



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta Elektrotechnická

Katedra Mikroelektroniky

Elektronické zabezpečení rodinného domu

Electronic Security of Family House

Bakalářská práce

Studijní program: Elektronika a komunikace

Autor práce: **Patrik Hlavatý**

Vedoucí práce: **prof. Ing. Miroslav Husák, CSc.**

Praha 2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hlavatý** Jméno: **Patrik** Osobní číslo: **483878**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra mikroelektroniky**
Studijní program: **Elektronika a komunikace**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Elektronické zabezpečení rodinného domu

Název bakalářské práce anglicky:

Electronic Security of Family House

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte rešerši současného stavu řešení elektronického zabezpečení (EZS) rodinného domu, zaměřte se zejména na ochranu před vloupáním, požární ochranu, ochranu před kouřem a únikem zemního plynu a dále způsob vyhodnocování narušení např. s využitím mobilního telefonu.
2. Navrhněte hardware model EZS rodinného domu proti vloupání, s ochranou proti požáru, kouři a úniku zemního plynu. Navržený systém bude komunikovat prostřednictvím sítě GSM s mobilním telefonem, upozornění na vyhlášený poplach bude formou SMS. Dále zvažte možnost zpětné komunikace mobil / zabezpečovací systém pro hlasové upozornění narušitele, že je sledován. K řízení navrženého systému použijte vhodný typ řídicí jednotky, např. Arduino.
3. Zjistěte základní parametry realizovaného systému.
4. Proveďte ekonomický rozbor navrženého zabezpečovacího systému.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Merz, H.; Hansemann T.; Hubner, C. Automatizované systémy budov. 1. vydání, Grada Publishing, a.s. 2007
[2] Kůtka, Michal. Návrh elektronického zabezpečovacího systému (EZS) s prvky inteligentní domácnosti. FEKT VUT v Brně, 2016, <http://hdl.handle.net/11012/60418>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. Ing. Miroslav Husák, CSc., katedra mikroelektroniky FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **01.02.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2022**

prof. Ing. Miroslav Husák, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Pavel Hazdra, CSc.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne

.....

podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé práce prof. Ing. Miroslavu Husákovi, CSc. za pomoc s výběrem tématu, odborné vedení, konzultace a návrhy na zlepšení. Dále bych rád poděkoval svému otci Petru Hlavatému za praktické rady při návrhu systému a poskytnutí potřebného technického vybavení.

Abstrakt

Tato práce se zaměřuje na popis současného stavu trhu v oblasti elektronického zabezpečení rodinných domů a bytů proti vniknutí nežádoucích osob, požáru a člověku nebezpečných plynů, se kterými se v domácnosti můžeme setkat. Následuje návrh zabezpečovacího systému s možností GSM komunikace s využitím vývojové platformy Arduino a vhodných senzorů. Nakonec se práce zabývá srovnáním s komerčně nabízeným zabezpečovacím systémem a nabízí další možnosti v oblasti automatizace a řízení rodinného domu pomocí platformy Arduino.

Klíčová slova

Elektronický zabezpečovací systém, elektronická zabezpečovací signalizace, poplachový zabezpečovací a tísňový systém, elektronická požární signalizace, detekce hořlavých plynů, chytrá domácnost, inteligentní dům, Arduino

Abstract

This work focuses on the description of the current state of the market in the field of electronic security of family houses and apartments against the intrusion, fire and dangerous gases that we may encounter in the household. This is followed by the design of a security system with the possibility of GSM communication using the Arduino development platform and suitable sensors. Finally, the work deals with a comparison with a commercially offered security system and offers other possibilities in the field of automation and control of a family house using the Arduino platform.

Key words

Electronic security system, electronic security alarm, electronic fire alarm, flammable gas detection, smart home, Arduino

Obsah

ÚVOD	11
I. STÁVAJÍCÍ STAV POZNÁNÍ ŘEŠENÉHO ÚKOLU	12
1 ELEKTRONICKÉ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉMY	12
1.1 Motivace pro pořízení	12
1.2 Ústředny	13
1.3 Ovládací prvky	15
1.4 Detektory v EZS	15
1.4.1 Plášťová ochrana	16
1.4.2 Prostorová ochrana	17
1.4.3 IP kamery	18
1.5 Signalizace poplachu	18
2 ELEKTRONICKÝ POŽÁRNÍ SYSTÉM	19
2.1 Motivace pro pořízení	19
2.2 Detektory v EPS	20
3 INTELIGENTNÍ DŮM	22
II. PRAKTICKÁ ČÁST	24
4 NÁVRH A REALIZACE SYSTÉMU	24
4.1 Výběr a zapojení komponent	25
4.2 Realizace	38
4.3 Měření	39
4.4 Software	42
5 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY A DALŠÍ MOŽNOSTI ARDUINA	44
6 ZÁVĚR	46
7 CITOVANÁ LITERATURA	47
PŘÍLOHY	52

Úvod

Snaha chránit vlastní majetek je pro člověka přirozená, ať už proti cizím lidem nebo přírodním vlivům. V dnešní době všudypřítomná elektronika nám v této snaze umí velice pomoci. Zejména její rychlý vývoj umožnil udělat z elektronického zabezpečení relativně dostupnou věc. Na úvod této práce provedu stručný rozbor jednotlivých částí elektronických zabezpečovacích systémů a elektronických požárních systémů včetně ochrany proti přítomnosti nebezpečných plynů v rodinných domech a bytech. Důraz je kladen na aktuální trendy a směřování odvětví. Následuje vlastní práce sestávající z návrhu zabezpečovacího systému řízeného pomocí vývojové platformy Arduino. Po kapitolách o návrhu a kompletaci fyzického modelu se nachází kapitola zabývající se měřením některých parametrů systému za účelem zjištění jeho vlastností. Poté je popsána funkce softwaru, který systém řídí. Následuje cenové srovnání tohoto systému a systému nabízeného specializovanou společností. Nakonec jsou nastíněny další možnosti platformy Arduino, které by uvedený systém zdokonalili.

I. Stávající stav poznání řešeného úkolu

1 Elektronické zabezpečovací systémy

1.1 Motivace pro pořízení

Podle výzkumu společnosti Jablotron se pachatel dokáže dostat přes obyčejné dveře bez dalšího zabezpečení do dvou minut [1]. Z toho plyne, že chce-li si člověk opravdu kvalitně zabezpečit dům nebo byt, musí do ochrany zainvestovat. Mechanické zabezpečovací systémy, zkráceně MZS v podobě plotů, zámků, mříží a podobně v dnešní době doplňují elektronické zabezpečovací systémy, zkráceně EZS (také elektronická zabezpečovací signalizace nebo nověji poplachový zabezpečovací a tísňový systém). Funkce obou systému je dvojí, v první řadě je to odrazení pachatele od snahy se do objektu dostat. Prvky MZS jsou na první pohled vidět a stejně bychom měli postupovat i případě EZS. To znamená, že je vhodné instalovat prvky ochrany na viditelná místa v kombinaci s výstražnými značkami. Druhá funkce se projeví až v momentě, kdy se pachatel pokusí do objektu vniknout. Účelem MZS je co nejvíce jeho snahu ztížit a prodloužit dobu, kdy se do objektu dostává, účelem EZS je pak pachatele detekovat a podle toho reagovat.

Před pořízením EZS je na uživateli, jestli zvolí profesionální řešení od specializované firmy, nebo si systém zprovozní svépomocí. Instalace se stává snazší, hlavně díky bezdrátovým technologiím, je tak v zájmu samotných výrobců udělat systém co nejjednodušší na instalaci a provoz, zákazník se tak vyhne nákladům spojených s instalací od profesionálů. Specializovaná firma však dokáže vypracovat návrhy s různými úrovněmi zabezpečení a optimálně rozmístěnými prvky ochrany. Na základě návrhu systém nainstaluje a v budoucnu provádí nutnou údržbu. Cena za takové řešení bude větší než při instalaci svépomocí, pojišťovny ale při zabezpečení certifikovaným EZS poskytují slevy na pojištění. [2]

1.2 Ústředny

Ústředny jsou středobodem celého EZS a plní řadu úkolů:

- Přijímají signály od detektorů a vyhodnocují je. Následně podle nastavení reagují na případnou detekci narušitele.
- Monitorují stav detektorů a upozorňují na poruchy.
- V případě kabelového propojení ústředny s detektory slouží jako napájení detektorů.
- Umožňují komunikaci se systémem pomocí klávesnice, mobilního telefonu, čipů nebo bezdrátových tlačítek

Dělí se do skupin v závislosti na způsobu přenosu informací mezi detektory a samotnými ústřednami. [3] [4]

Smyčkové ústředny

Detektory komunikují s ústřednou proudovou smyčkou. Její parametry jsou definovány zakončovacím odporem. Smyčka obsahuje sériově-paralelní zapojení spínačů, které jsou sepnuté nebo rozepnuté v závislosti na stavu – klid, poplach, sabotáž. Změna odporu obvodu je pak ústřednou dále vyhodnocena.

Ústředny s přímou adresací

Jednotlivým detektorům jsou periodicky přiřazovány adresy, na které jsou ústřednou vysílány signály. Ústředna pak přijímá odezvy na tyto signály. Výhodou je menší nárok na kabeláž, protože komunikace probíhá po datové sběrnici a není potřeba zvláštní smyčky pro každý detektor. Díky adresaci je možné přesně určit, který detektor vyvolal poplach, nebo který detektor je porouchaný.

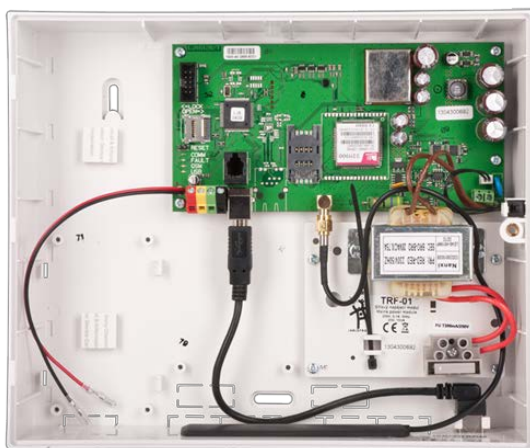
Bezdrátové ústředny

Ústředny a detektory komunikují bezdrátově na frekvencích 433 MHz nebo 868 MHz. Vyšší frekvence umožňuje vyzářit vyšší výkon, díky tomu lze komunikovat na větší vzdálenost. Ve volném prostoru se dosah pohybuje od 100 m do 500 m. Výhodou bezdrátové komunikace je jednodušší instalace díky absenci kabelů a nutnosti stavebních zásahů. Nevýhodou je potřeba akumulátorů pro jednotlivé detektory. Na obr. č. 1 je fotografie ústředny od firmy Jablotron, která umožňuje sběrnice i bezdrátové připojení.

Bezdrátové ústředny se dělí podle směru datového provozu na jednosměrné a obousměrné. U jednosměrných komunikace probíhá jen ve směru od detektoru k ústředně. To s sebou přináší řadu nevýhod. Detektory periodicky vysílají kontrolní signál, značící, že jsou v provozu. To však vybijí baterii, je nutné tedy najít kompromis, protože při příliš dlouhém intervalu mezi signály může při poruše být detektor několik hodin nefunkční bez vědomí ústředny. Pro eliminaci planých poplachů ústředna reaguje až po více cyklech, kdy nepřijme signál. Detektory také neví, jestli má systém být v klidu nebo v pohotovosti, když tedy zachytí

pohyb, odešlou vždy signál ústředně. Nadměrnému vybíjení se tak předchází znemožněním odeslat po určitou dobu další signál.

Obousměrná komunikace řeší nevýhody jednosměrné. Detektory vědí od ústředny, jestli je systém v pohotovosti nebo v klidu, nevysílají proto zbytečně zprávu o pohybu. Při uvedení systému do pohotovosti se také provede test funkčnosti všech prvků EZS. Systém je více odolný proti rušení, pokud je kmitočtový kanál přehlcen, přeladí se komunikace automaticky na jiný kanál. Ústředna si může také ověřit, jestli poplachový signál není jen planý poplach. Na obr. č. 1 je ukázka ústředny od společnosti Jablotron.



Obr. č. 1: JA-101K Ústředna s vestavěným GSM/GPRS komunikátorem [49]

1.3 Ovládací prvky

Systém musí obsahovat periferie, pomocí kterých s ním komunikujeme. Hlavním prvkem je přístupový modul s klávesnicí a displejem, pomocí kterého systém ovládáme, příklad takového modulu je na obr. č. 2. Je zde ukázka rozdělení systému do segmentů, které se ovládají nezávisle. Po nutné autorizaci, tedy prokázání, že jsme oprávněni zasahovat do systému, lze například deaktivovat segment hlídající garáž. Pro usnadnění autorizace bez nutnosti vládání kódu se využívá RFID (Radio Frequency Identification) čipů a karet, bezdrátových tlačítek nebo mobilního telefonu. Do aut lze zase umístit vysílač například pro dálkové ovládání garážových vrat. [5]



Obr. č. 2: JA-154E Bezdrátový přístupový modul s displejem, klávesnicí a RFID [49]

1.4 Detektory v EZS

Detektory se dělí do skupin podle části hlídaného objektu na perimetrické, plášťové, prostorové a předmětové. Perimetrické detektory slouží jako prvotní ochrana, význam mají například v komerčních a vojenských venkovních areálech. Plášťová ochrana slouží k detekci vniku do budovy okny, dveřmi nebo jinými stavebními otvory, případně detekci narušení pláště budovy za účelem vytvoření nového otvoru. Prvky prostorové ochrany monitorují pohyb uvnitř budovy. A prvky předmětové ochrany hlídají konkrétní předměty, například drahé obrazy nebo trezory. Tato práce se zaměřuje na ochranu rodinných domů a bytů, v potaz proto budu brát jen prvky plášťové a prostorové ochrany, které jsou pro obytné budovy nejčastější. [3]

1.4.1 Plášťová ochrana

Prvky plášťové ochrany mají za cíl odhalit pokus o vniknutí do budovy, soustředí se tedy především na detekci otevření dveří a oken, případně na detekci tříštění skla, při rozbití okna. [3] [6]

Magnetické kontakty

Tyto detektory fungují na principu rozpínání smyčky pomocí magnetického jazýčkového kontaktu. Na rám okna se připevní jazýčkový kontakt, který je v klidu sepnut, a poplachová smyčka je tak uzavřená. Při otevření okna se trvalý magnet umístěný na okně oddálí od kontaktu, a dojde k rozepnutí smyčky a vyvolání poplachu. Stejně jako na okna se dá uplatnit tento detektor na dveře. Oba prvky je možné schovat do konstrukce rámu, tím ale přicházíme o odrazující efekt. Na obr. č. 3 je ukázka magnetického detektoru.

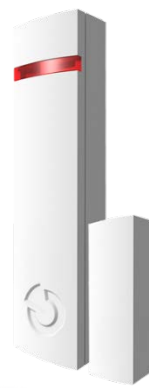
Detektory pro ochranu skleněných ploch

Detektory patřící do této skupiny mají za úkol detekovat narušení skleněné plochy.

- Kontaktní – Detektor je přímo přilepen na skle. Při rozbití skla se sklem šíří charakteristické vlnění, které detektor snímá a vyhodnocuje. Nevýhodou je, že detektor je na skle vidět.
- Aktivní – Tento druh detektorů obsahuje přijímač a vysílač, které pracují s IR (Infrared) paprskem nebo US (Ultrasound) signálem. Princip spočívá ve vysílání signálu směrem ke skleněné ploše a následné přijímání a analyzování odraženého signálu. Rozbití skla způsobí, že se vyslaný signál nevrátí, nebo se změní jeho vlastnosti, v obou případech se vyhlásí poplach.
- Akustické – Tyto obsahují mikrofón, který snímá okolní zvuk. Rozbití skla doprovází charakteristický zvuk, který je vyhodnocovací jednotkou rozpoznán. Bývají v kombinaci s jinými detektory. Na obr. č. 4 můžeme akustický detektor vidět.



Obr. č. 4: JA-180B Bezdrátový detektor rozbití skla [49]



Obr. č. 3: JA-150M Bezdrátový magnetický detektor se dvěma univerzálními vstupy [49]

1.4.2 Prostorová ochrana

Detektory této kategorie mají odhalit pachatele, který už je v objektu. Doplnují plášťovou ochranu a podobně jako v jejím případě hlídají především místnosti, skrze které se do objektu dostat. [3] [7] [8]

Pasivní infračervené detektory

PIR (Passive Infrared) detektory využívají pyroelektrického jevu, který spočívá v indukci napětí při změně teploty pyroelektrického materiálu, kterou vyvolá procházející osoba. Hlídaný prostor se rozdělí do detekčních zón optikou složenou z Fresnelových čoček. Při pohybu mezi zónami se v nich postupně indukuje napětí, a právě tato postupná indukce ve více zónách je interpretována jako pohyb. Dříve se používaly soustavy křivých zrcadel, v současné době jsou běžnější umělohmotné Fresnelovy čočky pro jednodušší a levnější výrobu. Vhodnou optikou lze vytvořit různé detekční charakteristiky, kdy se některé hodí spíše do chodby, jiné do běžných místností, případně se slepou zónou u podlahy pro pohyb domácích zvířat.

Při instalaci je potřeba dodržet některé zásady, aby nedocházelo k falešným poplachům. V záběru detektoru by neměly být zdroje tepla, okna, dveře nebo ventilace. Jako pohyb se interpretuje přechod tepla mezi zónami, je proto potřeba lepší, aby detektor mířil kolmo na předpokládaný směr pohybu osoby.

Ultrazvukové a mikrovlnné detektory

Tyto aktivní detektory vytváří v prostoru fyzikální podmínky, na jejichž změnu detektor reaguje poplachem. Fungují na principu Dopplerova jevu, tedy změny frekvence odraženého signálu od pohybujícího objektu, proto by měly mířit stejným směrem, jaký je předpokládán pohyb osoby. Při použití více detektorů v jedné místnosti je možné vzájemné ovlivňování, je proto potřeba využít různých frekvencí. Funkce US (Ultrasound) detektorů může být ovlivněna vysoce pohltivými materiály, jako koberce nebo závěsy. Funkce MW (Microwave) detektorů zase kovovými plochami, od kterých se vlny odráží. Dále je potřeba počítat s tím, že mikrovlny prochází skrze sklo, je tak možné detekovat pohyb vně budovy.



Obr. č. 5: JA-162PW Bezdrátový duální PIR a MW detektor pohybu [49]

1.4.3 IP kamery

Vlastní kategorií jsou IP kamery, tedy kamery připojitelné k internetu. Ty lze instalovat uvnitř nebo vně domu. Záznamy mohou nejen ukládat do vlastní paměti, ale i odesílat do cloudu. Zároveň lze jejich obraz pozorovat v reálném čase, což z nich činí nástroj, jak se kdykoli přesvědčit o tom, co se odehrává v domě nebo jeho okolí. Pro noční pořizování záznamu bývají vybaveny IR přísvícením. Kamery mohou mít klasický tvar, nebo kupolovitý určený k instalaci na strop, jak je vidět na obr. č. 6. [9]

1.5 Signalizace poplachu

Po detekci pachatele je úkolem ústředny zareagovat. Nejběžnější formou reakce je spuštění hlasité sirény, ideálně vnitřní i vnější. Účelem vnitřní je pachatele vyplašit a zahnat, ukázka vnitřní sirény je na obr. č. 7. Vnější siréna má zase přitáhnout pozornost okolí, k tomu často dopomáhá i výkonná světelná signalizace. Ústředny bývají vybaveny GSM/GPRS modulem pro mobilní komunikaci formou SMS nebo pomocí mobilní aplikace. Zároveň bývají připojeny k místní síti pomocí Wi-Fi nebo Ethernetu, to je však nefunkční během výpadku přívodu elektrické energie, proto je potřeba mít ústřednu se záložním zdrojem a GSM/GPRS komunikátorem. Pokročilou formou signalizace je automatické kontaktování PCO (Pult centralizované ochrany) při poplachu. Společnost nabízející PCO je v celodenní pohotovosti a reaguje na poplašné zprávy od svých klientů. Jsou schopni poslat na místo poplachu vlastní zásahovou jednotku a policii. V případě požárního poplachu kontaktují hasičský sbor. [10] [11]



Obr. č. 6: JI-111C IP kamera vnitřní/venkovní 2MP – DOME [49]



Obr. č. 7: JA-150A II Bezdrátová siréna vnitřní [49]

2 Elektronický požární systém

2.1 Motivace pro pořízení

Na úvod je nutno říct, že samostatné zabezpečovací a protipožární systémy jsou spíše záležitostí komerčních objektů, v rodinných domech jsou oba systémy sloučeny pod jednu ústřednu. Takovéto sloučení je logickým krokem pro snížení nákladů a snazší obsluhu. Elektronický požární systém, zkráceně EPS, je soubor zařízení, který slouží k detekci požáru. Požárem se rozumí nežádoucí hoření, při kterém nastává ohrožení osob, zvířat, materiální hodnoty nebo životního prostředí. Požár dělíme na 4 fáze, od počátku zažehnutí, až po uhašení [12]:

- 1) Časový úsek od vzniku požáru až po začátek intenzivního hoření
- 2) Časový úsek od počátku intenzivního hoření po dobu, kdy jsou požárem zasaženy všechny hořlavé materiály a konstrukce hořícího objektu
- 3) Časový úsek mezi koncem 2. fáze a počátkem poklesu intenzity hoření
- 4) Časový úsek od konce 3. fáze do úplného vyhoření všech látek.

Pro nejsnazší uhašení požáru a pro minimalizaci škod je ideální začít hasit během první fáze. V dalších fázích už je prioritou spíše předejít rozšíření požáru do okolí. Během první fáze se požár vyznačuje malou intenzitou, proto se zaměřujeme spíše na detekci kouře, který požár doprovází. Při větší intenzitě hoření už je možné detekovat samotný oheň.

Společně s EPS se používají i detektory hořlavých plynů, čímž v domácnosti rozumíme LPG (Liquified Petroleum Gas) a zemní plyn. Dále se používají detektory CO (oxid uhelnatý). Všechny tyto plyny jsou nebezpečné zejména během nepřítomnosti v objektu nebo během noci, kdy obyvatelé spí a nemusí si přítomnosti plynu všimnout. Během přítomnosti osob ve dne se únik hořlavých plynů dá odhalit pouhým čichem, protože se do těchto plynů přidávají vysoce páchnoucí plyny. CO je oproti tomu plyn bez chuti a zápachu, proto je pro ochranu důležité využití elektronických detektorů.

2.2 Detektory v EPS

Jak už bylo popsáno výše, ideální je začít hasit ještě během první fáze požáru, proto jsou nejrozšířenější detektory kouře. Ty ovšem nejsou vhodné do každého prostředí, někdy je tedy nutné použít teplotní detektory a detektory plamene. [13] [14] [15] [16]

Ionizační detektory kouře

Tento typ detektorů obsahuje komoru s ionizovaným vzduchem. K ionizaci se využívá radioaktivní americium 241. Detektor měří vodivost ionizovaného vzduchu v této komoře, která se sníží, pokud se do ní dostanou velké částice kouře. Nevýhodou je nutnost použití radioaktivního prvku, proto se od jejich používání upouští na úkor optických detektorů.

Optické detektory kouře

Optické detektory kouře se skládají z IR diody a fotodiody. Nejčastěji jsou diody umístěny tak, aby na sebe neviděly. Při vstupu kouře do komory se paprsek z IR diody od kouře odráží a je zaznamenán fotodiódou. Lze využít opačného principu, kdy na sebe diody vidí a kouř intenzitu přijímaného paprsku oslabí. Oba typy kouřových detektorů jsou nevhodné v prašných místech, nebo v místech s vodními parami – typicky kuchyně, hrozí totiž falešné poplachy.

Teplotní detektory

Teplotní detektory pomocí termistoru měří teplotu, rozlišujeme termostatické a termodiferenciální hlásiče. První zmíněny vyhlásí poplach po překročení určité teploty, ten druhý vyhlásí poplach při překročení určité změny teploty za čas. Běžně se oba principy kombinují v jednom hlásiči. Nevýhodou je, že požár je detekován později než v případě kouřového detektoru. Naopak výhodou je možnost instalace i v prašném prostředí nebo v kuchyni. Teplotní detektory se také kombinují s optickými, na obr. č. 9 můžeme takový detektor vidět.

Detektory plamene

Detekují světelné projevy plamene v ultrafialovém nebo infračerveném spektru. Tyto detektory nachází využití spíše v průmyslu, kde mají rychle reagovat na vzplanutí nebo výbuchy hořlavých plynů.

Detektory CO

Tyto detektory se skládají z elektrod v gelovém elektrolytu, který je od okolí oddělen difúzní membránou. Přítomnost molekul CO v elektrolytu vyvolá oxidační a redukční reakce na elektrodách, které mají za následek změnu potenciálu na daných elektrodách.

Detektory hořlavých plynů

Detektory hořlavých plynů fungují na principu katalytického spalování. Dva platinové drátky zalité v hliníkových perličkách jsou zapojeny do Wheatstoneova můstku. Na jednu hliníkovou perličku je nanesen katalyzátor, který podněcuje oxidaci hořlavého plynu. Na druhou perličku je naopak nanesen inhibitor, který oxidaci zpomaluje. Nerovnoměrná oxidace způsobí nerovnoměrné ohřívání obou perliček, což způsobí nerovnoměrnou změnu odporu platinových drátů a můstek se tím rozváží. Na obr.č. 8 je příklad takové detektoru.



Obr. č. 9: JA-150ST Bezdrátový kombinovaný detektor kouře a teploty [49]



Obr. č. 8: GS-133 Detektor hořlavých plynů [49]

3 Inteligentní dům

Inteligentní dům, chytrá domácnost, smart home, to jsou pojmy, pod kterými rozumíme určitý trend v oblasti bydlení. Jedná se o snahu zjednodušit nebo zautomatizovat každodenní procesy spojené s bydlením propojením technické výbavy domu do jednoho centrálně řízeného systému. Studie Microsoftu z roku 2011 [17], ukazuje, že největšími bariérami pro pořízení chytré domácnosti byly cena, nutnost stavebních zásahů, nemožnost systém jednoduše modifikovat, složitost ovládání a obava o bezpečnost systému. Tyto problémy se částečně vytrácejí s technologickým pokrokem, díky kterému cena elektroniky už desítky let klesá, dále rozvoji bezdrátových technologií a příchodu chytrých telefonů, které umožňují chytrou domácnost obsluhovat jednoduše na dálku.

Společnosti zabývající se zabezpečovací technikou, které začali svůj sortiment rozšiřovat o prvky umožňující řízení a automatizaci domácnosti, získávají určitou konkurenční výhodu. Bude-li totiž trend chytrých domácností pokračovat, jistě bude pro zákazníka atraktivnější výrobce, který dokáže nabídnout nejen zabezpečení ve formě EZS nebo EPS, ale i například automatické řízení vytápění, osvětlení a podobně. Dalším důvodem pro vybrání si jednoho výrobce může být problematičnost v kombinování systémů různých výrobců, která je dána nejednotností v komunikačních standardech. Tento problém přesahuje do celé oblasti IoT (Internet of Things), jejíž jsou chytré domácnosti podmnožinou. [18] Pro ilustraci možností chytré domácnosti následuje výběr některých funkcí nabízených firmou Loxone. Grafické znázornění možností je na obr. č. 30 v příloze. [19]

Osvětlení

- Světla se automaticky zapínají při vstupu do místnosti a vypínají při odchodu, reagují také intenzitou osvětlení a naklopením žaluzií na momentální intenzitu slunečního svitu, aby se maximálně využilo přirozeného světla.
- Při brzkém ranním vstávání do tmy je možné nastavit pozvolné rozsvícení světel, které simuluje sluneční svit.
- Žaluzie se ráno ve zvolený čas automaticky roztahují, aby vpustily do místnosti světlo.
- Při vstávání v noci se položením nohou na podlahu rozsvítí lehké noční osvětlení, které umožní pohyb po domě bez nepříjemného oslnění.

Topení a klimatizace

- Teplotu každé místnosti lze řídit nezávisle podle potřeby.
- Co nejefektivnějšímu vytápění nebo chlazení se systém učí sám, pokud je například nastaveno, že v 16:00 má být teplota obývacího pokoje 22 °C, systém sám po několika dnech zjistí, v kolik hodin musí začít topit.
- V době nepřítomnosti je dům v úsporném režimu, to zahrnuje jak snížení intenzity vytápění nebo klimatizace, ale i vypnutí všech světel a spotřebičů.

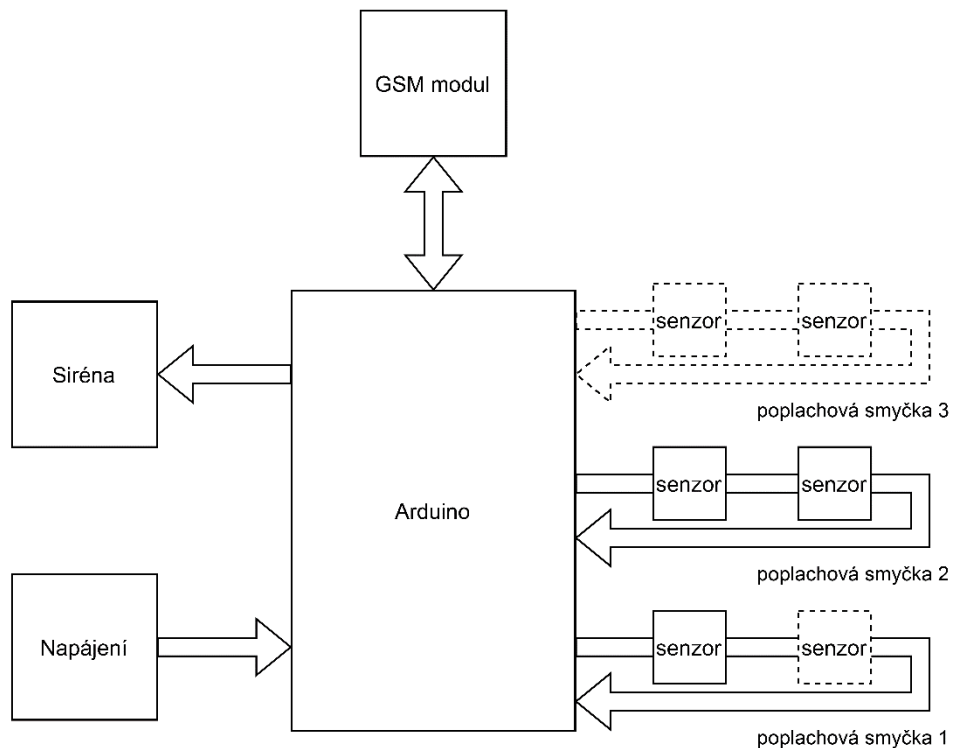
Bezpečnost

- Při odhalení cizí osoby se dům chová jako velký alarm, aby na sebe co nejvíce upozornil, roztáhne tedy rolety a začne blikat světly, zároveň se z domu začne ozývat hlasitý zvuk.
- Podobně se může chovat v době delší nepřítomnosti, například když je rodina na dovolené, dům občas rozsvěcí světla, zapíná hudbu nebo ovládá rolety, aby vznikl dojem, že dům je obývaný.
- Pro určité funkce lze nastavit dětskou pojistku, aby například dítě nemohlo ovládat saunu.
- Systém reaguje i na environmentální ohrožení, například při úniku vody je schopný zastavit přívod.
- Mobilní aplikace majitele upozorní, pokud zapomněl zavřít okno nebo garáž.
- Lze rozdělit dům na více poplachových zón, je tak možné například v noci nechat vypnuté zabezpečení v prvním patře a nechat ho jen v přízemí, pokud bude majitel přecházet do přízemí, vypne se zabezpečení přízemí.
- Systém si udržuje záznam o tom, kdo a kdy vstoupil do domu, toto je vhodné například pro ujistění se, že se děti v pořádku vrátily.
- Zvonek obsahuje kameru, je tak možné se na dálku podívat, kdo je za dveřmi, během nepřítomnosti navíc systém odešle upozornění na mobilní telefon, že je někdo před domem.
- Všechny funkce lze nastavovat a ovládat z mobilní aplikace, na kterou také chodí upozornění o poplaších během nepřítomnosti.

II. Praktická část

4 Návrh a realizace systému

Navrhovaný systém by po vzoru profesionálních měl fungovat modulárně. K pevnému základu v podobě ústředny bude možné přidávat libovolné senzory, a přizpůsobit tak systém požadavkům na zabezpečení konkrétní budovy. Pro demonstraci funkce systému budu vycházet ze zadání, a použiji detektor pohybu, plynu a ohně.



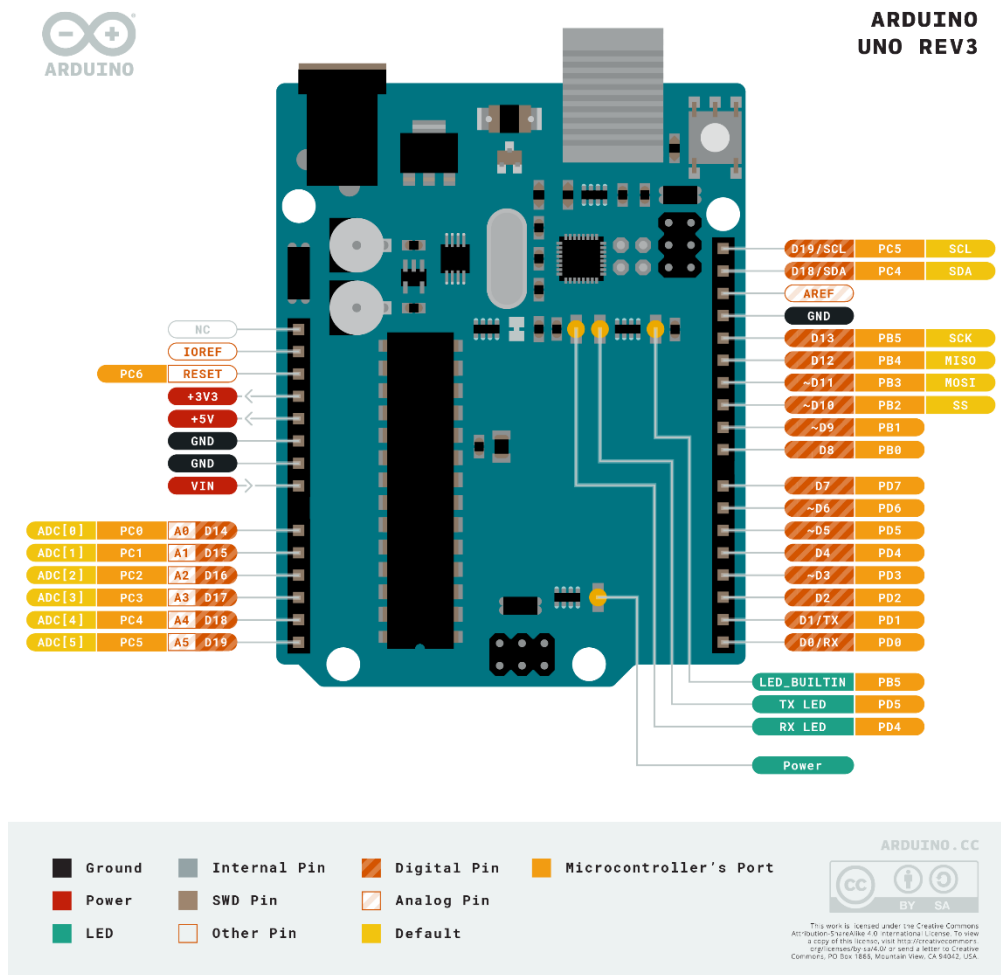
Obr. č. 10: Blokové schéma systému

Na obr. č. 10 je blokové schéma celého systému, ve kterém Arduino funguje jako ústředna. Detektory jsou uspořádány do tří smyček o maximálním počtu dvou detektorů na smyčku. První smyčka obsahuje detektor pohybu, druhá smyčka obsahuje detektor ohně a detektor plynů, třetí smyčka je neobsazena. Celkový počet připojitelných detektorů je limitován počtem vstupů Arduina. Smyčky budou napájeny nezávisle, aby bylo možné je provozovat v libovolné kombinaci, typicky detektory ohně a plynů hlídají dům nepřetržitě, zatímco detektor pohybu jen během nepřítomnosti. Pro signalizaci poplachu bude ústředna vybavena sirénou a GSM modulem pro vzdálené informování o poplachu na mobilní telefon formou SMS.

4.1 Výběr a zapojení komponent

Arduino

Arduino je název open-source vývojové platformy uvedené na trh stejnojmennou firmou. Běžně se název Arduino používá jen pro jednoduchý počítač integrovaný na jednu desku spolu s napájecími a vstupně/výstupními kontakty, ale v širším kontextu se bavíme i o vývojovém prostředí Arduino IDE, ve kterém se desky programují. Jak hardwarová, tak softwarová část jsou open-source, což otevírá možnosti pro vznik věrných kopií, ale i pro určité úlohy specificky upravených desek, které jsou kompatibilní s prostředím Arduino IDE. Na výběr mezi různě vybavenými deskami je i u oficiálního výrobce, ten nabízí několik modelů.



Obr. č. 11: Nákres Arduina Uno s rozložením pinů [20]

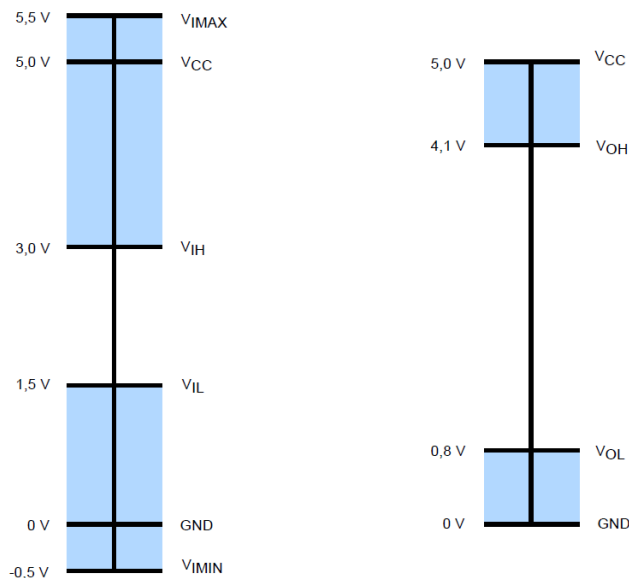
Pro tuto práci jsem se rozhodl pořídit oficiální Arduino Uno, jeho nákres je vidět na obr. č. 11. Uno je nejrozšířenější a nejvhodnější model pro začátečníky, ke kterým se řadím. Důvodem pro koupi originálního kusu je garance kompatibility s Arduino IDE a menší riziko vadného kusu než u levnějších kopií. Deska je řízena mikrokontrolerem ATmega328P. Jedná

se o počítač integrovaný na jeden čip. Spolu s 8bitovým procesorem jsou na čipu tři typy paměti. Flash paměť slouží k uložení programu, SRAM pro ukládání dat po dobu běhu programu a EEPROM pro uložení dat, které se uchovávají i po vypnutí desky. [20]

Číslicová technika operuje s daty ve formě bitů, které nabývají hodnoty 0 (Low) nebo 1 (High). V praxi jsou obě logické úrovně reprezentovány velikostí napětí, ta záleží na technologii realizující daný logický člen. Zařízení účastnící se komunikace má definované intervaly, na kterých je napětí považováno za logickou 0, respektive logickou 1. Tyto intervaly jsou ohraničeny pěticí hodnot:

- V_+ – Jedná se o napájecí napětí zařízení, určuje maximální napětí, které může poskytnou na výstupu pro logickou 1. Podle typu použitých tranzistorů bývá značeno i V_{CC} nebo V_{DD} .
- V_{OH} – Minimální napětí na výstupu, které zařízení poskytne pro logickou 1.
- V_{OL} – Maximální napětí na výstupu, které zařízení poskytne pro logickou 0.
- V_{IH} – Minimální napětí na vstupu, kterému je ještě přiřazena logická 1.
- V_{IL} – Maximální napětí na vstupu, kterému je ještě přiřazena logická 0.

Mezi hodnotami V_{IL} a V_{IH} se nachází zakázané pásmo, pro které není logická hodnota jednoznačně určena, obr. č. 12 graficky znázorňuje všechny úrovně pro mikrokontroler ATmega328P [21 stránky 322, 323]. Je vidět, že intervaly přijímaného signálu jsou větší než intervaly odchozího, je to z důvodu ponechání rezervy v případě, že by signál po cestě byl ovlivněn rušením.



Obr. č. 12: Napětové úrovně pro UART komunikaci mikrokontroleru ATmega328P

Arduino obsahuje i druhý mikrokontroler ATmega16U2, který slouží jako převodník dat z USB rozhraní na UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) rozhraní hlavního mikrokontroleru. UART je asynchronní sériový komunikační protokol, definuje tedy jakým způsobem dochází k přenosu dat. Sériová komunikace znamená, že data jsou za sebou posílána po jednom vodiči ve formě bitů sdružených do paketů (obr. č. 13), komunikace druhým směrem probíhá po druhém vodiči.

Start Bit (1 bit)	Data Frame (5 to 9 Data Bits)	Parity Bits (0 to 1 bit)	Stop Bits (1 to 2 bits)
------------------------	------------------------------------	-------------------------------	------------------------------

Obr. č. 13: Komunikační rámec v UART protokolu [22]

Pokud neprobíhá komunikace, jsou standardně obě napěťové linky ve stavu logické 1. Zařízení, které chce začít komunikaci, umístí na začátek paketu start bit, který linku uvede do stavu logické 0, to je pro příjemce signál, že má naslouchat. Následuje 5 až 9 datových bitů, obě zařízení přitom musí mít nastaveny stejné délky datových rámců. Následuje nepovinný parity bit, který slouží ke kontrole, že datový rámec nebyl po cestě změněn. Parity bit říká, jestli je počet jedničkových bitů v datovém rámci liché nebo sudé číslo, je-li parity bit roven 1, rámec obsahuje lichý počet jedničkových bitů, je-li 0, obsahuje sudý počet. Příjemce také počítá jedničkové bity a pokud se lichost nebo sudost výsledku shoduje s parity bitem, datový rámec nebyl změněn. Konec komunikace nastává po přijmutí stop bitu, který uvede sběrnici zpátky do logické 1.

Slovo asynchronní v názvu UART znamená absenci hodinového signálu, s jehož náběžnou nebo sestupnou hranou jsou data zaznamenány, respektive odeslány. Namísto toho musí obě zařízení mít shodně nastavenou modulační rychlost (baud rate). Tato veličina udává počet změn stavů za sekundu, v tomto dvoustavovém případě přímo odpovídá počtu přenesených bitů za sekundu. Zahájení sériové komunikace například Arduino – počítač musíme uvést funkcí `serial.begin(speed, config)`, kde argument `speed` je právě nastavení baud rate – standardně 9600 Bd, nepovinný argument `config` slouží k nastavení délky datových rámců, parity bitu a počtu stop bitů, výchozí nastavení je 8 datových bitů, bez parity bitu a s jedním stop bitem. [22]

Digitální piny Arduina D0 a D1, také značeny RX (Receive) a TX (Transmit), jsou stejně jako vedlejší čip napojeny na UART rozhraní hlavního čipu, nelze je tedy používat, pokud už probíhá sériová komunikace s počítačem skrze USB. S pomocí knihovny `SoftwareSerial` můžeme simulovat UART rozhraní na libovolných dvou digitálních pinech. Kromě UART podporuje Arduino Uno i další dva široce využívané protokoly – SPI (Serial Peripheral Interface) skrze piny D10 až D13 a I²C (Inter-Integrated-Circuit) skrze piny SDA a SCL nebo A4 a A5, obě dvojice jsou propojeny [20]. V této práci bude využit jen protokol UART.

Napájení

Mikrokontroler operuje pod napětím 5 V, od toho se odvíjí doporučené napájecí napětí. Lze napájet z PC přes USB rozhraní, které poskytuje právě 5 V, maximální možný proud, který může z USB rozhraní odebírat je ale omezen vratnou pojistkou na 500 mA. Druhá možnost je použít napájecí DC konektor. Zde je doporučené napětí 7–12 V, mezi tímto vstupem a mikrokontrolerem je dioda chránící desku při připojení opačné polarity, za ní se nachází lineární regulátor napětí na 5 V. Obě tyto součástky na sobě mají úbytek napětí, je proto důležité napájet alespoň 7 V. Při současném připojení k počítači skrze USB je Arduino vybaveno obvodem, který odpojí 5V vodič USB od desky, tím bude napájena jen z napájecího DC konektoru. [20]

Pro napájení zabezpečovacího systému je potřeba mít záložní zdroj, který systém udrží v chodu v případě odpojení systému od rozvodné sítě. Z toho důvodu budu napájet systém Li-Pol baterií, která může být ve stejnou chvíli dobíjena. Nejvhodnější z výše uvedených způsobů napájení je skrze k tomu určený konektor.



Obr. č. 14: Baterie Li-Pol s nabíječkou

Na obr. č. 14 je celá napájecí soustava, baterie a nabíječka byly dříve využívány v RC modelu letadla. Dvoučlánková Li-Pol baterie Turnigy 2.2 (podle kapacity 2200 mAh) poskytuje napětí 7,4 V a desítky ampérů vybíjecí proud. O dobíjení baterií se stará nabíječka G.T. Power A3, která nabíjí články jednotlivě na maximální napětí 4,2 V. Baterie je osazena konektorem typu Tamiya, protikus jsem nakrimpoval na kabel, který má na druhém konci potřebný konektor pro napájení Arduina, tedy koaxiální DC konektor s rozměry $5,5 \times 2,1$ mm.

Senzory

Senzor plynů

Na trhu je k dostání série plynových senzorů MQ. V této sérii je k dostání více než dvacítka různých typů, které se liší v tom, jaké plyny detekují. Senzory typicky reagují na přítomnost více různých plynů, přičemž nerozlišují, jaký plyn detekují. Mnou vybraný typ MQ-5 (obr. č. 15) je schopný detekovat všechny dříve zmíněné plyny, které mohou ohrozit domácnost, tedy CO, zemní plyn a s nízkou citlivostí i kouř. [23]

Senzor funguje na principu katalytického spalování. Uvnitř pouzdra z Al_2O_3 se nachází žhavicí cívka, pouzdro udržuje konstantní teplotu senzoru, která je důležitá pro správnou funkci. Na pouzdru je nanášena vrstva SnO_2 , ta obsahuje volné elektrony, které jsou na čistém vzduchu přitahovány k povrchu okolními molekulami kyslíku. Elektrony se tak stanou vázané chemickou vazbou a nejsou schopny podílet se na vedení proudu. Pokud se do blízkosti dostanou zmíněné škodlivé plyny, molekuly kyslíku přijmou elektron od nich a elektrony uvnitř vrstvy SnO_2 se opět stanou volnými. Senzor tedy mění vodivost smyčky, tato změna je sledována na zatěžovacím odporu [24]. Na desce je přítomen komparátor, díky kterému má modul kromě analogového i digitální výstup. Potenciometrem je navíc možné nastavovat citlivost komparátoru.



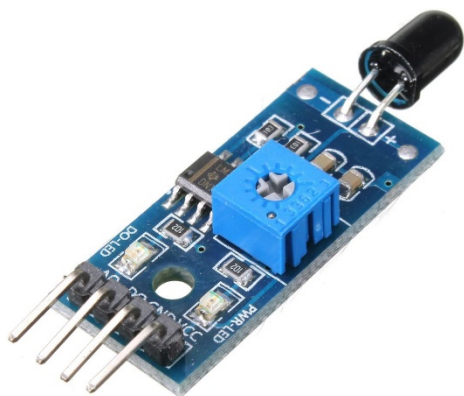
Obr. č. 15: Detektor plynů MQ – 5 [24]

Senzor požáru

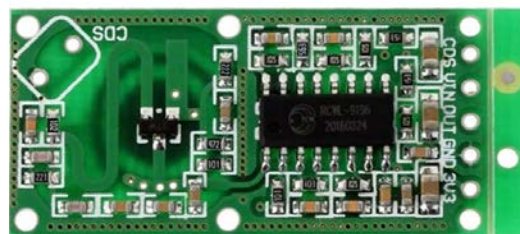
Jak bylo popsáno v kapitolách o požární ochraně, pro detekci plamene se používají teplotní senzory založené na termistorech, nebo senzory detekující světelné projevy ohně. Pro tuto práci jsem zvolil senzor (obr. č. 16) založený na fototranzistoru YG1006, který detekuje infračervené záření. Fototranzistor nemá bazový kontakt, místo toho funguje báze jako fotodioda, na které se při osvětlení uvolňují elektrony, které otevírají přechod báze-emitor. Intenzitou osvětlení se přechod otevírá nebo přizavírá a řídí proud tekoucí přechodem kolektor-emitor, který měříme skrze úbytek napětí na rezistoru. Černá epoxidová pryskyřice brání přístupu viditelného světla a fototranzistor tak funguje na rozsahu neviditelného záření 760–1100 nm, přičemž je nejcitlivější na 940 nm [25]. Stejně jako předchozí senzor je i tento k dostání jako modul s nastavitelným komparátorem.

Senzor pohybu

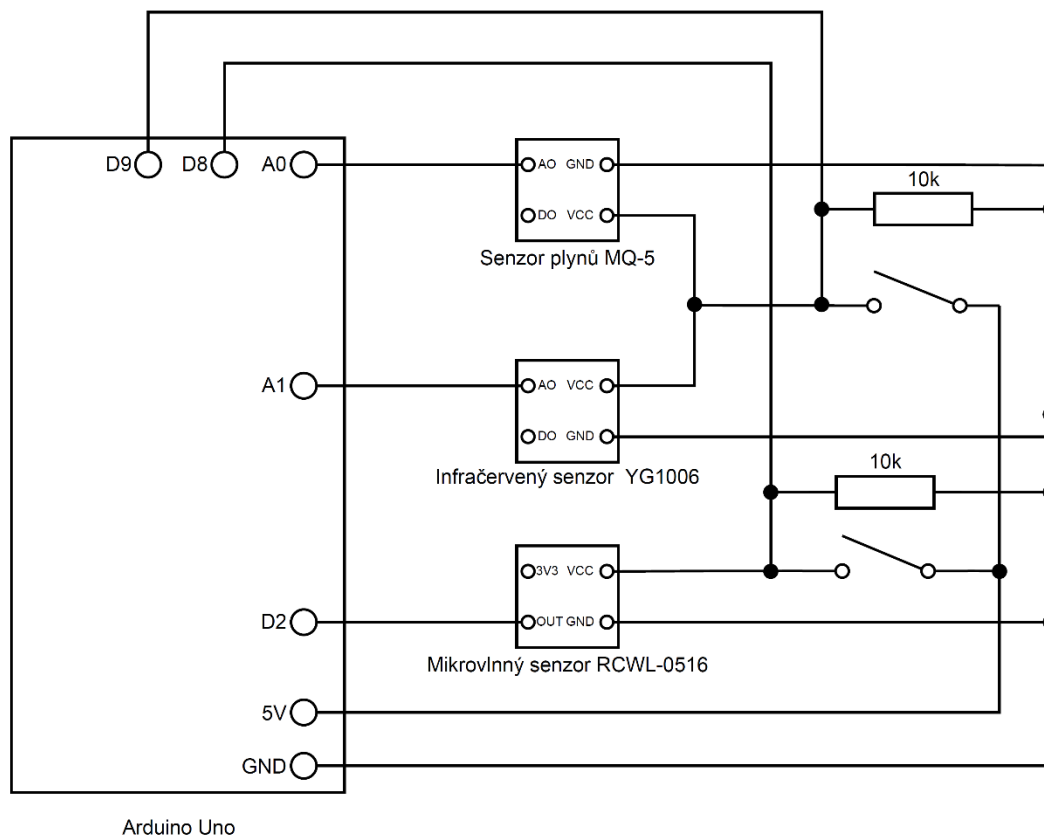
Ochranu před vloupáním lze realizovat více způsoby, jak bylo popsáno dříve. Rozhodl jsem se pro detekci pohybu pomocí mikrovlnného radarového senzoru RCWL-0516. Na obr. č. 17 můžeme senzor vidět. Detekce pohybu funguje na principu Dopplerova jevu. Frekvence vysílané a přijímané vlny se slučují pomocí tranzistoru a dolní propustí se vyfiltruje rozdíl. O zpracování tohoto signálu na výstup se stará čip RCWL-9196. [26]



Obr. č. 16: Detektor plamene YG1006 [50]



Obr. č. 17: Detektor pohybu RCWL-0516 [26]



Obr. č. 18: Schéma zapojení sensorových smyček

Na obr. č. 18 je znázorněno zapojení prvních dvou sensorových smyček, třetí smyčka senzory neobsahuje, v nákrese se proto nevyskytuje, ve skutečnosti je ale konstruovaná stejným způsobem. Jednotlivé smyčky se sepínají nebo rozepínají pomocí DIP (Dual In-line Package) přepínače. Napájecí svorky smyček jsou dále připojeny na digitální vstupy Arduino, tímto způsobem program pozná, která smyčka je aktivní. Tyto vstupy jsou dále přes pull-down rezistory připojeny na zemní svorku Arduino, zajišťují tak, že při rozepnutí smyčky bude zaručeně logická 0.

Všechny senzory jsou stavěny na napájecí napětí 5 V, senzor pohybu zvládne na vstupu až 28 V, jeho digitální výstup OUT funguje na 3,3 V logice, kterou Arduino ještě správně registruje. Výstup 3V3 slouží k případnému napájení dalších obvodů, této možnosti nijak nevyužiji. Oba zbylé senzory mají jak digitální, tak analogový výstup, citlivost digitálního výstupu se ladí ručně, proto se v důsledku neliší od čtení analogových dat, kde se práh pro detekci opět volí ručně, z tohoto důvodu využiji v obou případech jen analogový výstup, který podává lepší obraz o tom, jak se senzor chová.

Signalizace

GSM modul

GSM (zkratka z Groupe Spécial Mobile, podle pracovní skupiny, která na standardu pracovala) je celosvětově rozšířený telekomunikační standard. Systém GSM byl uveden do praxe už na počátku 90. let ve Finsku. Spadá do druhé generace (2G) mobilních sítí, která přinesla řadu vylepšení oproti tehdejší první generaci (1G) a umožnila tak masové rozšíření mobilních telefonů.

Digitalizace přenosu umožnila přenášená data kódovat a zvětšit tak zabezpečení proti odposlechu. Dále se změnil přístup uživatelů k síti. 1G využívalo frekvenční multiplex (FDMA), to znamená, že každý účastník měl přiřazenou frekvenci, GSM využívá kombinaci FDMA a časového multiplexu (TDMA). 25MHz pásmo je rozděleno na 124 200kHz kanálů. Tyto kanály jsou přiděleny jednotlivým základnovým stanicím, které dohromady tvoří telefonní buňkovou síť. Zavedení časového multiplexu rozděluje datový proud do rámců o délce 4,615 ms, které se dále dělí na osm timeslotů od délce 577 μ s. Jeden kanál tak může obsluhovat až 8 uživatelů, kteří mohou odesílat data jen během svého timeslotu. [27]

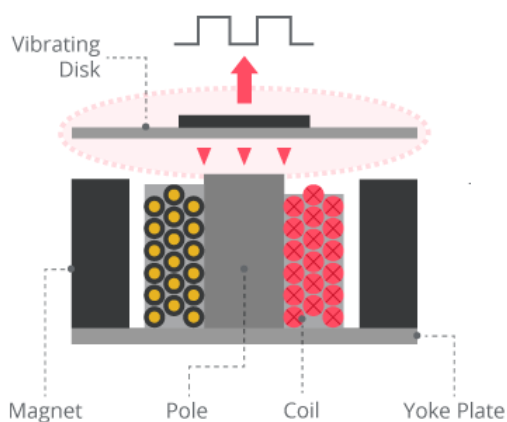
Na trhu je množství periférií, které rozšiřují komunikační schopnost Arduina. Kromě Wi-Fi modulu, Bluetooth modulu nebo třeba GPS modulu je k dispozici GSM modul, který z Arduina dokáže udělat jednoduchý mobilní telefon. Vybral jsem GSM/GPRS modul SIM800L (obr. č. 19). GPRS (General Packet Radio Service) je rovněž součástí standardu 2G a umožňuje využívat datové služby. GPRS v této práci nebudu využívat, veškerá komunikace bude přes GSM síť.



Obr. č. 19: GSM modul SIM800L [51]

Siréna

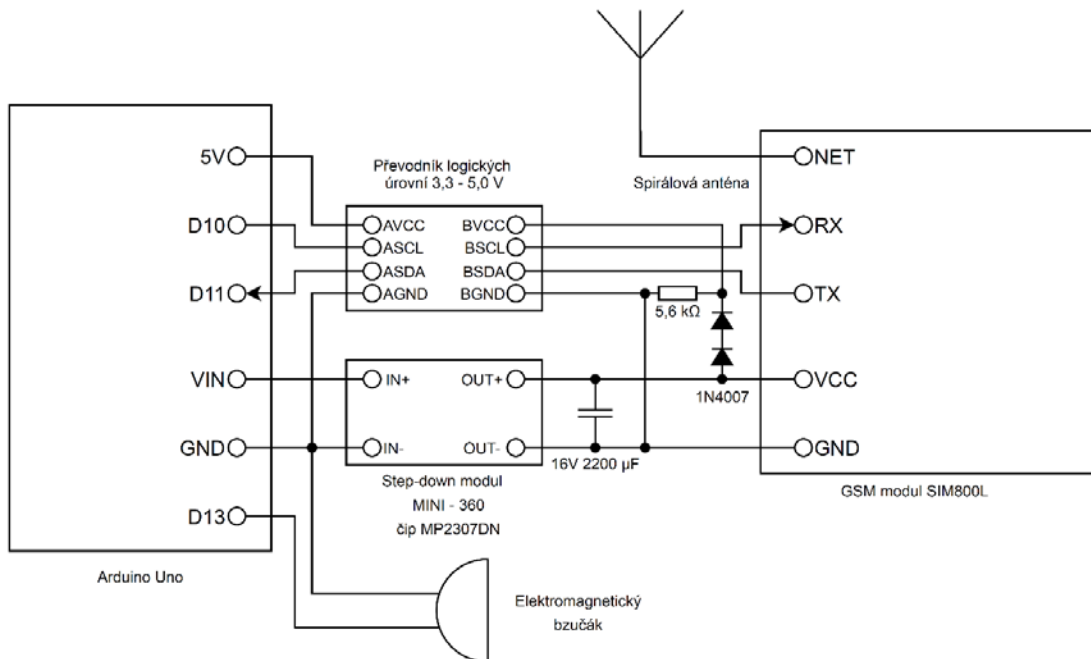
Funkci sirény bude plnit elektromagnetický bzučák. Funguje na stejném principu jako elektromagnetický reproduktor. Kovový disk je v magnetickém poli tvořeného permanentním magnetem přitahován k jádru cívky. Při průchodu střídavého signálu cívkou se rozložení magnetického pole uvnitř komory bzučáku periodicky mění, což rozkmitává kovový disk. Bzučáky se dělí na pasivní a aktivní, podle způsobu generování střídavého signálu. Aktivní bzučáky mají integrovaný oscilátor, který z napájecího stejnosměrného napětí vytváří potřebný střídavý, tento typ jsem zvolil. Pasivní bzučáky jsou bez oscilátoru, uživatel si tak musí potřebný obvod obstarat sám, výhodou však může být měnitelná frekvence zvuku. Na obr. č. 21 je znázorněný princip elektromagnetického bzučáku, na obr. č. 20 jeho podoba. [28]



Obr. č. 21: Princip elektromagnetického bzučáku [28]



Obr. č. 20: Elektromagnetický bzučák [29]



Obr. č. 22: Schéma zapojení signalizační části systému

Obr. č. 22 ukazuje zapojení signalizační části systému – GSM modulu a bzučáku. Bzučák lze napájet 3,5 až 5,5 V, přičemž proudový odběr je podle prodejce do 25 mA, to umožňuje použití pro napájení libovolný digitální pin Arduino a sepnutí ovládat programově. Vhodným přerušováním přívodu napětí lze docílit zvuku výstražné sirény. Prodejce neuvádí hlasitost, nicméně u podobného modelu je uváděna hladina akustického tlaku 85 dB ve vzdálenosti 10 cm. [29]

K zakoupenému GSM modulu byla k dispozici spirálovitá anténa, kterou jsem připájel k NET pinu, konektor U.FL tak zůstane nevyužitý. Nevýhodou modulu je nutnost napájecího napětí v rozmezí 3,4–4,4 V [30 str. 21], není tak možné napájet ho přímo z Arduino. První možností je externí napájení, které lze realizovat například Li-Pol nebo Li-Ion monočlánkem se jmenovitým napětím 3,7 V. Druhou možností, kterou jsem i zvolil, je nějakým způsobem snížit napětí poskytované Arduinem. Z jednodušších řešení je použití diody nebo odporového děliče napětí, já jsem zvolil spínaný měnič napětí ve formě modulu MINI-360. Samotný měnič je integrovaný na čipu MP2307DN, součástí modulu je i trimr, kterým lze nastavit výstupní napětí v rozmezí 1–17 V, výstupní proud jsou až 3 A krátkodobě [31]. GSM modul v klidovém režimu odebírá podle katalogového listu jen necelých 20 mA, během připojování k síti a odesílání dat během 557 µs dlouhého timeslotu modul odebírá až 2 A [30 stránky 21, 22]. S výhodou lze využít VIN pin Arduino, který je paralelně spojen s DC konektorem [20], proud tak bude odebírán přímo z baterie. Jak bylo zmíněno výše Arduino je vybaveno ochrannou diodou proti přepólování CGRA4001-G, ta je sice navržena pro proud 1 A, krátkodobě ale zvládne až 30 A [32]. GSM modul by měl být s těmito komponentami bez problému napájen, včetně pokrytí proudových špiček, nicméně měl problémy už se samotným připojováním k síti. Za měnič napětí jsem proto zařadil 2200µF kondenzátor, který slouží jako dodatečný zdroj proudu pro vykrytí špiček, s ním už se problémy neobjevily.

Modul pro sériovou komunikaci používá UART technologii, při bližším zkoumání jsem zjistil, že je důležité rozlišovat mezi modulem a samotným čipem SIM800L. Výrobce SimCom sice poskytuje poměrně obsáhlou dokumentaci k čipu SIM800L, ale ten je v naprosté většině případů prodáván jako součást modulu na obrázku výše. Neexistuje žádná dokumentace k modulu jako celku, nepodařilo se mi ani najít výrobce, protože modul není nijak označen. Dalším problémem je, že jako „GSM modul SIM800L“ je prodáváno více modulů, které sdílí jen stejný čip, ale na samotné desce jsou jiné součástky. Důvodem proč to řeším je fakt, že se různí prodejci a weby zabývající se hobby elektronikou neshodují na jakých napětích sériové rozhraní může komunikovat. Setkal jsem se s názory, že modul toleruje 5V logiku Arduina, i že ji netoleruje a hrozí zničení modulu [33] [34] [35]. Nelze se tedy na žádný zdroj moc spolehnout, proto budu vycházet z hodnot určených pro samotný čip. Katalogový list SIM800L uvádí následující hodnoty (Tab. č. 1):

Tab. č. 1: Napěťové úrovně UART komunikace čipu SIM800L [30 str. 30]

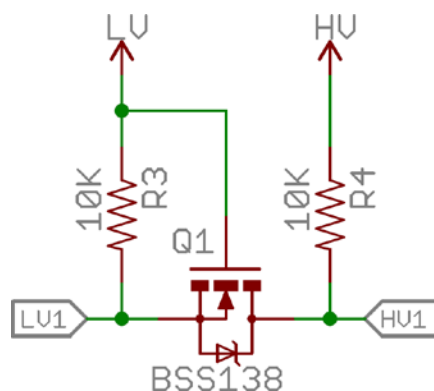
Symbol	Min	Max	Unit
V_{IL}	0	0.3	V
V_{IH}	2.5	2.8	V
V_{OL}	0	0.1	V
V_{OH}	2.7	2.8	V

Maximální hodnoty napěťových linek jsou jen 2,8 V, jedná se o neobvyklou logickou úroveň. Správnou interpretaci tabulky dokazuje ověření měřením, kdy na TX pinu bylo opravdu vždy jen 2,8 V. A dále výrobcem doporučené obvody pro snížení napětí z 3,0V, 3,3V a 5,0V logik právě na 2,8 V [30 stránky 31, 32]. Jak bylo znázorněno na obr. č. 2, napětí, které Arduino začne považovat za logickou 1 jsou minimálně 3 V, je tedy potřeba převést na správnou úroveň komunikaci v obou směrech, jednak aby nedošlo k poškození GSM modulu vlivem velkého napětí, tak aby Arduino správně registrovalo logické úrovně. K tomuto účelu jsem použil převodník logických úrovní (obr. č. 23).



Obr. č. 23: Převodník logických úrovní [53]

Zvolený modul je nabízen jako převodník pro komunikační protokol I²C, čemuž odpovídají i popisky pinů – SDA pro datový signál a SCL pro hodinový signál. Nezáleží však jestli použijeme UART nebo I²C, protože pro obvod se data z obou typů sběrnic jeví jen jako sled jedniček a nul ve formě napětí. Na obr. č. 11 můžeme vidět dvakrát MOSFET, jeden regulátor napětí a jednu diodu. Každý MOSFET spolu s dvojicí rezistorů tvoří převodní kanál, který je na tom druhém nezávislý [36].



Obr. č. 24: Princip napěťového převodu [36]

Na obr. č. 24 je jeden kanál znázorněn. Obvod je rozdělen na stranu s menším napětím LV a na stranu s vyšším napětím HV. Celkem mohou nastat tři případy [37]:

- Ani jedno zařízení neuvádí sběrnici do stavu logické 0, sběrnice je na levé straně skrze pull-up rezistor přibližně na hodnotě napájecího napětí LV, napětí U_{GS} je tak blízké nule a tranzistor je zavřený. Sběrnice na pravé straně je díky druhému pull-up rezistoru na napětí HV.
- Zařízení na levé straně uvádí sběrnici na hodnotu logické 0, gate je ale stále připojen na napájecí napětí, U_{GS} tím pádem překročí práh potřebný pro otevření tranzistoru a pravá strana sběrnice je tak rovněž na logické 0.
- Zařízení na pravé straně uvádí sběrnici na hodnotu logické 0, díky PN přechodu, který tvoří pomyslnou diodu mezi substrátem a drainem, je napětí na levé straně sběrnice snižováno až do úrovně kdy U_{GS} , při kterém se tranzistor otevře a sběrnice bude na obou stranách na logické 0.

Z výše uvedených případů plyne, že komunikace po sběrnici může v jednom kanálu probíhat oběma směry, což je výhoda právě pro protokol I²C, kde jsou data přenášena jen po jedné sběrnici a druhá slouží pro hodinový signál. V protokolu UART však data proudí po jedné sběrnici jen jedním směrem, proto z výše uvedených případů mohou v každém kanálu nastat jen první a druhý, respektive třetí.

Modul je konstruován jako převodník úrovní 3,3 V–5 V, o napájení strany s nižší úrovní se stará zabudovaný regulátor napětí. Kvůli neobvyklé logice 2,8 V GSM modulu, jsem na trhu nenašel odpovídající převodník úrovní. Situaci jsem vyřešil odpájením výstupní svorky regulátoru a místo toho napájím stranu s nižším napětím externě. Napájecí a zemní svorku

převodníku jsem zapojil k odpovídajícím svorkám GSM modulu, který napájím 4 V. Mezi obě napájecí svorky jsem sériově zařadil dvě diody 1N4007, které zajišťují úbytek až na napětí 2,87 V, díky kterému je konečně na sběrnici RX GSM modulu požadovaných 2,8 V. Aby diodami garantovaně tekla proud, který vyvolá požadovaný úbytek, bylo potřeba je uzemnit skrze rezistor. Zvolil jsem hodnotu 5,6 k Ω , zanedbáme-li ekvivalentní odpor diod, lze z Ohmova zákona určit přibližnou hodnotu tekoucího proudu na 0,5 mA.

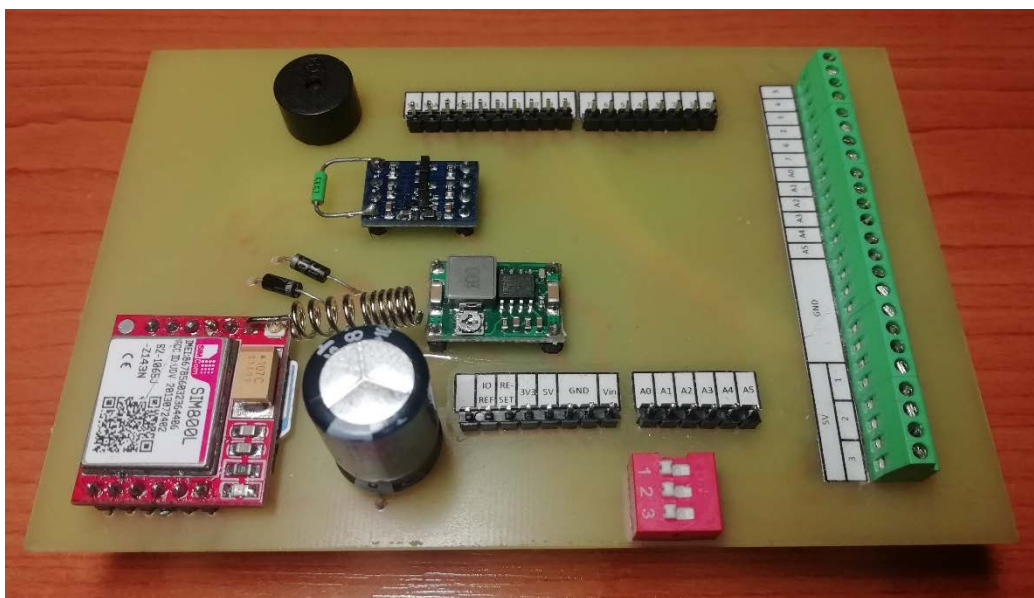
V poslední řadě je nutno opatřit modul SIM kartou, to se týká i profesionálních ústřed s GSM komunikátorem. Například společnost Jablotron nabízí připojení systému k PCO, v rámci čehož zákazník dostane speciální SIM kartu, s kterou systém může ovládat pomocí mobilního telefonu. Tato služba se platí paušálně [38]. S použitím běžné SIM karty lze pouze nastavit, na která telefonní čísla se vyšle zpráva o poplachu [39]. U mého systému je samozřejmé použití běžné SIM karty, je však otázka, jestli použít také paušálně placenou kartu nebo předplacenou SIM s kreditem. Problém předplacené karty je ten, že je potřeba pravidelně dobýjet kredit, jinak se karta deaktivuje. S postupem času se tak na kartě bude kredit hromadit. Lepší je tak sáhnout po měsíčním tarifu. Nabídka tarifů s různými poměry měsíčně předplacených volných minut a SMS ku ceně za minutu a SMS po vyčerpání je opravdu široká. Nejlépe tak vychází tarif od společnosti ČEZ s názvem „Platím, jak volám“, kde se opravdu platí jen provolané minuty a poslané SMS. Z obchodních podmínek však vyplývá, že poskytovatel může odstoupit od smlouvy, pokud zákazník ve třech po sobě jdoucích měsících nevyužije ani jednu placenou službu. V praxi by tak mělo stačit každé tři měsíce poslat jednu SMS v ceně 1,50 Kč. [40] [41 str. 4]

4.2 Realizace

Vzhledem k poměrně malému množství použitých součástek bylo možné vyzkoušet si funkci celého zapojení na nepájivém kontaktním poli. Pro praxi je takové řešení nevhodné, protože dráty se dají z desky velmi lehce vytrhnout, rozhodl jsem pro robustnější řešení – shield. Shield je deska rozšiřující možnosti Arduina, která se instaluje zasunutím pinů do zdířek Arduina, čímž se desky vrství nad sebe. Z dostupných shieldů zmíním například Wi-fi shield.

Všechny komponenty budou na DPS (deska plošných spojů), vyjma jednotlivých senzorů. Sensory je potřeba po domě rozmístit tak, aby co nejlépe plnily svou funkci. K ústředně budou připojeny pomocí kabelů, které se upevní do svorkovnic. Toto řešení je dostatečně odolné proti nechtěnému rozpojení při manipulaci. Kvůli značné jednoduchosti obvodu jsem se rozhodl pro ruční návrh DPS, který mi přišel časově výhodnější než návrhový software. Nicméně zpětně bych řekl, že jsem zvolil špatně, protože i přes jednoduchost obvodu mi rýsování návrhu s různými úpravami zabralo několik hodin. Návrh je na fotografii na obr. č. 32 v příloze.

Rozvržení otvorů pro kolíky jsem následně obkreslil na desku o velikosti 12×8 cm s $35\mu\text{m}$ vrstvou mědi a pozice otvorů pomocí důlčičku a kladívka do desky vyrazil. Následovalo rýsování vodivých cest fixem na tvorbu DPS. Po narýsování jsem přebytečnou měď odleptal chloridem železitým, fotografie vyleptané desky je na obr. č. 31 v příloze. Následovalo připájení všech součástek, největší problém byl s instalací 19 mm dlouhých pinů, během které se velmi projevila nepřesnost i v řádu nižších desetín milimetrů ve vzdálenosti jednotlivých otvorů, která by měla činit 2,54 mm (1 palec). Tyto nepřesnosti se povedlo vykompenzovat zvětšením průměru otvorů. Na obr. č. 25 je fotografie hotového výrobku.



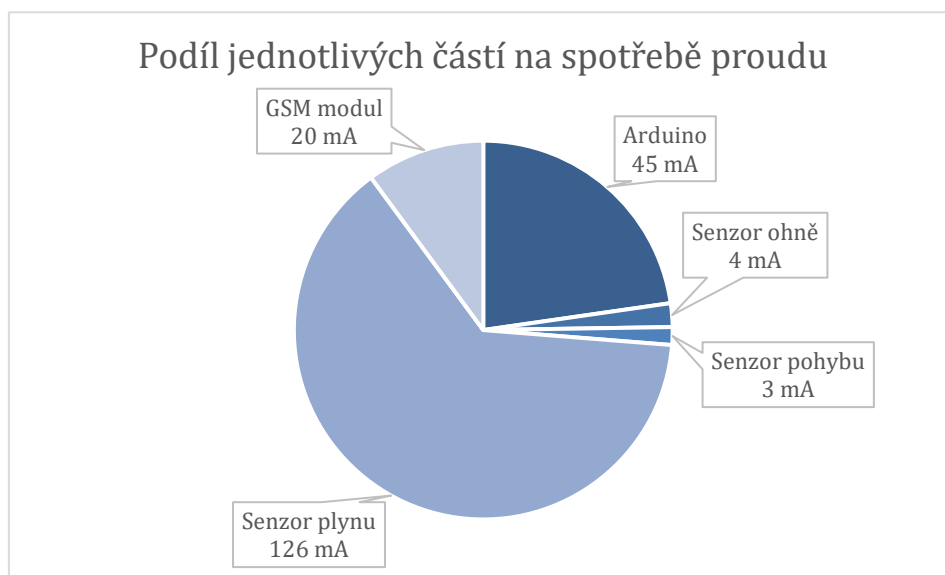
Obr. č. 25: Hotový shield

4.3 Měření

V domácích podmínkách byly možnosti měření vlastností systému velmi omezené, nicméně se podařilo získat alespoň některé přibližné údaje. Tato podkapitola je zařazena ještě před část o softwaru, protože v ní budu z této částečně čerpat.

Měření spotřeby

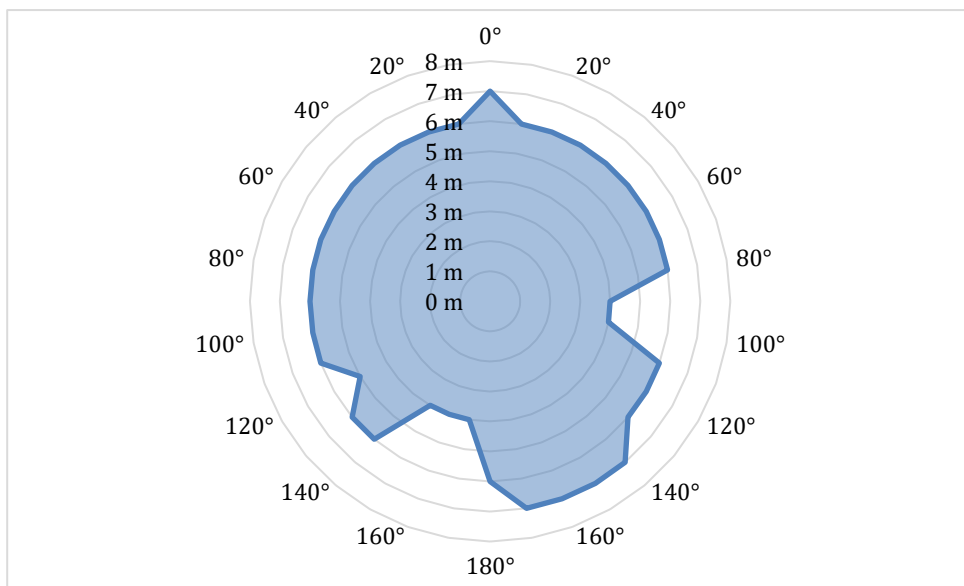
Jako první jsem měření podrobil spotřebu proudu, systém je přes baterii neustále připojen k rozvodné síti, není tedy klíčové snažit se optimalizovat spotřebu, jako by tomu bylo v případě, že by systém byl napájen pouze baterií. Jak je vidět na obr. č. 26, tak by tento systém ani nemohl dlouhodobě fungovat bez síťového napájení především kvůli senzoru plynů, který stojí za téměř dvěma třetinami celkové proudové spotřeby, která činí přibližně 200 mA. Jeho velká spotřeba je dána žhavením detekující vrstvy SnO₂.



Obr. č. 26: Graf spotřeby proudu jednotlivých částí systému

Měření detekční charakteristiky senzoru pohybu

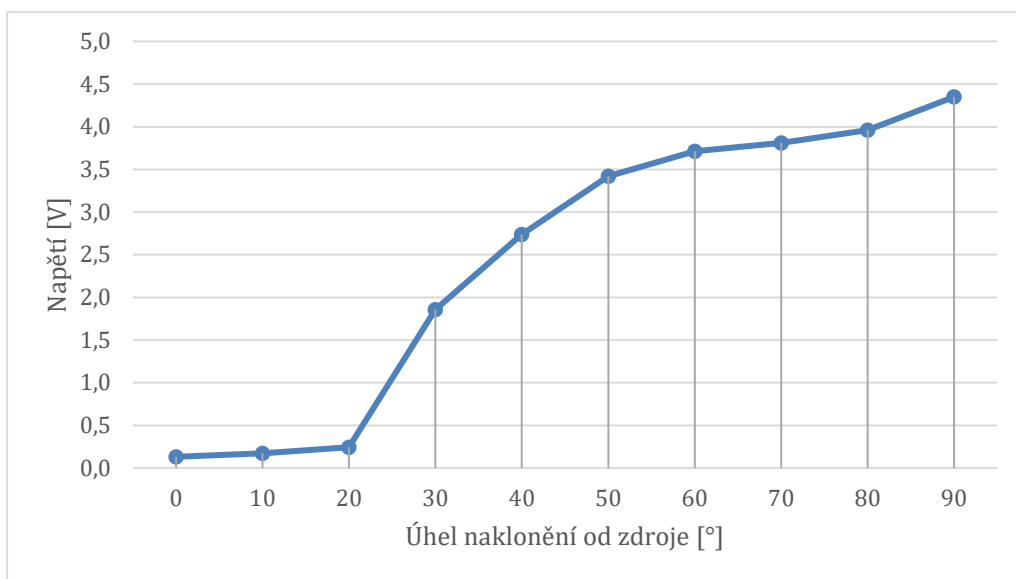
Podstatnější informace jsem získal při měření vlastností samotných senzorů, ty totiž slouží ke správnému nastavení citlivosti detekce, ale i ke správnému prostorovému rozmístění. Měření detekční charakteristiky pohybového senzoru jsem prováděl v uzavřené místnosti. Senzor byl upevněn ve výšce přibližně 90 cm nad zemí. Postupně jsem ho otáčel s krokem 10°, a pro každý úhel testoval v jaké vzdálenosti dojde k detekci pohybu. Úhel 0° jsem určil pro pozici, ve které součástky desky senzoru byly kolmo na směr mého pohybu k němu. Na obr. č. 27 je vidět, že senzor detekuje ve všech směrech. V některých úhlech byla detekční vzdálenost nižší, nicméně pro pokrytí běžné místnosti detektor funguje dobře a většinou docházelo k detekci ve vzdálenosti 6 m.



Obr. č. 27: Detekční charakteristika pohybového senzoru

Měření vlastností senzoru ohně

Měření vlastností senzoru ohně bylo komplikovanější a nepřineslo tak jednoznačné výsledky. V tomto případě se pracuje s analogovými hodnotami a je na uživateli, jak citlivě nastaví práh pro detekci. Dalším problémem je určení podmínek, za kterých se měří, zejména vzdálenost od zdroje záření a jeho intenzita. Obr. č. 28 ukazuje závislost měřeného napětí na naklonění senzoru od žárovky vzdálené 1,5 m. Větší intenzitě záření dopadajícího na senzor odpovídá menší naměřené napětí, ve tmě jsem tak měřil 5 V.



Obr. č. 28: Závislost výstupního napětí senzoru ohně na úhlu naklonění

Předpokládám, že po naklánění senzoru ve všech ostatních směrech budou měřené hodnoty přibližně stejné. Z grafu je vidět, že nejmenší napětí bylo měřeno do úhlu 20°, odtud usuzuji, že senzor je nejcitlivější v prostoru vytyčeném kuželem s vrcholovým úhlem 40°. Následovala řada drobných měření, při kterých jsem zjišťoval další chování senzoru, pro vytvoření komplexnějšího obrazu. Plamen zapalovače je detekovatelný přibližně na 70 cm, pak už se měřené napětí blíží maximální úrovni. Dále se ukázalo, že velký vliv na měření má sluneční svit. Směrem od okna jsem během dne měřil přibližně 4,89 V, při pouhém otevření okna a vpuštění více světla do místnosti se napětí snížilo na 4,62 V. Namířením senzoru na zavřené okno napětí kleslo až na 1,76 V. V místnosti osvětlené pouze žárovkou bylo maximální měřené napětí 4,64 V, v místnosti osvětlené pouze LED světly bylo napětí 5 V.

Z výše uvedených měření vyplývá, že senzor má mnoho omezení, je nutné umístit ho co nejbližše pravděpodobnému ohnisku požáru a zároveň zamezit vlivu slunečního svitu a jiných zdrojů IR záření jako jsou žárovky nebo krb. Z těchto důvodů jsou komerční požární detektory k dostání v podstatě jen jako detektory kouře, případně v kombinaci s detektorem teplot.

Měření vlastností detektoru plynů

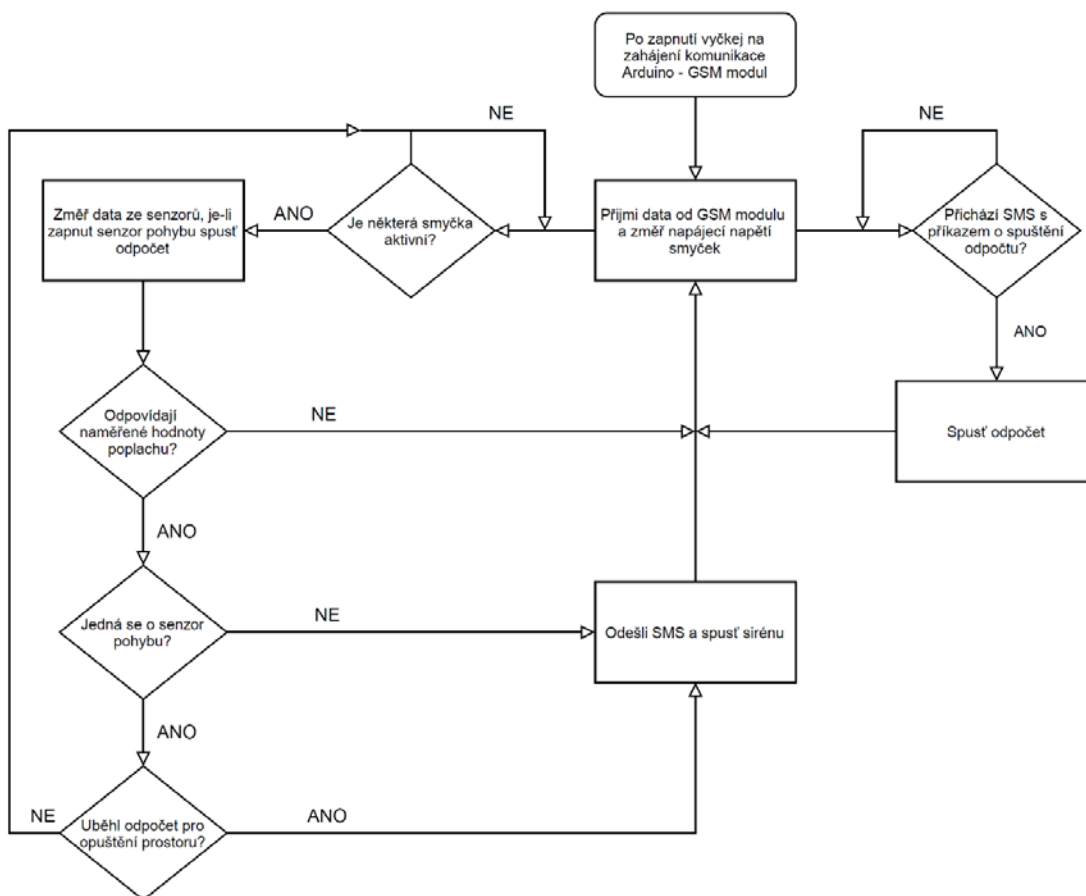
Finální měření s detektorem plynů byla nejkratší. Tyto detektory ze série MQ jsou navrženy pro relativně přesné měření kvality ovzduší, jejich katalogové listy obsahují charakteristiky citlivostí pro jednotlivé plyny, s jejichž pomocí lze měřené napětí pro daný plyn přepočítat na jeho koncentraci ve vzduchu [23]. Pro účely zabezpečení není taková přesnost nutná, jde především o určení, je-li plyn vlastně přítomen, toho lze docílit změřením napětí na analogovém výstupu detektoru na čistém vzduchu a větší odchylky považovat za přítomnost plynu. Detektor reaguje jak na LPG, tak na zemní plyn. Hlavními složkami LPG jsou propan a butan, tedy plyny, které jsou mnohonásobně těžší než vzduch, při užívání tohoto plynu je proto nutno instalovat detektor k zemi. Zemní plyn je složen především z metanu, který je lehčí než vzduch, detektor proto naopak instalujeme ke stropu.

V tomto případě se výstupní napětí senzoru při detekci zvyšuje. Na čerstvém vzduchu se hodnota napětí po dvaceti minutách žhavení ustálila na 0,18 V. Únik plynu jsem simuloval pomocí náplně do plynového zapalovače ve formě LPG. Senzor jsem umístit k zemi a do prostoru nad ním z nádoby vypustil malé množství plynu, po několika sekundách vzrostlo napětí až k hodnotě 0,73 V. Dále jsem zkusil plyn vypustit přímo na senzor, v tomto případě vyšplhalo napětí až na 4,47 V. Ukázalo se, že při takto velké koncentraci postihuje senzor dlouhodobý přechodový jev. Po tom, co už senzor nebyl vystaven plynu sice napětí okamžitě kleslo pod 0,5 V, k původní hodnotě 0,18 V ale klesalo exponenciálně v horizontu dvou hodin.

Jak jsem zmiňoval výše pro detekci požáru se nejčastěji využívá kouřových detektorů, proto jsem i tento podrobil testu na kouřovou citlivost. V místnosti jsem kontrolovaně nechal doutnat zmačkané listy papíru. Při umístění senzoru těsně nad zdroj kouře se napětí vyšplhalo maximálně na 0,41 V. Poté co se napětí senzoru vrátilo na původní jsem do zakouřené místnosti opět vložil senzor, ten ale na rozprostřený kouř nereagoval, ačkoli se v místnosti téměř nedalo dýchat. Citlivost na kouř je tedy velmi slabá, nabízí se pro tento účel použít senzor MQ-2, který má citlivost vyšší. [42]

4.4 Software

Jak již bylo zmíněno dříve, programování probíhá v prostředí Arduino IDE, které v mnoha ohledech usnadňuje práci. Propojení Arduino IDE s deskou proběhne automaticky po připojení desky k počítači. O nahrávání našich programů, nazývaných sketch, do mikrokontroleru se stará program bootloader. Arduino IDE je založené na programovacích jazycích C a C++, hlavním rozdílem je to, že naše programy, nejsou uvnitř funkce main(), ale uvnitř funkcí setup() a loop(). Funkce setup() se zavolá jen jednou a to během spuštění programu, slouží proto například k inicializaci proměnných a použitých pinů. Funkce loop() tvoří hlavní tělo programu, v této funkci se dokola vykonávají naše příkazy, například měření dat ze senzorů.



Obr. č. 29: Vývojový diagram programu

Diagram na obr. č. 29 ukazuje princip mého programu. Jedná se o poměrně jednoduchý kód využívající především cykly a podmínky, celý kód je k dispozici v příloze. V úvodu programu se nachází náležitosti jako jsou inicializace proměnných nebo zahrnutí potřebné knihovny. Ve funkci setup() je příkaz pro zahájení komunikace s GSM modulem. Modulu můžeme posílat tzv. AT (Attention) příkazy. Jde o sadu příkazů s jejichž pomocí můžeme modul ovládat nebo od něj získávat informace, jako například síla signálu pomocí příkazu AT+CSQ, nebo název operátora SIM karty pomocí AT+COPS?. V kódu se nachází příkaz „AT“, díky kterému se modul nastaví na baud rate Arduina. [30 str. 30]

Následuje funkce `loop()`, na jejímž začátku se zkontroluje, jestli přišla nějaká data od GSM modulu, ta se do přečtení uchovávají v 64kB bufferu. Poté dojde k odečtení napětí na pinech připojených k napájení smyček, logická 1 znamená, že smyčka je aktivní a Arduino má od senzorů sbírat data.

Důležitou funkcionalitou je nastavení zpoždění detektoru pohybu, tak aby při aktivaci měl uživatel čas na opuštění hlídaného prostoru bez spuštění alarmu. Je-li smyčka aktivní, při každém zopakování funkce `loop()` se sníží hodnota proměnné, jejíž původní velikost odpovídala požadované době zpoždění. Alarm se spustí jen, pokud proměnná dosáhne nuly. Pokud smyčka aktivní není, tak se v každém zopakování hodnota proměnné nastaví na požadovanou. Toto řešení jsem využil i pro opačný problém, kdy se uživatel vrací do hlídaného prostoru a nechce spustit alarm. Při vytáčení GSM modulu, posílá modul po sériové lince zprávu „RING“. Stačí data přečíst z bufferu a nachází-li se tam zpráva „RING“, nastaví se proměnná odpočtu opět na původní hodnotu a uživatel tak má čas smyčku deaktivovat.

Následuje už jen vyhodnocení napěťových úrovní na výstupech senzorů. Pohybový senzor pracuje jen s digitálním výstupem, stačí tak jen nastavit podmínku pro spuštění poplachu, pokud je úroveň na logické 1. U senzoru plynu budu vycházet z naměřených hodnot, které ukazují že spolehlivá hranice pro spuštění poplachu by mohla být například 0,5 V. Leží totiž v intervalu mezi napětím měřeným na čerstvém vzduchu a napětím měřeným s malým množstvím LPG v okolí. Nastavení detektoru ohně je problematické kvůli okolním vlivům a může se lišit na různých místech. Z měření usuzuji, že při nastavení na úroveň detekce 3,5 V nebude docházet k falešným poplachům, pokud nebude senzor namířen na zdroj rušivého IR záření.

5 Dosažené výsledky a další možnosti Arduina

Pravděpodobně největším argumentem pro amatérskou výrobu zabezpečovacího systému je cena, případně potěšení z vlastní práce. V následujících řádcích a se pokusím srovnat ekonomickou stránku mnou navrženého systému a systému složeného z komponent od firmy Jablotron, výsledek je uveden v tab. č. 2. Pokusil jsem se ze sortimentu vybrat takové produkty, které by funkcemi nejvíce připomínali mnou navržený systém. Všechny součástky kromě GSM modulu jsem kupoval na e-shopu Drátek.cz, GSM modul vycházel mnohem levněji na e-shopu Hadex.cz. Do výpočtu ceny nezahrnul detektor ohně, ale nahradil jsem ho již zmiňovaným detektorem kouře MQ-2. Jednak kvůli neefektivitě IR detektoru, který požár detekuje až ve fázi hoření, tak z důvodu, že firma Jablotron podobný detektor nenabízí. Do ceny nejsou zahrnuty náklady na kabeláž, potřebná délka kabelů se v různých objektech liší, a liší se i samotné kabely. Sama společnost Jablotron uvádí, že se v praxi často využívají UTP (Unshielded Twisted Pair) síťové kabely [43], které díky kroucení lépe odolávají ztrátám a rušení, zkoušel jsem však i nekroucený trojžilový kabel o délce 15 m, který fungoval bez problémů. Dále v ceně nejsou zahrnuty náklady spojené s provozem, tedy placení SIM karet a spotřeba energie.

Tab. č. 2: Cenové srovnání mého systému a systému od společnosti Jablotron

Mnou navržený systém		Profesionální systém	
Komponenta	Cena [Kč]	Komponenta	Cena [Kč]
Ústředna (Arduino)*	1505	Ústředna JA-82K*	1922
Detektor kouře MQ-2	45	Detektor kouře FDR-26-S	997
Detektor plynů MQ-5	69	Detektor hořlavých plynů GS-133**	1303
Detektor pohybu RCWL-0516	37	PIR detektor pohybu JS-20 LARGO	660
GSM modul SIM800L**	186	GSM komunikátor JA-82Y	5445
Siréna	5	Piezoelektrická siréna SA-913TM	292
Náklady na výrobu DPS***	241		
Celkem	2088	Celkem	10620
*V ceně je zahrnuta baterie a její nabíječka		* V ceně je zahrnuta záložní baterie	
**V ceně jsou zahrnuty součástky potřebné pro chod: měnič napětí, kondenzátor, diody, převodník logických úrovní, rezistor		** V ceně je zahrnut napájecí zdroj	
***V ceně je zahrnuto: přepínač, svorky, kolíky, cuprexit, fixa pro výrobu DPS, leptací roztok			

Předložené komponenty od firmy Jablotron pochází z generace JA-80 OASIS, která byla představena v roce 2007, nicméně je pořád v prodeji. Všechny komponenty byly vybrány z autorizovaného obchodu Jabloshop.cz. Tato generace se svými možnostmi přibližuje mému řešení více, než nejnovější generace JABLOTRON 100+, jejíž funkce zdaleka přesahují funkce mého systému.

V uvedené tabulce vyniká řádový rozdíl v ceně jednotlivých detektorů, profesionální detektory stojí zhruba kolem 1000 Kč, mnou použité detektory stojí více než desetkrát méně. Budu-li uvažovat plné využití kapacity mého systému, tedy 6 detektorů, kde by ke každému z už použitých detektorů byl koupen druhý do páru cena by se zvýšila o méně než 10 %, u profesionálního řešení by tomu bylo zhruba o 30 %. Největší měrou se na ceně mého systému podílí napájení, které stálo 827 Kč, tedy téměř polovinu celkové ceny.

Možnost jak snížit náklady je pořízení kopie Arduina, například kopii modelu Nano lze pořídit od ceny přibližně 100 Kč, přičemž si dokonce nabízí větší analogových vstupů, konkrétně 8. Pro ještě větší množství vstupu a výstupů je tu model Mega, který nabízí 54 digitálních a 16 analogových pinů. Takové množství otevírá spoustu možností jak dále Arduino pro zabezpečení využít. Ke dveřím a oknům je možné nainstalovat jazýčkové magnetické kontakty, MW detektor pohybu například zkombinovat s PIR detektorem, záplavový senzor by zase mohl upozornit na únik vody. U vchodu do domu by mohla být umístěná jednoduchá kamerka, která se dá na webu Drátek.cz koupit za 97 Kč. Pro ukládání záznamu by bylo potřeba použít například modul na SD karty.

6 Závěr

Cílem práce bylo shrnout aktuální stav poznání na poli elektronické zabezpečovací techniky rodinných domů. Kromě vysvětlení základních principů funkce jednotlivých částí systému byl představen i moderní směr, kterým se zabezpečovací technika ubírá, a to sice integrace do chytré domácnosti, která kromě zabezpečení přináší i větší možnost komfortu a ulehčení pomocí automatizace a řízení domácnosti.

Dalším úkolem bylo pomocí platformy Arduino a dostupných senzorů vytvořit zabezpečovací systém do rodinného domu, který na hrozící nebezpečí upozorňuje SMS zprávou. Systém byl nejprve představen jako celek, následně jsem se věnoval výběru a návrhu zapojení jednotlivých komponent, schémata byla kreslena v otevřeném internetovém programu diagrams.net. Fyzický model byl zrealizován na DPS. Po jednotlivém proměření vlastností všech použitých senzorů byl v prostředí Arduino IDE napsán kód, který systém uvádí do chodu. Dále jsou shrnuty náklady na výrobu systému a ty jsou následně srovnány s náklady na profesionální systém od společnosti Jablotron. Nakonec jsou stručně nastíněny další možnosti zabezpečení pomocí tohoto systému, případně s použitím jiných modelů Arduino, které by umožnily připojit více periférií.

Úkol se povedlo splnit s jedinou výhradou, kterou je nepraktický detektor plamene. Pro detekci požáru by bylo lepší použít kouřový detektor. Ale protože je systém navržený modulárně, lze k němu připojit libovolné senzory nebo jiné periferie, které jsou s Arduinem kompatibilní.

7 Citovaná literatura

- [1] JABLOTRON. 8 tipů na vykradení domu od profesionálních zlodějů. Web Jablotron. [Online] 1. Červenec 2020. [Citace: 3. Březen 2021]. Dostupné z: <https://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/blog/chytre-tipy/8-tipu-na-vykradeni-domu-od-profesionalnich-zlodeju/>.
- [2] ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY. Elektronické zabezpečovací systémy. Web Elektronické systémy. [Online] [Citace: 3. Březen 2021]. Dostupné z: <https://www.elektronickesystemy.cz/clanek-eks.php>.
- [3] PASTOR, René, a další. Web Bezpečnostní systémy. [Online] 2010. [Citace: 5. Březen 2021]. Dostupné z: <http://studijni-materialy.sseas.cz/bezpecnostni-systemy/>.
- [4] CIBOCH, Vladimír. Projekt zabezpečení budovy logistického centra a perimetru. [Online] 2. Květen 2016. [Citace: 5. Březen 2021]. Dostupné z: <http://digilib.k.utb.cz/handle/10563/38248>.
- [5] Jablotron. Ovládací prvky. [Online] 2021. [Citace: 8. Leden 2021]. Dostupné z: <https://www.jablotron.com/cz/katalog-produktu/alarmy/jablotron-100/ovladaci-prvky/>.
- [6] PAVLÍNEK, Radek. Bezkontaktní detektory rozbití skla. [Online] 24. Únor 2012. [Citace: 5. Březen 2021]. Dostupné z: <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/23248>.
- [7] HONZÍK, Petr. Jak funguje pohybový detektor. Zabezpečovací zařízení. [Online] 5. Květen 2015. [Citace: 5. Březen 2021]. Dostupné z: <https://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/pohybove-detektory/jak-funguje-pohybovy-detektor-%5Bb058%5D>.
- [8] ALARM GRID. Pet Friendly Motion Detecting Sensors. Web Alarm Grid. [Online] 3. Březen 2021. [Citace: 5. Březen 2021]. Dostupné z: <https://www.alarmgrid.com/browse/pet-friendly-motion-detectors>.
- [9] JABLOTRON. JI-112C IP kamera vnitřní/venkovní 2MP - BULLET. Web Jablotron. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.jablotron.com/cz/produkt/ip-kamera-vnitri-venkovni-2mp-bullet-778/>.
- [10] POPELKOVÁ, Marie. Domovní alarmy jsou čím dál více v oblibě. Podle čeho vybrat ten nejlepší? Web inStory. [Online]. Dostupné z: 16. Prosinec 2018. [Citace: 15. Květen 2021] <https://hobby.instory.cz/2911-domovni-alarmy-jsou-cim-dal-vice-v-oblibe-podle-ceho-vybrat-ten-nejlepsi.html>.
- [11] WIKIPEDIE. Pult centralizované ochrany. Web Wikipedie. [Online] [Citace: 5. Květen 2021] https://cs.wikipedia.org/wiki/Pult_centralizovan%C3%A9_ochrany.
- [12] POŽÁRY.CZ. Hasičská abeceda 2. Web Požáry.cz. [Online] 8. Zář 2002. [Citace: 4. Březen 2021]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/205-hasicska-abeceda-2/>.

- [13] HONZÍK, Petr. Jak funguje kouřovu požární hlásič. Web Zabezpečovací zařízení. [Online] 10. Červen 2015. [Citace: 5. Březen 2021].
Dostupné z: <https://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/pozarni-detektory/jak-funguje-kourov-y-pozarni-hlasic-%5Bb062%5D>.
- [14] HONZÍK, Petr. Jak funguje plynový požární hlásič. Web Zabezpečovací zařízení. [Online] 25. Květen 2015. [Citace: 5. Březen 2021]. Dostupné z:
<https://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/bezpecnost-majetku/pozarni-bezpecnost-pozarni-hlasic/jak-funguje-plynovy-pozarni-hlasic-%5Bb061%5D>.
- [15] CHROMSERVIS. Detekce a analýza plynů / Měřící principy. Web Chromservis. [Online] [Citace: 5. Březen 2021]. Dostupné z: <https://www.chromservis.eu/g/gas-principles?lang=CZ>.
- [16] WIKIPEDIE. [Online] [Citace: 5. Březen 2021]. Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C5%BE%C3%A1rn%C3%AD_hl%C3%A1si%C4%8D.
- [17] BRUSH, A.J., a další. Home Automation in the Wild: Challenges and Opportunities. Web Microsoft. [Online] Květen 2011. [Citace: 11. Květen 2021].
Dostupné z: <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/home-automation-in-the-wild-challenges-and-opportunities/>.
- [18] BAUER, Harald, PATEL, Mark a Jan, VEIRA. Internet of Things: Opportunities and challenges for semiconductor companies. Web McKinsey & Company. [Online] Říjen 2015. [Citace: 11. Květen 2021]. Dostupné z:
<https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/internet-of-things-opportunities-and-challenges-for-semiconductor-companies#>.
- [19] LOXONE ELECTRONICS. Chytrý dům nebo byt s Loxone. Web Loxone Electronics. [Online] [Citace: 5. Březen 2021]. Dostupné z:
<https://www.loxone.com/cscz/chytry-dum/>.
- [20] ARDUINO. ARDUINO UNO REV3. Web Arduino. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>.
- [21] MICROCHIP TECHNOLOGY INC. megaAVR® Data Sheet. [Online] 2018. [Citace: 5. Květen 2021]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>.
- [22] PEÑA, Eric a LEGASPI, Mary Grace. UART: A Hardware Communication Protocol Understanding Universal Asynchronous Receiver/Transmitter. Web Analog Dialogue. [Online] Prosinec 2020. [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z:
<https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/uart-a-hardware-communication-protocol.html>.
- [23] HANWEI ELECTRONICS. MQ-5 Datasheet PDF. Web DatasheetsPDF. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://datasheetspdf.com/datasheet/MQ-5.html>.

- [24] COMPONENTS101. Introduction to Gas Sensors: Construction Types and Working. Web Components101. [Online] 3. Červen 2019. [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://components101.com/articles/introduction-to-gas-sensors-types-working-and-applications>.
- [25] SUNROM ELECTRONICS. YG1006 Technical Data Sheet. Web Sunrom Electronics. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.sunrom.com/p/flame-sensor-5mm-ir-diode-yg1006>.
- [26] COMPONENTS101. RCWL0516 Microwave Distance Sensor Module. Web Components101. [Online] 22. Leden 2021. [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://components101.com/sensors/rcwl0516-microwave-distance-sensor-module-datasheet-pinout-features-working>.
- [27] POOLE, Ian. Connectivity: Wireless & Wired. Web Electronics Notes. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/>.
- [28] CUI DEVICES. PRODUCT SPOTLIGHT: PIEZO AND MAGNETIC BUZZERS. Web CUI Devices. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.cuidevices.com/product-spotlight/piezo-and-magnetic-buzzers>.
- [29] MULTICOMP PRO. MCKPX-G1203UB-K4065 Datasheet. Web Farnell. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://cz.farnell.com/multicomp/mckpx-g1203ub-k4065/magnetic-buzzertransducer/dp/1756568>.
- [30] SIMCOM. SIM800L Hardware Design. [Online] 20. Srpen 2013. [Citace: 5. Květen 2021]. Dostupné z: https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf.
- [31] DRÁTEK. Mini Step Down Buck napájecí modul 3A DC 5-23 na DC 1-17. Web Drátek. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/3133-mini-step-down-buck-napajeci-modul-3a-dc-5-23-na-dc-1-17.html>.
- [32] COMCHIP. CGRA4001-G Datasheet. Web Mouser Electronics. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://cz.mouser.com/ProductDetail/Comchip-Technology/CGRA4001-G?qs=tw%252BuQ%2FB6PO2vFSokWJb6eg%3D%3D>.
- [33] ARDUGEEK ELECTRONICS. Smallest SIM800L 4.2V 2.8V Mini GPRS GSM Module. Web Ardugeek Electronics. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.ardugeek-electronics.com/PRD-48>.
- [34] LÁSKARDUINO. GPRS GSM Module SIM800L microSIM, Quad-band, TTL. Web Láskarduino. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: https://www.laskarduino.cz/miniaturni-sim800l-gprs-gsm-module--microsim--quad-band--ttl/?gclid=Cj0KCQjw4v2EBhCtARIsACan3nxNQLdnFfOVu-OP1uAliXMX8ViWFp4YQ1eJeL5tTnDmK15-4W8YLeYaArm6EALw_wcB.

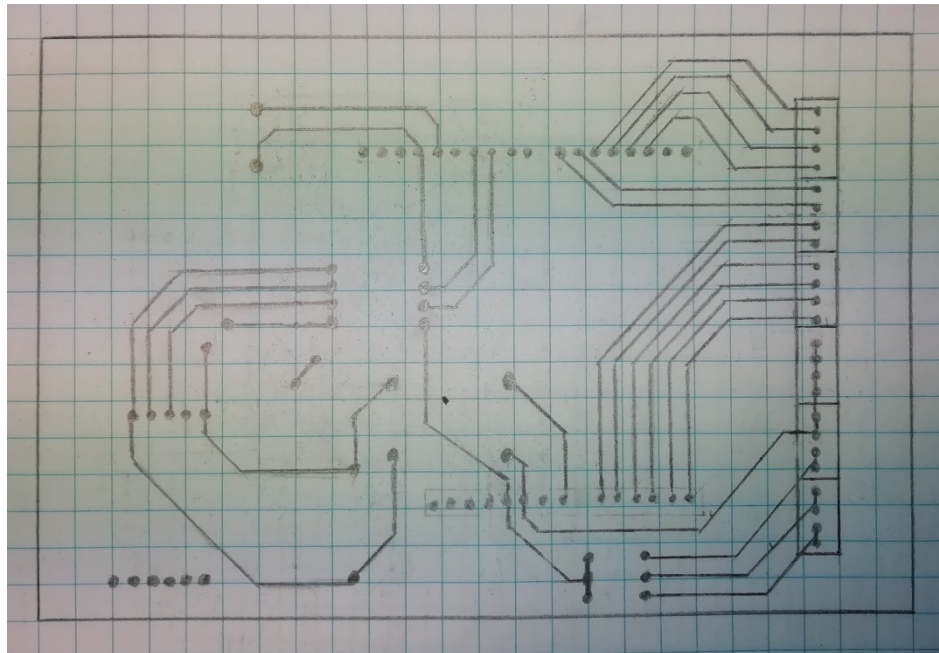
- [35] LAST MINUTE ENGINEERS. Web Last Minute Engineers. Send Receive SMS & Call with SIM800L GSM Module & Arduino. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://lastminuteengineers.com/sim800l-gsm-module-arduino-tutorial/>.
- [36] SPARKFUN. Bi-Directional Logic Level Converter Hookup Guide. Web Sparkfun. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/bi-directional-logic-level-converter-hookup-guide/all>.
- [37] SCHUTTE, Herman. Bi-directional level shifter for I²C-bus and other systems. [Online] 1997. [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <http://cdn.sparkfun.com/tutorialimages/BD-LogicLevelConverter/an97055.pdf>.
- [38] JABLOTRON. Jablotron Bezpečnostní centrum. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostnicentrum.cz/cs/strezeni-objektu/ceny>.
- [39] OK HOME. SIM karta pro alarm. Web Domáci alarm. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.domacialarm.cz/sim-karta-pro-alarm.html>.
- [40] ČEZ. Web Skupina ČEZ. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/mobil#pro-kazdeho>.
- [41] ČEZ. Všeobecné podmínky pro poskytování služeb elektronických komunikací společností ČEZ Prodej, A. S. [Online] 1. Leden 2021. [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/2020/12/cezmobil-vp.pdf>.
- [42] HANWEI ELECTRONICS. MQ-2 Sensor Datasheet. Web DatasheetsPDF. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://datasheetspdf.com/pdf/622943/Hanwei/MQ-2/1>.
- [43] TELMO. Kabel UTP 4x2 cat. 5e. Web Jabloshop. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.jabloshop.cz/kabel-utp-4x2-cat-5e>.
- [44] HUJER, Lukáš. Zabezpečovací systém pro školící účely. 2016. [Online] [Citace: 21. Květen 2021]. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/handle/11025/23190>
- [45] HOŠEK, Zdeněk. [Online] 5. Prosinec 2007. [Citace: 5. Březen 2021]. Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/www/wald/Pozarni_odolnost/e-text/technici/6/6-5_Zarizeni_EPS.pdf.
- [46] ALCAM PROFI. Perimetrická ochrana objektů. Web ALCAM PROFI. [Online] [Citace: 5. Březen 2021]. Dostupné z: <http://www.alcamprofi.cz/perimetricka-ochrana-objektu.html>.
- [47] ABBAS. MIKROVLNNÉ (MW) SYSTÉMY. Web PERIMETRIE. [Online] [Citace: 5. Březen 2021]. Dostupné z: <http://www.perimetrie.cz/produkty/mw-mikrovlne-systemy/>.
- [48] LANG, Sidney. Pyroelectricity: From Ancient Curiosity to Modern Imaging Tool. Web Physics Today. [Online] 1. Srpen 2005. [Citace: 5. Březen 2021]. Dostupné z: <https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/1.2062916>.

- [49] JABLOTRON. [Online] [Citace: 11. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.jablotron.com/cz/katalog-produktu/>.
- [50] AMAZON. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.amazon.co.uk/Module-Sensor-yg1006-IR-Adjustable-Arduino/dp/B07CK2XXZ6>.
- [51] HAREENDRAN, T. K. How To Play with SIM800L: Part 1. web Electro Schematics. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.electroschematics.com/introducingsim800l/>.
- [52] UNIQHOM. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://uniqhome.co.uk/service/smart-home-automation/>.
- [53] TINYTRONICS. [Online] [Citace: 15. Květen 2021]. Dostupné z: <https://www.tinytronics.nl/shop/en/dc-dc-converters/i2c-uart-bi-directional-logic-level-converter-5v-3.3v-2-channel-with-supply>.

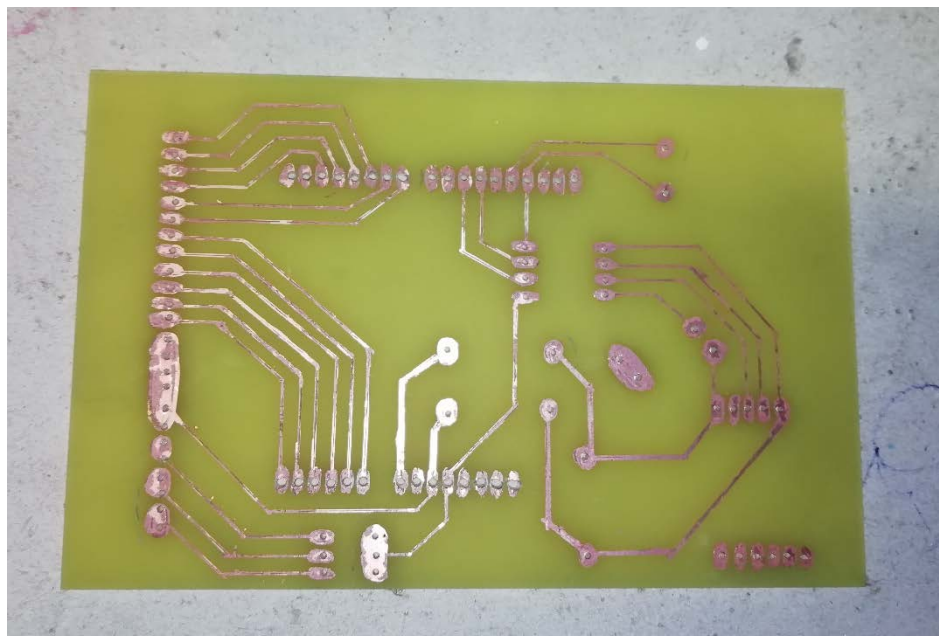
Přílohy



Obr. č. 30: Ilustrace možností chytré domácnosti od firmy Loxone [52]



Obr. č. 31: Návrh DPS



Obr. č. 32: Vyleptaná DPS

Softwarový kód

```
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial GSMserial(11, 10); //komunikace s GSM modulem na pinech 10
a 11

//pojmenovani pinu pro lepsi orientaci
#define D_POHYB 2
#define A_PLYN A0
#define A_OHEN A1
#define SMYCKA1 8
#define SMYCKA2 9
#define SMYCKA3 12
#define SIRENA 13

//promenne pro detekci aktivnich smycek
boolean smycka1;
boolean smycka2;
boolean smycka3;

//vystupy senzoru
boolean d_pohyb;
int a_ohen;
int a_plyn;

const int ODPOCET = 60; //nastaveni zpozdeni v sekundach
int odpocet = ODPOCET; //promenna pro odpocet zpozdeni
char prichozi_byte = 0; //promenna obsahujici prichozi byte od GSM modulu

void setup() {

    GSMserial.begin(9600); //inicializace komunikace s GSM modulem,
baudrate = 9600

    //nastaveni vstupnich a vystupnich pinu
    pinMode(D_POHYB, INPUT);
    pinMode(A_OHEN, INPUT);
    pinMode(A_PLYN, INPUT);
    pinMode(SMYCKA1, INPUT);
    pinMode(SMYCKA2, INPUT);
    pinMode(SMYCKA3, INPUT);
    pinMode(SIRENA, OUTPUT);
    delay(1000);
    GSMserial.println("AT"); //po prikazu se synchronizuje GSM modul na
baudrate Arduina

    delay(1000);
}

void loop() {
    updateSerial(); //funkce cte a vyhodnocuje data z GSM modulu

    //zmereni napajeni smycek
    smycka1 = digitalRead(SMYCKA1);
    smycka2 = digitalRead(SMYCKA2);
```

```

smycka3 = digitalRead(SMYCKA3);

if (smycka1 == HIGH) { // je-li smycka 1 aktivni, spust odpocet a cti
data ze senzoru

    if (odpocet > 0) {
        odpocet--;
    }
    d_pohyb = digitalRead(D_POHYB);
    if (d_pohyb == HIGH && odpocet == 0) { //pokud je odpocet na 0 a
zaznamenan pohyb, spust poplach

        sms();
        sirena();
    }
}
else {
    odpocet = ODPOCET; //neni-li smycka 1 aktivni odpocet se rovna
nastavené hodnotě
}

if (smycka2 == HIGH) { //stejny princip jako predesla smycka
a_plyn = analogRead(A_PLYN);
a_ohen = analogRead(A_OHEN);

    if (a_plyn > 200) {
        sms();
        sirena();
    }

    if (a_ohen < 800) {
        sms();
        sirena();
    }
}
}

void updateSerial() {
    delay(1000);
    while (GSMserial.available()) { //jsou-li v bufferu data, nacti je do
promenne

        prichozi_byte = GSMserial.read();
        if (prichozi_byte == 82) { //byty jsou psany hexadecimalne, 82
odpovida pismenu R => modul odesila zpravu RING

            odpocet = ODPOCET;
        }
    }
}
}

```

```

void sms() { //funkce pro odeslani poplachove SMS
  GSMserial.println("AT+CMGF=1"); //nastaveni formatu odesilanych dat na
text (implicitne PDU)

  delay(1000);
  GSMserial.println("AT+CMGS=\"+420*****\""); //telefonni cislo, na
ktere ma zprava prijít

  delay(1000);
  GSMserial.print("poplach"); //text zpravy
  delay(1000);
  GSMserial.write(26); //symbol v hex, ukoncuje zpravu
  odpocet = ODPocET;
}

void sirena() { //funkce spoustející sirenu
  for (int i = 10; i > 0; i--) {
    digitalWrite(SIRENA, HIGH);
    delay(300);
    digitalWrite(SIRENA, LOW);
    delay(100);
    digitalWrite(SIRENA, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(SIRENA, LOW);
    delay(100);
  }
}

```