abb.com/index.asp?thema=10214>
- [9] EATON. *xComfort - inteligentní elektroinstalace* [online]. [cit. 2015-10-28]. Dostupné z: <http://www.xcomfort.cz/o-systemu/>
- [10] PRAGOALARM. *Foxtrot komplexní systém inteligentního řízení* [online]. [cit. 2015-10-28]. Dostupné z: [http://www.prgoalarm.cz/archiv-aktualit/aktualita.html/3\\_14919-foxtrot-komplexni-system-inteligentniho-rizeni-](http://www.prgoalarm.cz/archiv-aktualit/aktualita.html/3_14919-foxtrot-komplexni-system-inteligentniho-rizeni-)
- [11] ČEVELA, L. *Raspberry Pi 2 model B-představení, sestavení, instalace OS* [online]. [cit. 2015-10-28]. Dostupné z: <http://www.linuxexpres.cz/hardware/raspberry-pi-2-model-b-predstaveni-sestaveni-instalace-os>
- [12] RASPI.CZ. *Raspberry Pi 2-nová turbomalina* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: <http://www.raspi.cz/2015/02/raspberry-pi-2-nova-turbomalina/>
- [13] JELÍNEK, L. *Raspberry Pi - Projekty* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: <http://www.linuxexpres.cz/knihy/raspberry-pi-projekty>
- [14] MACHÁČEK, J. *Návrh řešení inteligentního domu s bezdrátovými senzory* [online]. [cit. 2015-12-1]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=88205](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=88205)

- [15] NELLI, F. *Raspberry Pi Model B+: the ultimate evolution* [online]. [cit. 2015-11-26]. Dostupné z: <http://www.meccanismocomplesso.org/en/raspberry-pi-model-bplus/>
- [16] ADAFRUIT. *Power Supply* [online]. [cit. 2015-12-15]. Dostupné z: <https://learn.adafruit.com/introducing-the-raspberry-pi-model-b-plus-plus-differences-vs-model-b/power-supply>
- [17] WIKIPEDIA. *Apache HTTP server* [online]. [cit. 2015-12-2]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Apache\\_HTTP\\_Serverdgdgd](https://cs.wikipedia.org/wiki/Apache_HTTP_Serverdgdgd)
- [18] ČIHÁŘ, M. *Lighttpd - lehký webserver* [online]. [cit. 2015-12-2]. Dostupné z: [http://www.linuxsoft.cz/article.php?id\\_article=1214](http://www.linuxsoft.cz/article.php?id_article=1214)
- [19] UPTON, E. *Uživatelská příručka* [online]. [cit. 2015-12-8]. Dostupné z: [http://knihy.abz.cz/imgs/teaser\\_pdf/4449788025141168.pdf](http://knihy.abz.cz/imgs/teaser_pdf/4449788025141168.pdf)
- [20] WIKIPEDIA. *Arduino* [online]. [cit. 2016-5-5]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [21] Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 License. *Arduino IDE* [online]. [cit. 2016-5-5]. Dostupné z: <http://arduino.cz/arduino-ide/>
- [22] PECANHA, R. *nano-pinout* [online]. [cit. 2016-5-5]. Dostupné z: <http://mmsg.com.br/blog/programando-o-bootloader-em-um-arduino/nano-pinout/>
- [23] *Transceiver NRF24L01 - Základy použití* [online]. [cit. 2016-5-5]. Dostupné z: <http://hawwwran.launchpad.cz/clanky/transceiver-nrf24l01-zaklady-pouziti-46.html>
- [24] T-LED s.r.o. *Stmívač 0-10V* [online]. [cit. 2016-5-5]. Dostupné z: <http://www.t-led.cz/stmivac-0-10v>
- [25] BALAJI, A. *Communicating From Arduino to Raspberry Pi Using the nRF24L01+ Radio* [online]. [cit. 2016-5-5]. Dostupné z: <http://arvindbalaji.com/communicating-from-arduino-to-raspberry-pi-using-the-nrf24l01-radio/>
- [26] ONG, S. *Raspberry Pi B+ Power Protection Circuit* [online]. [cit. 2016-5-5]. Dostupné z: <http://robotics.ong.id.au/2014/07/30/raspberry-pi-b-power-protection-circuit/>

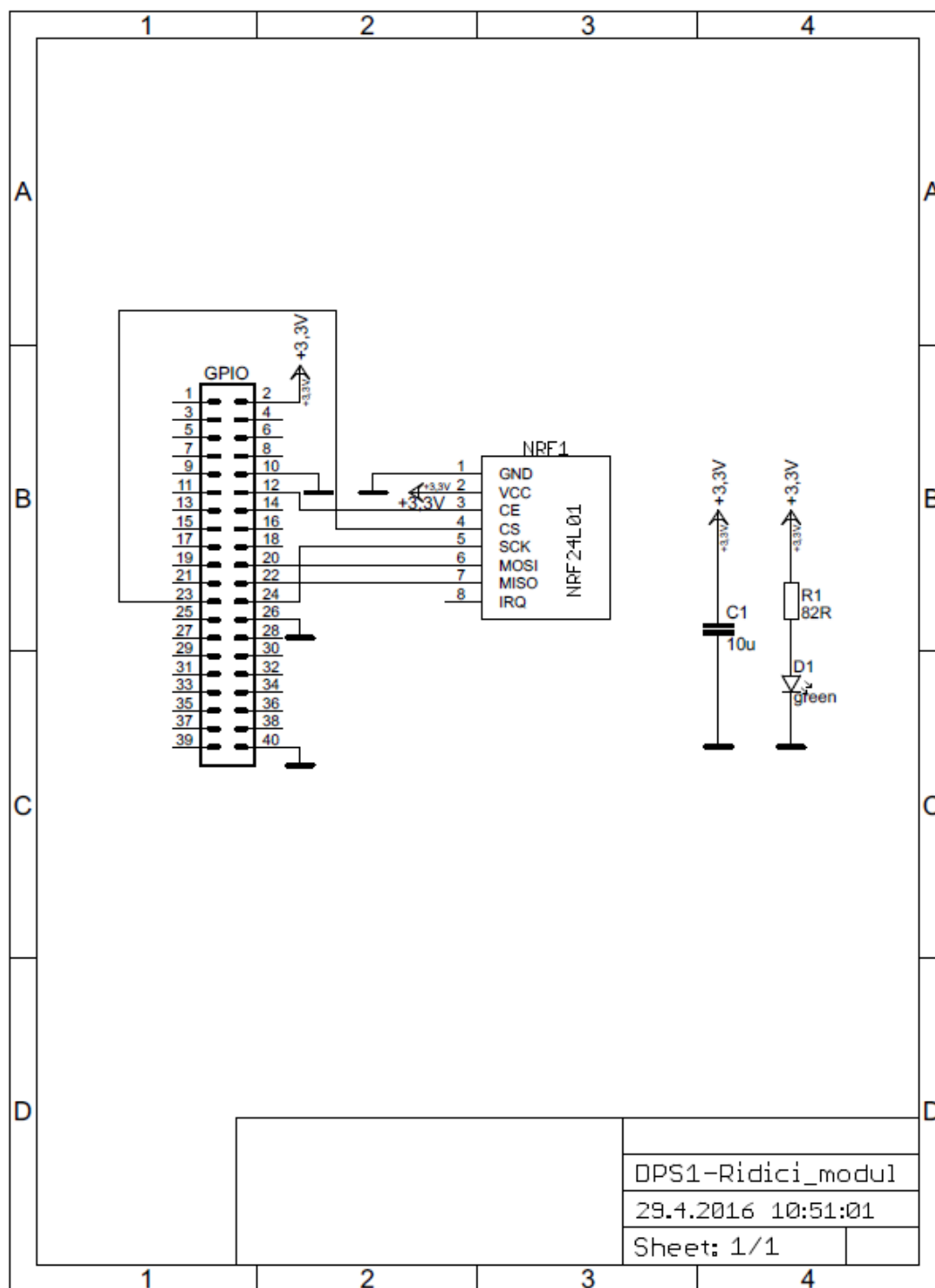
# SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

SMS	Short message service
GSM	Global System for Mobile communications
BACnet	Building Automation and Control Network
EHS	European Home System
FND	Firm Neutral Datatransmission
KNX	Konnex-Association
EIB	Element interconnect bus
ISO/OSI	International Standards Organization / Open System Interconnection
ETS	Engineering Tool Software
LON	Local Operating Network
DIN	Deutsches Institut für Normung
SIM	Subscriber Information Module
PLC	Programmable Logic Controller
SD	Secure Digital
RF	Radio Frequency
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
ABB	Asea Brown Boveri
IP	Internet Protocol
CIB	Common Installation Bus
IR	Infrared Radiation
USB	Universal Serial Bus
DPS	Deska plošných spojů
RAM	Random Access Memory
HDMI	High-Definition Multi-media Interface
CSI	Common Software Interface
DSI	Display Serial Interface
GPIO	General purpose input/output
OS	Operating system
NAS	Network Attached Storage
NFC	Near Field Communication
IoT	Internet of Things
LXDE	Lightweight X11 Desktop Environment
IDLE	Integrated DeveLopment Environment
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
I2C	Interface to Communicate

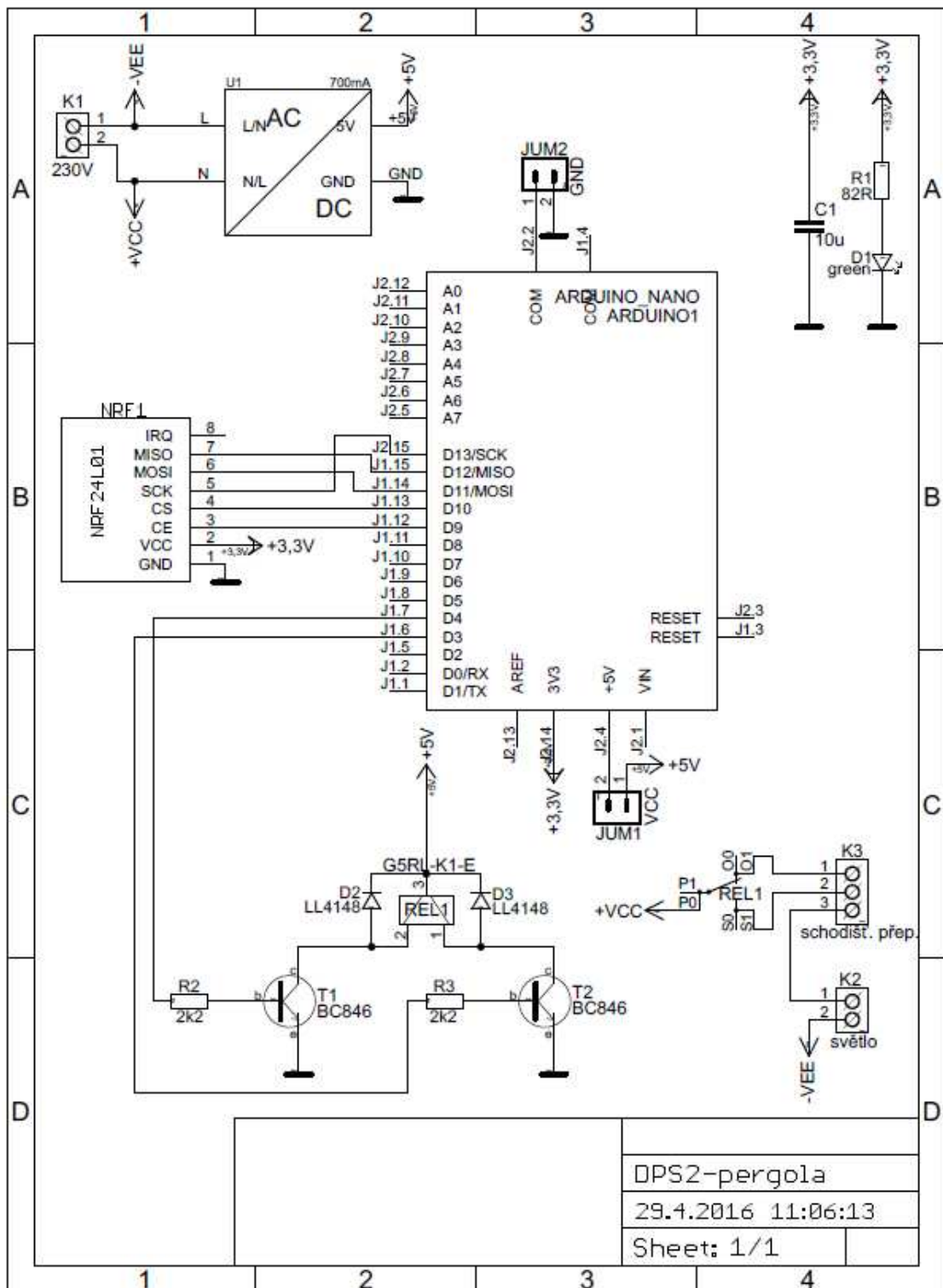
SPI	Serial Peripheral Interface
TXD	Transmit Data
RXD	Receive Data
SDA	Serial Data Line
SCL	Serial Clock
MOSI	Master output slave input
MISO	Master input slave output
LVTTTL	Low Voltage Transistor-Transistor Logic
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor
AVR	název rodiny 8 bitových mikrokontrolérů firmy Atmel
LCD	Liquid Crystal Display
I/O	Input/Output
PWM	Pulse Width Modulation
EEPROM	Electrically Erasable PROM
RS-232	Recommended Standard 232
IDE	Integrated Development Environment
IRQ	Interrupt ReQuest
PIR	Pasiv Infra Red detector
LED	Light-Emitting Diode
CS	Chip Select
SMD	Surface mount device
SOT	Small-outline transistor
ISO	International Organization for Standardization
SSH	Secure Shell
PHP	Hypertext Preprocessor
HTML	Hyper Text Markup Language
GNU	GNU's Not Unix
HTTPS	Hyper Text Transfer Protocol Secure
URL	Uniform Resource Locator
CSS	Cascading Style Sheets

# A NÁVRH ZAŘÍZENÍ

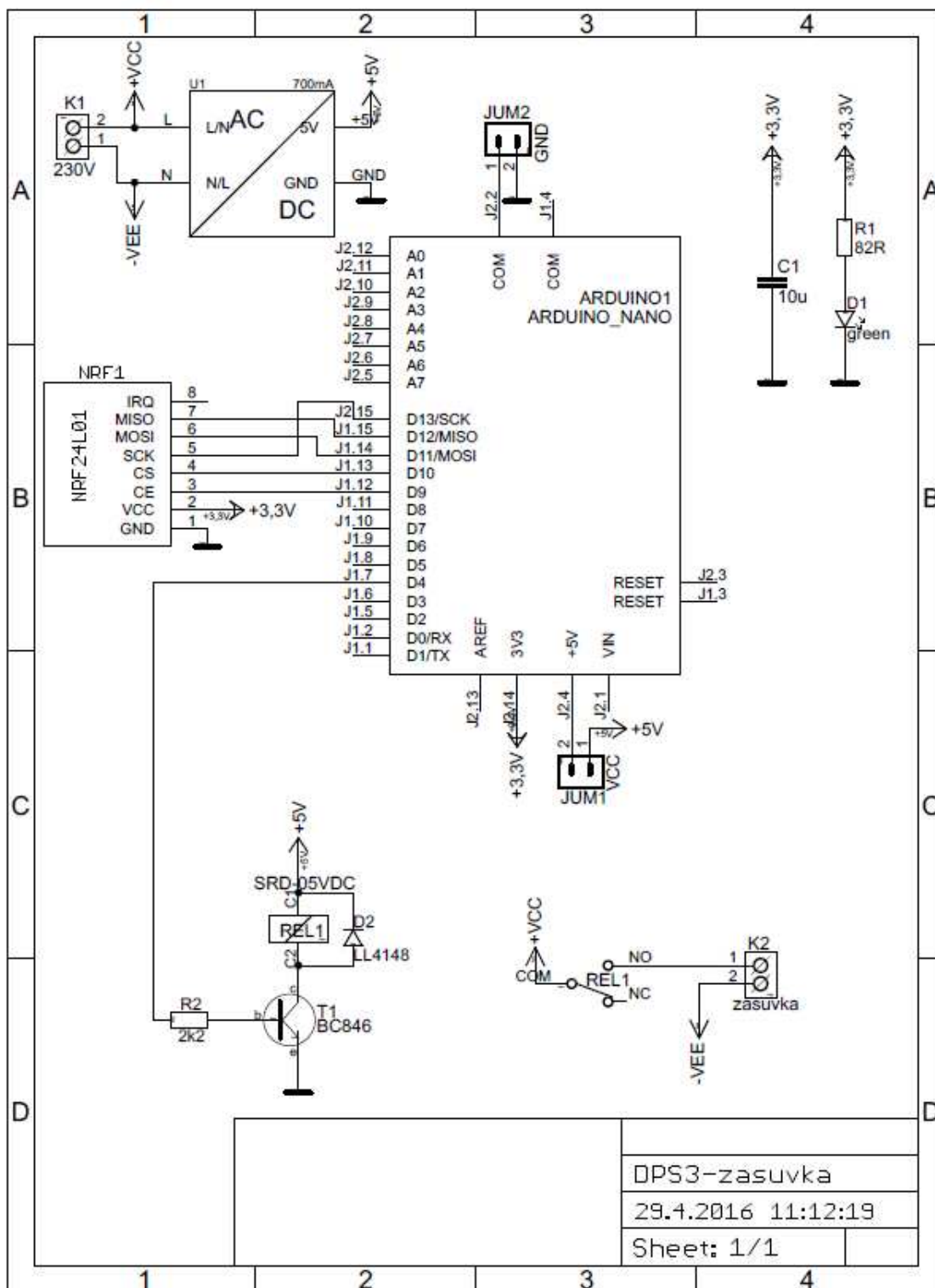
## A.1 Obvodové zapojení řídicího modulu



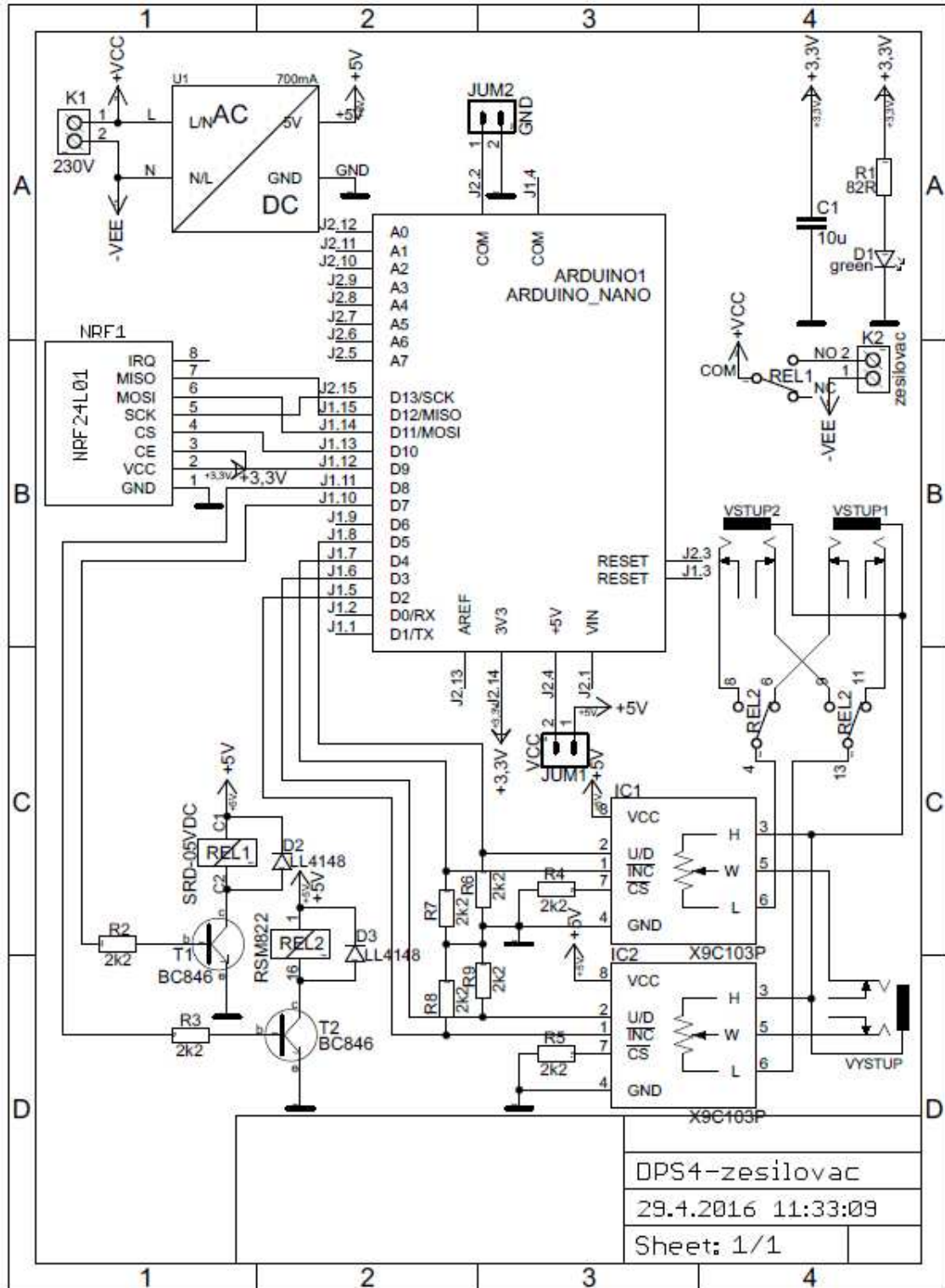
## A.2 Obvodové zapojení modulu osvětlení pergoly



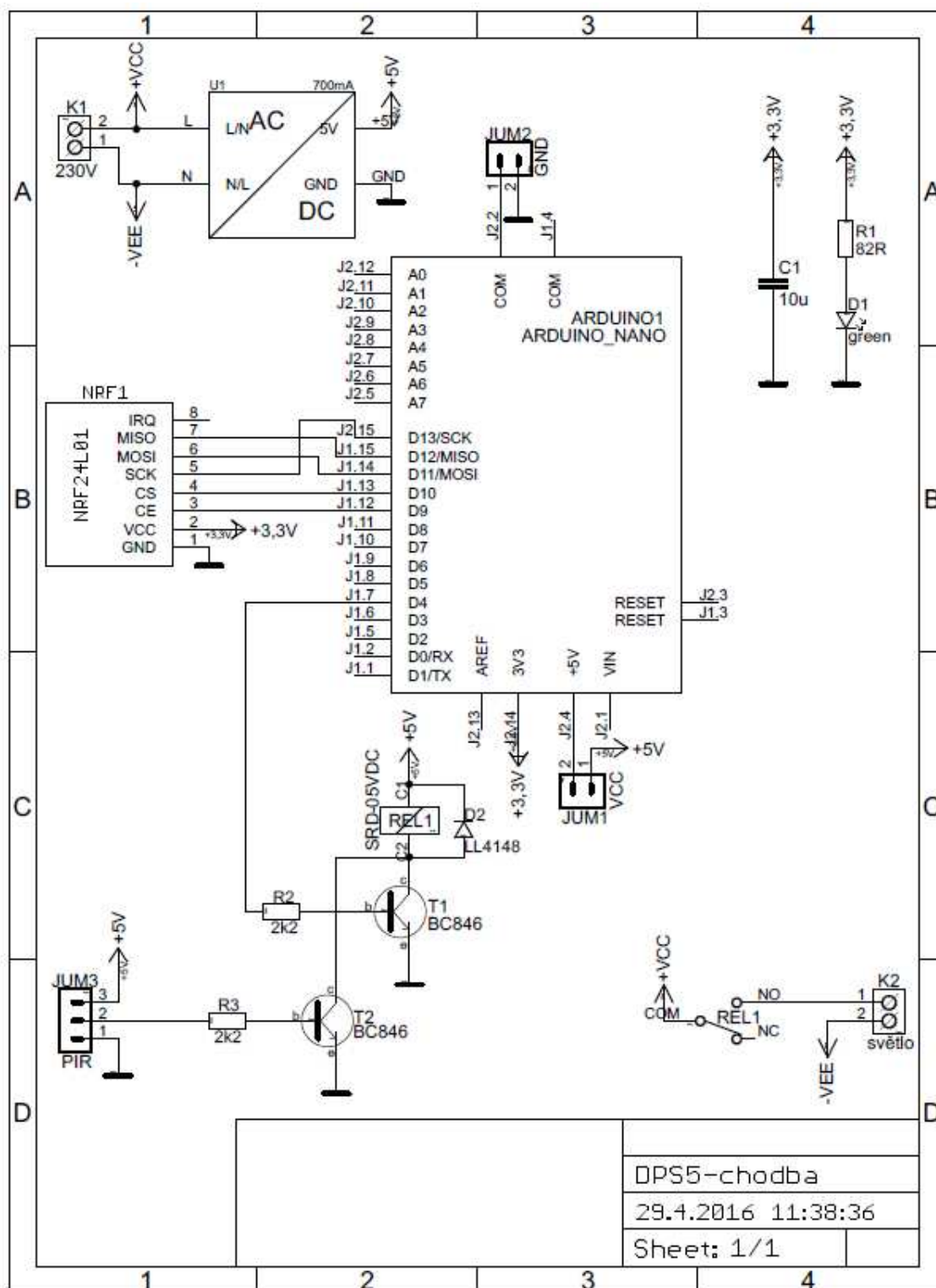
### A.3 Obvodové zapojení modulu zásuvky



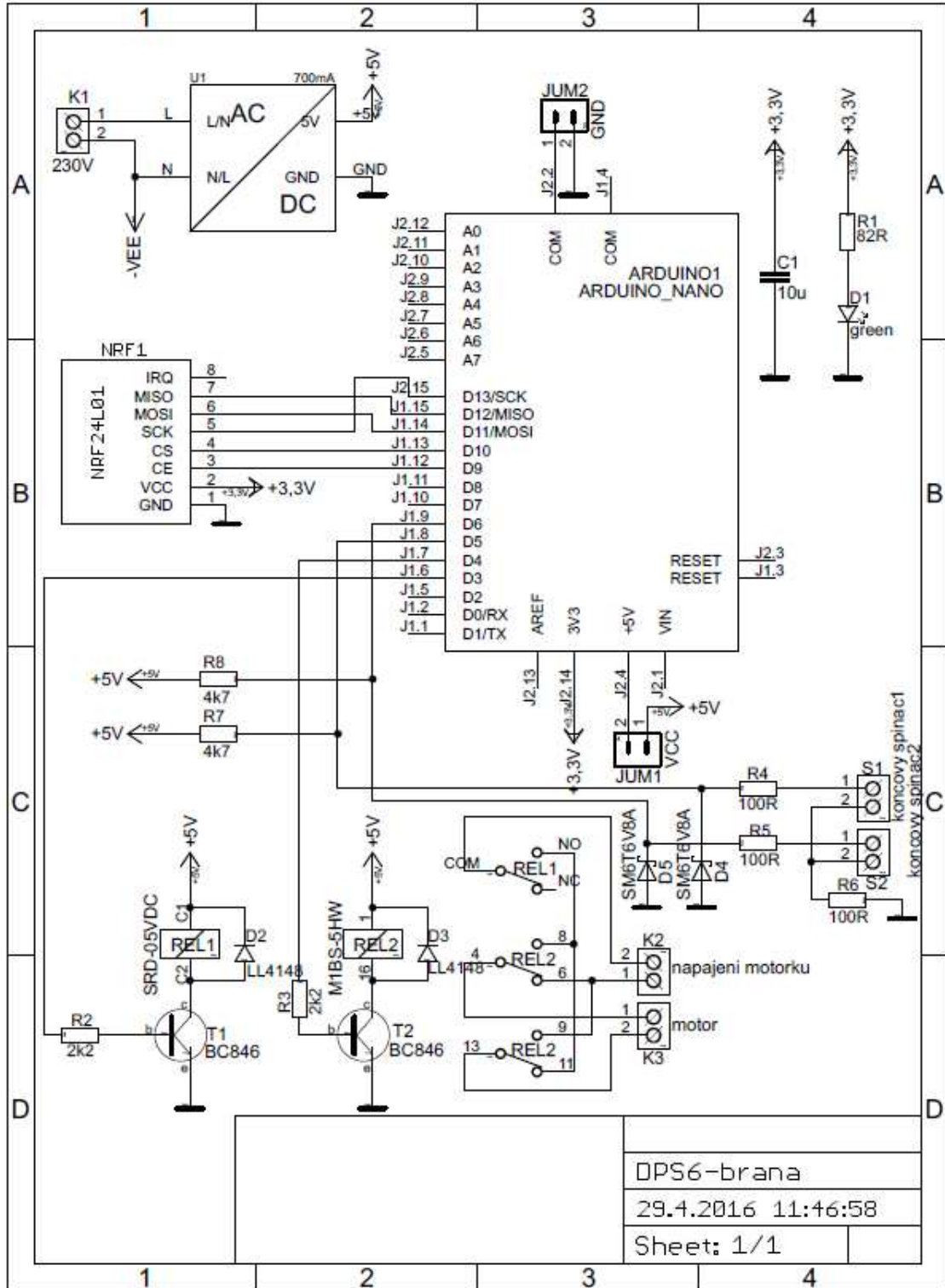
## A.4 Obvodové zapojení modulu ozvučení



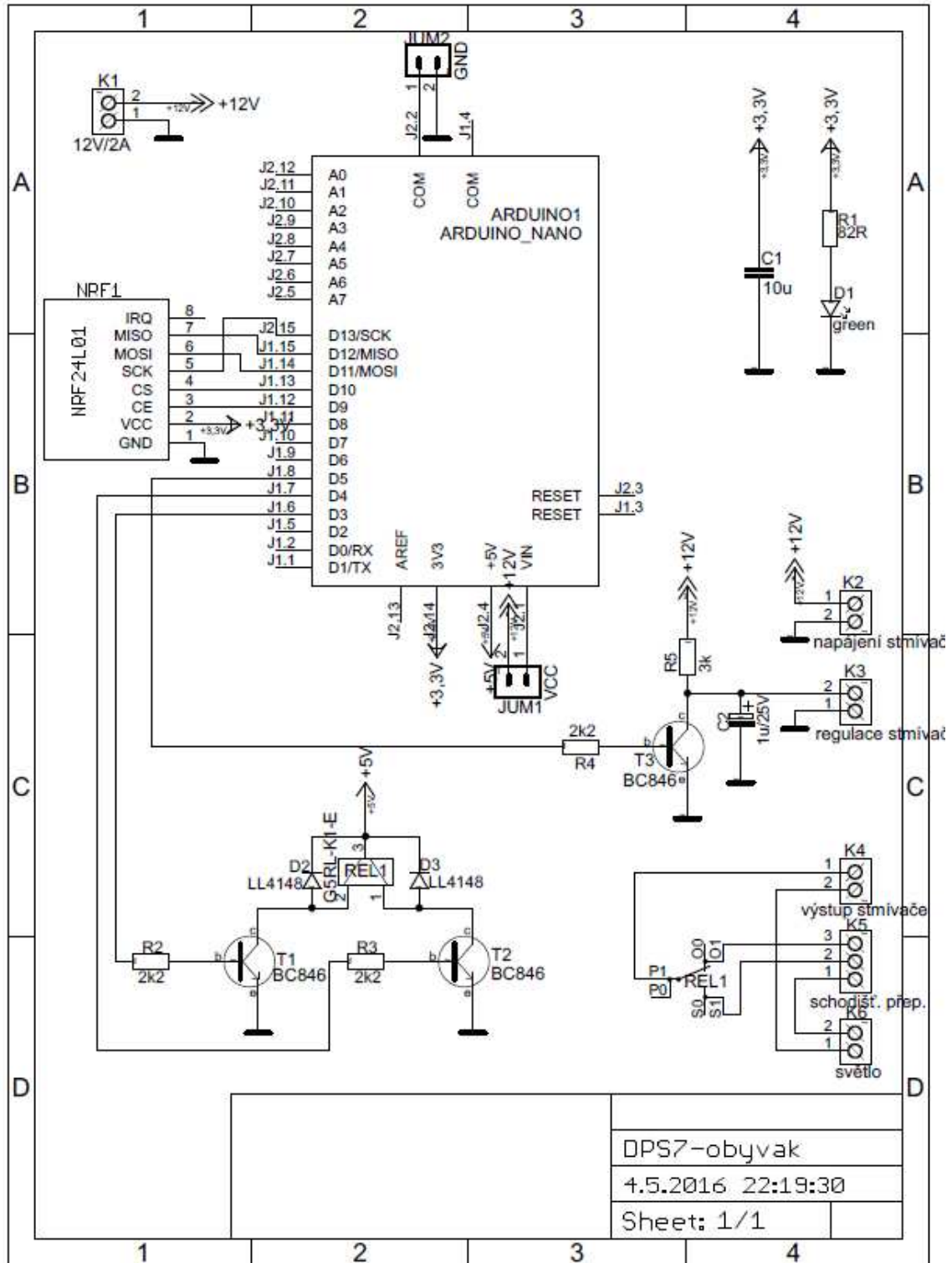
## A.5 Obvodové zapojení modulu osvětlení chodby



## A.6 Obvodové zapojení modulu ovládání brány



## A.7 Obvodové zapojení modulu osvětlení obýváku



## B SEZNAM SOUČÁSTEK

Označení	Hodnota/typ	Pouzdro/rozměr	Popis	Počet
<b>Řídící modul</b>				
GPIO	40 pin	MLW40	40 pinová dutinková lišta	1
NRF1	NRF24L01	RM2,54	bezdrátový transceiver	1
D1	LED green	1206	SMD luminiscenční dioda	1
R1	82 R	1206	SMD rezistor	1
C1	10 uF/16 V	1206	fóliový kondenzátor	1
-	2B	85x55 mm	Raspberry Pi 2B	1
<b>Modul osvětlení pergoly</b>				
ARDUINO1	Nano	RM2,54	Arduino Nano	1
NRF1	NRF24L01	RM2,54	bezdrátový transceiver	1
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	Arduino napájecí zdroj	1
REL1	G5RL-K1-E	-	relé - 2x přepínací bistabilní	1
T1,T2	BC846	SOT-23	SMD bipolární NPN tranzistor	2
D1	LED green	1206	SMD luminiscenční dioda	1
D2,D3	LL4148	SOD-80	SMD usměrňovací dioda	2
R1	82 R	1206	SMD rezistor	1
R2,R3	2k2	1206	SMD rezistor	2
C1	10 uF/16 V	1206	fóliový kondenzátor	1
K1,K2	ARK	550/2	svorka ARK 550/2	2
K3	ARK	550/3	svorka ARK 550/3	1
JUM1-2	-	RM2,54	dvou pinový hřebínek	2
-	-	-	jumper-zkratovací propojka	2
<b>Modul zásuvky</b>				
ARDUINO1	Nano	RM2,54	Arduino Nano	1
NRF1	NRF24L01	RM2,54	bezdrátový transceiver	1
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	Arduino napájecí zdroj	1
REL1	SRD-05 VDC	-	relé - 1x přepínací	1
T1	BC846	SOT-23	SMD bipolární NPN tranzistor	1
D1	LED green	1206	SMD luminiscenční dioda	1
D2	LL4148	SOD-80	SMD usměrňovací dioda	1
R1	82 R	1206	SMD rezistor	1
R2	2k2	1206	SMD rezistor	1
C1	10 uF/16 V	1206	fóliový kondenzátor	1
K1,K2	ARK	550/2	svorka ARK 550/2	2
JUM1-2	-	RM2,54	dvou pinový hřebínek	2
-	-	-	jumper-zkratovací propojka	2

<b>Modul ozvučení</b>				
ARDUINO1	Nano	RM2,54	Arduino Nano	1
NRF1	NRF24L01	RM2,54	bezdrátový transceiver	1
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	Arduino napájecí zdroj	1
IC1,IC2	X9C103P	DIL8	Digitální potenciometr 10 k	2
IC1,IC2	-	DIL8	patice dil8 pro IC	2
REL1	HF3FF	-	relé - 1x přepínací	1
REL2	RSM822	-	relé - 2x přepínací signálové	1
T1,T2	BC846	SOT-23	SMD bipolární NPN tranzistor	2
D1	LED green	1206	SMD luminiscenční dioda	1
D2,D3	LL4148	SOD-80	SMD usměrňovací dioda	2
R1	82 R	1206	SMD rezistor	1
R2-R9	2k2	1206	SMD rezistor	8
C1	10 uF/16 V	1206	fóliový kondenzátor	1
VSTUP1,2, VYSTUP	EBS 35	-	stereo konektor Jack 3,5 mm zásuvka	3
K1,K2	ARK	550/2	svorka ARK 550/2	2
JUM1-2	-	RM2,54	dvou pinový hřebínek	2
-	-	-	jumper-zkratovací propojka	2
<b>Modul osvětlení chodby</b>				
ARDUINO1	Nano	RM2,54	Arduino Nano	1
NRF1	NRF24L01	RM2,54	bezdrátový transceiver	1
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	Arduino napájecí zdroj	1
REL1	SRD-05 VDC	-	relé - 1x přepínací	1
T1,T2	BC846	SOT-23	SMD bipolární NPN tranzistor	2
D1	LED green	1206	SMD luminiscenční dioda	1
D2	LL4148	SOD-80	SMD usměrňovací dioda	1
R1	82 R	1206	SMD rezistor	1
R2,R3	2k2	1206	SMD rezistor	2
C1	10 uF/16 V	1206	fóliový kondenzátor	1
K1,K2	ARK	550/2	svorka ARK 550/2	2
JUM1-2	-	RM2,54	dvou pinový hřebínek	2
JUM3	-	RM2,54	tří pinový hřebínek	1
-	-	-	jumper-zkratovací propojka	2
-	HC-SR501	33x29 mm	PIR čidlo	1

<b>Modul ovládání brány</b>				
ARDUINO1	Nano	RM2,54	Arduino Nano	1
NRF1	NRF24L01	RM2,54	bezdrátový transceiver	1
U1	5 V/700 mA	30x20 mm	AC/DC Arduino napájecí zdroj	1
REL1	SRD-05 VDC	-	relé - 1x přepínací	1
REL2	M1BS-5HW	-	relé - 2x přepínací	1
T1,T2	BC846	SOT-23	SMD bipolární NPN tranzistor	2
D1	LED green	1206	SMD luminiscenční dioda	1
D2,D3	LL4148	SOD-80	SMD usměrňovací dioda	2
D4,D5	SM6T6V8A	SMB	unipolární transil	2
R1	82 R	1206	SMD rezistor	1
R2,R3	2k2	1206	SMD rezistor	2
R4-R6	100 R	1206	SMD rezistor	3
R7,R8	4k7	1206	SMD rezistor	2
C1	10 uF/16 V	1206	fóliový kondenzátor	1
K1-K3	ARK	550/2	svorka ARK 550/2	3
S1,S2	ARK	550/2	svorka ARK 550/2	2
JUM1-2	-	RM2,54	dvou pinový hřebínek	2
-	-	-	jumper-zkratovací propojka	2
<b>Modul osvětlení obývacího</b>				
ARDUINO1	Nano	RM2,54	Arduino Nano	1
NRF1	NRF24L01	RM2,54	bezdrátový transceiver	1
REL1	G5RL-K1-E	-	relé - 2x přepínací bistabilní	1
T1-T3	BC846	SOT-23	SMD bipolární NPN tranzistor	3
D1	LED green	1206	SMD luminiscenční dioda	1
D2, D3	LL4148	SOD-80	SMD usměrňovací dioda	2
R1	82 R	1206	SMD rezistor	1
R2-R4	2k2	1206	SMD rezistor	3
R5	3k	1206	SMD rezistor	1
C1	10 uF/16 V	1206	fóliový kondenzátor	1
C2	1 uF/25 V	1206	elektrolytický kondenzátor	1
K1-K4,K6	ARK	550/2	svorka ARK 550/2	5
K5	ARK	550/3	svorka ARK 550/3	1
JUM1-2	-	RM2,54	dvou pinový hřebínek	2
-	-	-	jumper-zkratovací propojka	2
-	APR S-25-12	85x57 mm	AC/DC napájecí zdroj 12 V/2 A	1
-	-	107x41 mm	stmívač LED žárovek	1