

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE



Fakulta elektrotechnická
Katedra mikroelektroniky

Intelligentní dům – elektronické zabezpečení
Smart house – electronic security

Bakalářská práce

Studijní program: Elektronika a komunikace

Autor práce: Martin Švarc

Vedoucí práce: prof. Ing. Miroslav Husák CSc.

Praha 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Švarc** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **491838**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra mikroelektroniky**
Studijní program: **Elektronika a komunikace**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Inteligentní dům - elektronické zabezpečení

Název bakalářské práce anglicky:

CVUT-CZ-ZBP-2015.1

Smart House - Electronic Security

© CVUT v Praze, Design: CVUT v Praze, VIC

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte analýzu současného stavu řešení elektronických zabezpečovacích systémů (EZS) u inteligentních domů, zaměřte se na rodinný dům (ochrana před nepovoleným vniknutím, požární ochrana, okna, dveře, pozemek). Do analýzy též zahrňte způsob vyhodnocování narušení, např. s využitím mobilního telefonu, internetu apod.
2. Navrhněte hardware model EZS rodinného domu proti vniknutí, s ochranou proti požáru. Do návrhu zakomponujte přenos EZS dat do vyhodnocovací jednotky, zvolte vhodný typ komunikačního standardu. K řízení navrženého systému použijte vhodný typ řídicí jednotky.
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: **01.02.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2023**

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

„Čestně 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 v této části vyjádřil poděkování Ing. Miroslavu Husákovi CSc. za jeho čas a odbornou komunikaci ohledně úprav při vedení mé bakalářské práce.

Abstrakt

V práci je popsána funkce profesionálních komerčních elektronických zabezpečovacích systémů rodinných domů a jejich jednotlivých komponentů. Dále je v práci popsána realizace elektronického zabezpečovacího systému pomocí běžně dostupných komponentů s použitím GSM GPRS modulu, vývojové desky Nucleo a s funkcí posílání dat na server Thingspeak. Vlastnosti použitých detektorů byly proměřeny a vysvětleny. Nakonec se práce zabývá možností komerčního použití daného systému.

Klíčová slova

Elektronický zabezpečovací systém, ústředna, internet věcí, detektor, poplach, návrh, rodinný dům, nucleo

Abstract

This document describes the function of professional commercial electronic security systems for family housing and their components. Next a realization of an electronic security system with commonly available components with the use of a GSM GPRS module and a Nucleo development board with the function of sending data to the Thingspeak server is described. Properties of the used detectors were measured and explained. Lastly, the document focuses on the suitability of this system for a commercial use.

Key words

Electronic security system, switchboard, internet of things, detector, alarm, design, family housing, nucleo

Obsah

1	Úvod	15
2	Elektronický zabezpečovací systém (EZS)	16
3	Ústředny	17
3.1	Typy komunikací ústředen	18
3.2	Ovládací zařízení	19
3.3	Výstupní zařízení	20
4	Senzory	21
4.1	Pohybové detektory	21
4.2	Detektory rozbití skla	23
4.3	Vibrační a drátové detektory	24
4.4	Magnetické kontakty	24
4.5	Požární detektory	25
5	Návrh systému a výběr komponent	27
5.1	Řídicí jednotka Nucleo	28
5.2	Výstupní zařízení	29
5.2.1	Siréna	29
5.2.2	GSM GPRS modul	30
5.3	Detektory	31
6	Realizace systému	34
6.1	Hardware	34
6.2	Software	36
7	Dosažené výsledky	38
7.1	Parametry systému	38
7.2	Parametry senzorů	39
7.3	IoT možnosti	41
8	Ekonomický rozbor	42
9	Závěr	44

Seznam obrázků

Obrázek 1: Ukázka ústředny (JA-82K, společnost Jablotron) [3]	17
Obrázek 2: JA-82Y Komunikátor GSM [3]	18
Obrázek 3: JA-192J-Y RFID čip [6]	19
Obrázek 4: JA-110E Sběrníková klávesnice [6]	19
Obrázek 5: BELL-TEC SIREN/F Siréna s blikáčem [6]	20
Obrázek 6: JA-110A II [3] Sběrníková vnitřní zálohovaná siréna	20
Obrázek 7: JA-180W [3] Bezdrátový kombinovaný detektor PIR + MW	22
Obrázek 8: JA-158P [3] Bezdrátový PIR detektor venkovní	22
Obrázek 9: RADION glassbreak [10] Bezdrátový akustický detektor tříštění skla	23
Obrázek 10: JA-185B [3] Bezdrátový detektor rozbití skla	23
Obrázek 11: JA-183M [3] Bezdrátový magnetický detektor	24
Obrázek 12: ALARMTECH MC 240 [12] Univerzální magnetický kontakt	25
Obrázek 13: JA-111ST-A [3] Sběrníkový kombinovaný optický detektor kouře a teplot	25
Obrázek 14: JA-151TH [3] Bezdrátový detektor teploty	26
Obrázek 15: Blokové schéma EZS	27
Obrázek 16: Pracovní schéma NUCLEO F401RE [15]	28
Obrázek 17: Princip funkce elektromagnetického akustického bzučáku [21]	29
Obrázek 18: Blokové schéma GSM GPRS modulu [24]	30
Obrázek 19: SIM800L GSM GPRS modul [26]	31
Obrázek 20: PIR detektor HC-SR505 [27]	31
Obrázek 21: Jazyčkový magnetický kontakt [29]	32
Obrázek 22: Infračervený detektor plamene [31]	32
Obrázek 23: Kouřový detektor [36]	33
Obrázek 24: Plynový detektor [37]	33
Obrázek 25: Schema zapojení ústředny	34
Obrázek 26: Funkční diagram programu	36
Obrázek 27: Zapojená ústředna se senzory	38
Obrázek 28: Diagram funkční mapy PIR detektoru	39
Obrázek 29: Záznam spuštěných detektorů	41
Obrázek 30: Záznam napětí na analogovém výstupu z plynového detektoru	41
Obrázek 31: Záznam napětí na analogovém výstupu z kouřového detektoru	41
Obrázek 32: Legenda schematických značek	50
Obrázek 33: Příklad rozvržení EZS, první podlaží	50
Obrázek 34: Příklad rozvržení EZS, druhé podlaží	51

Seznam tabulek

Tabulka 1: Napěťové hodnoty pro UART [24]	30
Tabulka 2: Odběr jednotlivých komponentů systému napájené řídicí jednotkou	38
Tabulka 3: Celkové náklady EZS	42

Seznam zkratek a symbolů

GSM	Global system for mobile communication
GPRS	General packet radio services
EZS	Elektronický zabezpečovací systém
PCO	Pult centrální ochrany
RFID	Radio frequency identification
PIR	Passive infrared
ARM	Advanced RISC machines
RISC	Reduced Instruction Set Computer
RAM	Random access memory
MCU	Microcontroller unit
TTL	Transistor to transistor logic
UART	Universal asynchronous receiver-transmitter
LED	Light-emitting diode
LPG	Liquefied Petroleum Gas
API	Application programming interface
IoT	Internet of Things
V	Volt
A	Ampér
Ω	Ohm
Ah	Ampér-hodina

1 Úvod

Elektronický zabezpečovací systém chrání konkrétní objekt vůči hrozbám s pomocí detektorů, ústředny a výstupních signalizačních zařízení. Dnes je dostupných mnoho levných alternativ, které se dají využít místo komerčního řešení jako je např. Jablotron. Je ale nutné s těmito komponenty zajistit naprostou spolehlivost, bez které by systém byl k ničemu. Ke komunikaci s vlastníkem elektronické zabezpečovacího systému se často využívá mobilní komunikace, která je dnes dostupná všude. Navíc se vyvíjí aplikace, pomocí kterých se systém dá dálkově ovládat a ukládat jeho informace. V práci je popsán návrh a sestavení modelu elektronického zabezpečovacího systému schopného komunikovat přes GSM síť s vlastníkem a ukládání dat na internetový server Thingspeak pomocí GPRS sítě.

2 Elektronický zabezpečovací systém (EZS)

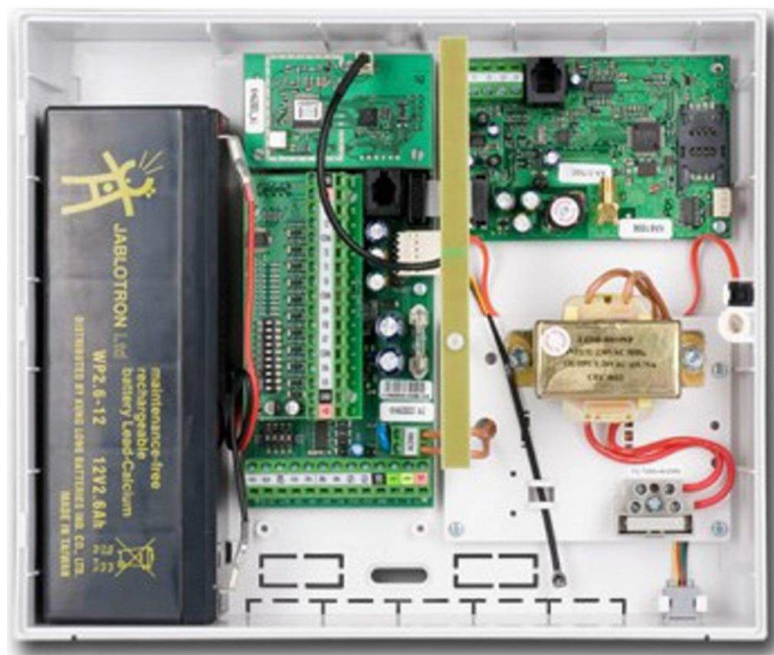
Elektronické zabezpečovací systémy jsou souborem technických a organizačních opatření, které chrání určitý objekt před hrozbami vniknutí nepovolaných osob, požáru a jiných typů. [1] Oproti klasické ochraně daného objektu (zámky, oplocení) EZS nabízí spolehlivou reakci na detekovanou hrozbu sirénou, komunikací vlastníkovi na mobilní telefon (SMS nebo přes internet), nebo na PCO (pult centrální ochrany), který spolupracuje s policií hasiči a záchrannou službou. [2]

EZS detekuje hrozbu pomocí snímačů rozmístěných po celém objektu, které posílají data do ústředny, kde se tato data vyhodnotí a případně se spustí poplach. Na ústřednu navíc bývají připojeny vstupní zařízení, pomocí kterých se může celý systém ovládat, a výstupní zařízení spouštěné při poplachu.

Jednou z důležitých vlastností EZS je možnost zapínat a vypínat různé sledovací části dle potřeby. To umožňuje vybraným osobám se pohybovat po sledovaném prostoru bez spouštění poplachu. [3] Navíc je důležité používat snímače, které vydrží podmínky, kterým jsou vystaveny. Tyhle podmínky jsou určeny konkrétními normami např. ČSN EN 50131. [2]

3 Ústředny

Ústředna je vyhodnocovací zařízení, které přijímá a vyhodnocuje informace od připojených snímačů a ovládá výstupní zařízení, které signalizují narušení. Zároveň pomocí ovládacího zařízení může uživatel přepnout mezi režimy ústředny (většinou klidový a střežící stav). Ústředna také zabezpečuje diagnostiku celého EZS a obvykle zaznamenává detekované události. [2]



Obrázek 1: Ukázka ústředny (JA-82K, společnost Jablotron) [3]

Napájení ústředny je ze síťového napětí pomocí oddělovacího transformátoru sníženo na potřebnou hodnotu, usměrněno a stabilizováno. Ústředna zároveň obsahuje náhradní zdroj ve formě akumulátoru, aby v případě výpadku elektrické energie EZS mohl fungovat. [2]

Na ústředně zpravidla bývá několik konektorů pro různé účely. LAN pro připojení k internetu, USB konektory, držák pro microSD kartu, konektory k připojení dodatkových modulů, konektory sabotážních spínačů. [4]

V některých situacích je důležitý včasný kontakt nejen vlastníka chráněného objektu, ale i záchranných služeb. Zejména při detekci požáru se musí co nejdříve kontaktovat hasiči, aby se požár nerozšířil. Proto bývá součástí ústředny samostatný modul, komunikátor, který je schopen autonomně zavolat nebo poslat zprávu přes telefonní síť. [5] Při zahrnutí ochrany vůči požáru do EZS musí být tento systém schopen rozlišit mezi detekcí požáru a hrozbou vniknutí do objektu, správně signalizovat a kontaktovat vhodné osoby.



Obrázek 2: JA-82Y Komunikátor GSM [3]

3.1 Typy komunikací ústředn

Smyčková ústředna rozděljuje EZS do několika poplachových smyček. S několika snímači a vlastním vyhodnocovacím obvodem je smyčka vždy zakončena odporem s předepsanou hodnotou (typicky jednotky $k\Omega$). Když se odpor smyčky změní (spuštění nebo pokus o narušení snímače), vyhlásí se poplach. Toto provedení má poměrně velké nároky na kabeláž. [5]

Ústředna s přímou adresací snímačů využívá datovou sběrnici pro komunikaci mezi ústřednou a snímači. Senzor má vždy vlastní komunikační modul a periodicky vygenerovanou adresu od ústředny, která přijímá jeho odezvu. Datová sběrnice neumožňuje využití dodatkových funkcí senzorů (signalizace překrytí, paměť atd.) [5]

Tyto dva typy se kombinují v ústřednách smíšeného typu. Po datové sběrnici je ústředna připojena k tzv. koncentrátorům, k nimž je připojena smyčka zakončena odporem. Vyhodnocovací logika pro jednotlivé smyčky může být už v koncentrátorech nebo pořád v ústředně. [5]

V bezdrátovém provedení může ústředna se senzory komunikovat buď jednosměrně (ústředna přijímá vysílaný signál ze senzoru) nebo obousměrně. Obousměrný přenos umožňuje automatické vyhledání a připojení na nejméně rušené kmitočtové kanály. Zároveň senzor nebude vysílat zbytečné informace, když je ve sledovaném prostoru ústřednou umožněný pohyb, a tím pádem šetřit baterii senzoru. Hodnota napětí na baterii musí vždy být kontrolována ústřednou. Adresa senzoru bývá 4-bitová a přenášená informace nejčastěji 8-bitová. [5]

Ve skutečných ústřednách se nejčastěji vyskytuje určitý počet drátových i bezdrátových kontaktů a využívá se výhod obou možností.

3.2 Ovládací zařízení

Přístupovým modulem (klávesnice, display, přístupová karta nebo čip) se EZS přepíná do klidového, střežícího a případně do režimu plášťové ochrany, kde hlídá jen určitá skupina detektorů. Dále mohou umožňovat resetování poplachu, testování funkce snímačů apod. [2]

Také se dá využít dálkových ovladačů nebo RFID (radio frequency identification) a NFC (near field communication) čipů a karet k ovládnání jak celého systému, tak i jeho částí. Mohou přepínat blokovací zámky, které slouží jako druhotná ochrana vstupních dveří, poplachové zařízení atd.



Obrázek 3: JA-192J-Y RFID čip [6]



Obrázek 4: JA-110E Sběrníková klávesnice [6]

3.3 Výstupní zařízení

Hlavním výstupem ústředny je zařízení pro signalizaci sabotáže, vniknutí či jiné hrozby. Upozornění může být realizováno sirénou, světelnými majáky nebo přímou komunikací s vlastníkem objektu, případně obsluhou. [2]

Signalizace se spustí při aktivaci senzoru, přerušení kabelu, odstranění krytu nebo sejmutí senzoru ze zdi. Funkce sirény je kromě upozornění zároveň psychologická a může šokovat pachatele. [5]



Obrázek 5: BELL-TEC SIREN/F Siréna s blikáčem [6]



Obrázek 6: JA-110A II [3] Sběrníková vnitřní zálohovaná siréna

4 Senzory

K detekci hrozby se používá mnoho typů senzorů. Typicky se využívají prostorové detektory pohybu v kombinaci s plášťovými (povrchovými) senzory ke sledování celého objektu. Při zahrnutí požární ochrany se využijí požární detektory.

Zpravidla se pro jeden typ detekce používá více typů provedení s vlastními výhodami a nevýhodami. Proto se různá provedení snímačů kombinují do jednoho detektoru. Zároveň se také kombinují různé druhy senzorů, které se umísťují funkčně stejným způsobem, pro ušetření na provedení.

Senzory musí být voleny podle použitého typu ústředny a jsou typicky dostupné v bezdrátovém i drátovém provedení. Jejich dodatkové funkce nelze využít s ústřednou s přímou adresací snímačů.

4.1 Pohybové detektory

PIR (Passive infrared) detektor pohybu snímá infračervené záření v určité oblasti, kterou sleduje více než jedním pyroelektrickým senzorem. Jednotlivé senzory měří zvlášť teplotu a vyhodnocují rozdílné hodnoty. Pokud dojde k rozdílu teploty mezi senzory o teplotě lidského těla, je detekován pohyb. Tím pádem detektor není schopen rozeznat stojící osoby a může mít potíže rozeznat pohyb směrem k detektoru. [7]

Mikrovlnný detektor pohybu aktivně vysílá mikrovlny do snímaného prostoru v řádech jednotek GHz. Na principu Dopplerova jevu (1) potom přijímá odraz z vysílaného signálu a měří jeho frekvenci. Pokud se frekvence přijímaného signálu liší od vysílaného, znamená to, že objekt, který signál odrazil, se pohybuje směrem od nebo k detektoru. [8]

$$f = f_0(c/(c + v)) \quad (1)$$

(f - frekvence přijímaného signálu [Hz] f_0 - původní frekvence signálu [Hz], c - rychlost světla [$m \cdot s^{-1}$], v - rychlost pohybu snímaného objektu orientovaná směrem od detektoru [$m \cdot s^{-1}$]).

Mikrovlnné záření prochází průhlednými materiály např. sklem, proto se mikrovlnné detektory v určitých situacích musí rozmístit jinak než PIR detektory.



Obrázek 7: JA-180W [3] Bezdrátový kombinovaný detektor PIR + MW



Obrázek 8: JA-158P [3] Bezdrátový PIR detektor venkovní

Za zmínku stojí i ultrazvukový detektor, který funguje na stejném principu jako mikrovlnný. Místo s elektromagnetickým vlněním pracuje s ultrazvukovými vlnami, takže má jiné vlastnosti šíření skrze materiály. Mikrovlnné detektory mají větší spotřebu (často se cyklicky zapínají) a ultrazvuk může plašit domácí zvířata.

Tyto dva typy detektorů se navzájem dobře doplňují, a proto se používají duální detektory kombinující PIR a mikrovlnný/ultrazvukový detektor. [8]

Detektor může vyhodnotit neškodnou událost (domácí zvířata, závan teplého vzduchu u PIR, rozhoupání snímaného předmětu vlivem větru u mikrovlnného) jako pohyb osoby. Počet falešných poplachů se dá snížit mnoha způsoby. Zvolením správné čočky PIR detektoru můžeme lépe přizpůsobit detektor k danému místu. Můžeme také použít tzv. křížovou detekci, kde budeme vyhodnocovat jen reakci 2 a více detektorů. Často se používají dva PIR detektory umístěné nad sebou k eliminaci pohybu menších živočichů. [9]

4.2 Detektory rozbití skla

Skleněné povrchy vysílají při roztržení charakteristickou vysokofrekvenční zvukovou vlnu podobající se zvonku. Při nárazu, který sklo nerozbije, se generuje nízkofrekvenční flexní vlna, prohýbáním samotného skla. S detekcí nárazu pracují dva typy snímačů, které se dle potřeby kombinují do jednoho provedení. [10]

Kontaktní snímače jsou pevně propojeny se sledovaným skleněným povrchem. Tím pádem mohou detekovat jak vysokofrekvenční vlnu při roztržení skla, tak i flexní vlnu při nárazu. Pevné spojení znamená, že se senzor používá na statické skleněné povrchy a jeden senzor pracuje s jednou skleněnou plochou. [10]

Detekování akustické vlny v akustickém typu senzoru se detekuje mikrofonem a propustí se filtrem pásmovou propustí, aby se eliminovaly zvuky s jinou frekvencí. Senzor se umístí naproti sledované skleněné ploše. Zde je třeba zohlednit zvukové zdroje s charakterem podobným zvonkům, aby se nevyskytovaly četné falešné poplachu. [11] Detektor zároveň může analyzovat změnu tlaku vzduchu při rozbití okna. [3]



Obrázek 9: RADION glassbreak [10] Bezdrátový akustický detektor tříštění skla



Obrázek 10: JA-185B [3] Bezdrátový detektor rozbití skla

Skřípění brzd vyvolané silným dopravním ruchem, kontejner na sklo, drobná zvěř v objektu a další zdroje zvuku mohou aktivovat snímač. Kvalitní těsnění oken je nejlepším způsobem, jak tento problém zmírnit. [11]

Uživatel musí obzvlášť brát v potaz správnou montáž a nastavení detektoru. Detektor má určenou maximální a minimální vzdálenost od skla a to ještě mohou měnit závěsy nebo záclony tlumením zvuku za nimi.

4.3 Vibrační a drátové detektory

Vibrační detektor je velmi citlivý a mechanickou vibraci pomocí elektromechanického měniče zpracuje a vyhodnotí vhodné kmitočty v poměrně velké šířce pásma. Užitečné jsou v přístupových místech do objektu, kde by se vniknutím generovala určitá mechanická vibrace. Mohou se umísťovat na rámy dveří a oken, případně k ochraně trezorů. [11]

Drátový detektor využívá jemná ocelová lanka, která při minimálním mechanickém napětí zatáhnou za spínač. Tento typ detektoru se využívá v místech, kde z určitého důvodu nemůže být umístěna pevná zábrana. (Ventilace, prostupy pro přípojku vody, plynu elektřiny apod.) Obtížnost montáže a nutnost kontroly lanek může být často důvodem, proč se drátové detektory nepoužijí. [11]

4.4 Magnetické kontakty

Magnetické kontakty pracují na jediném principu, kde tzv. jazýčkový kontakt je ovlivňován magnetickým polem permanentního magnetu, který je umístěn na dveřích, vratech či na otevíratelném okně. Otevíráním dveří zvyšujeme vzdálenost mezi kontaktem a magnetem a tím pádem snižujeme vliv magnetického pole na kontakt až do jeho rozepnutí. Stejným způsobem se kontakt spíná, když se dveře zavírají. [12]

Kontakt potřebuje méně energie na udržení se v sepnutém stavu než na jeho sepnutí, proto vzdálenost magnetu od kontaktu pro rozepnutí bývá vyšší než vzdálenost pro sepnutí. [12]

Kvůli funkci přes magnetické pole jsou magnetické kontakty velmi spolehlivým způsobem k detekci otevření, u kterého není potřeba provádět údržbu a falešné poplachy u něj nečiní problém.



Obrázek 11: JA-183M [3] Bezdrátový magnetický detektor



Obrázek 12: ALARMTECH MC 240 [12] Univerzální magnetický kontakt

4.5 Požární detektory

Optický detektor kouře může pracovat jak na principu blokování světla kouřem, tak odrazu světla od kouře. V obou provedeních je komora se světelným paprskem a přijímačem. Pokud do této komory vnikne kouř, zmenší se intenzita paprsku na přijímači, případně se změní odraz paprsku skrz kouř na přijímač. Tím dojde ke snížení (zvýšení) procházejícího proudu. Do komory může vniknout i vodní pára a může dojít k orosení přijímače. [13]

Detektor kouře také může fungovat na principu ionizace (uvolnění elektronu z atomu). Jedna komora obsahuje zdroj s radioaktivním prvkem, pomocí kterého se ionizuje vzduch uvnitř. Vniknutím kouře se volné náboje v komoře začnou vázat a dojde k snížení proudu a zvýšení napětí. Toto napětí se potom porovná s druhou, referenční komorou. Radioaktivní částice použitého prvku neprojdou krátkou vrstvou vzduchu, přesto se ale komplikuje evidence a likvidace detektoru. [13]

Teplotní požární detektor hlídá teplotu v místnosti. Pokud teplota překročí maximální nastavenou hodnotu (např. 75 °C), vyhlásí se poplach. Snímač zároveň hlídá rychlost změny teploty. Podle nastavené hodnoty může trvat delší dobu, než se detekuje požár nebo může nastat mnoho falešných poplachů. Jelikož snímač nepracuje s kouřem, může se umístit např. do koupelny nebo do kotelny. [14]



Obrázek 13: JA-111ST-A [3] Sběrníkový kombinovaný optický detektor kouře a teplot



Obrázek 14: JA-151TH [3] Bezdrátový detektor teploty

Přímou detekci plamene realizujeme identifikováním infračerveného nebo ultrafialového záření přímo z plamene. Optický detektor tohoto typu musí mít přímou viditelnost na zdroj ohně. Proto se používají spíše v rizikových místech vzplanutí jako doplňková ochrana.

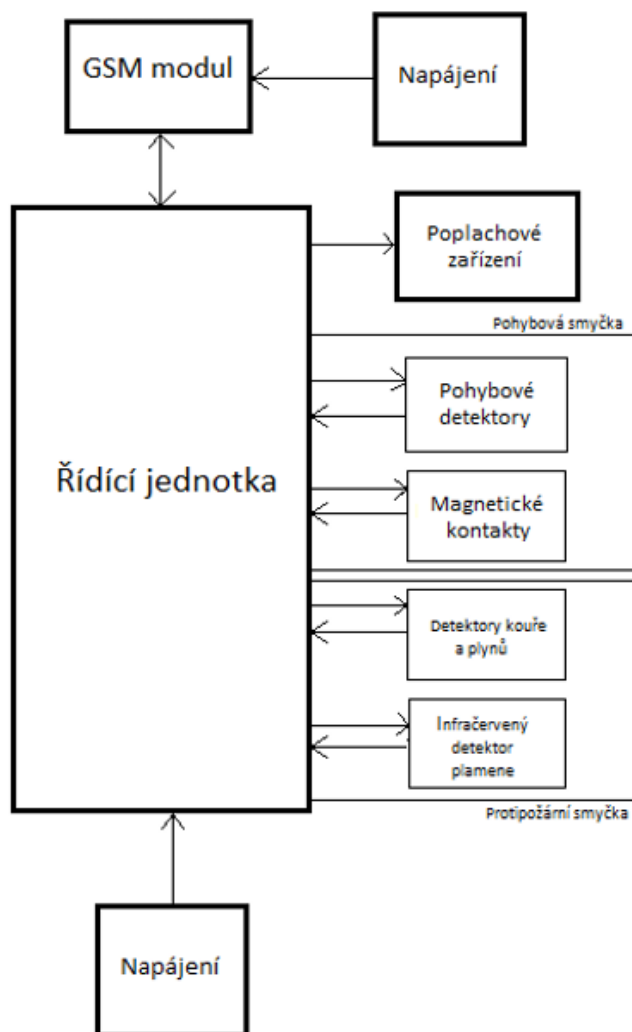
Správné umístění požárních sensorů je velice důležité pro jejich funkčnost, tím pádem pro ochranu celého objektu. Vždy by detektor měl být v nebo u vstupu do ložnice, kde ochrání před udušením kouřem ve spánku. Dále se často umísťují do spojovacích místností (schodiště, chodby), aby se co nejrychleji detekoval šířící se kouř. [13]

5 Návrh systému a výběr komponent

Prvním krokem je určit, co vše by měl kompletovaný EZS zvládat detekovat, a jak předá informaci o detekci. Po vzoru smyčkové ústředny (viz. 3.1) rozdělím snímače do jednotlivých smyček, které budou spouštět poplach nezávisle na ostatních. Tyto smyčky ale rozdělím jen programově a senzory budou zapojeny přímo z ústředny. Výhoda rozdělení do smyček je snadné provedení jejich vypínání a zapínání.

Pro vyšší spolehlivost využiji pět typů detektorů, které by měly pokrýt zjištění většiny hrozeb pro rodinný dům. Pohybové snímače pro zabezpečení pozemku, magnetické kontakty pro zajištění dveří a oken a nakonec detektory plamene, nebezpečných plynů a kouře pro signalizaci požáru nebo jeho hrozby. Větší počet senzorů se může realizovat sériovým nebo paralelním zapojením např. rozpínací magnetické kontakty pro všechny dveře a okna ve spodním patře zapojené za sebou.

Akumulátor pro napájení systému (viz. 3) nepoužiji, jelikož nehrozí, že by pachatel přerušil napájení ze sítě při napadení rodinného domu a výpadky elektrické energie už dnes nejsou nijak časté. GSM (Global system for mobile communication) modul bude napájen zvlášť kvůli vyšším požadavkům na napájení. (5.2.2)



Obrázek 15: Blokové schéma EZS

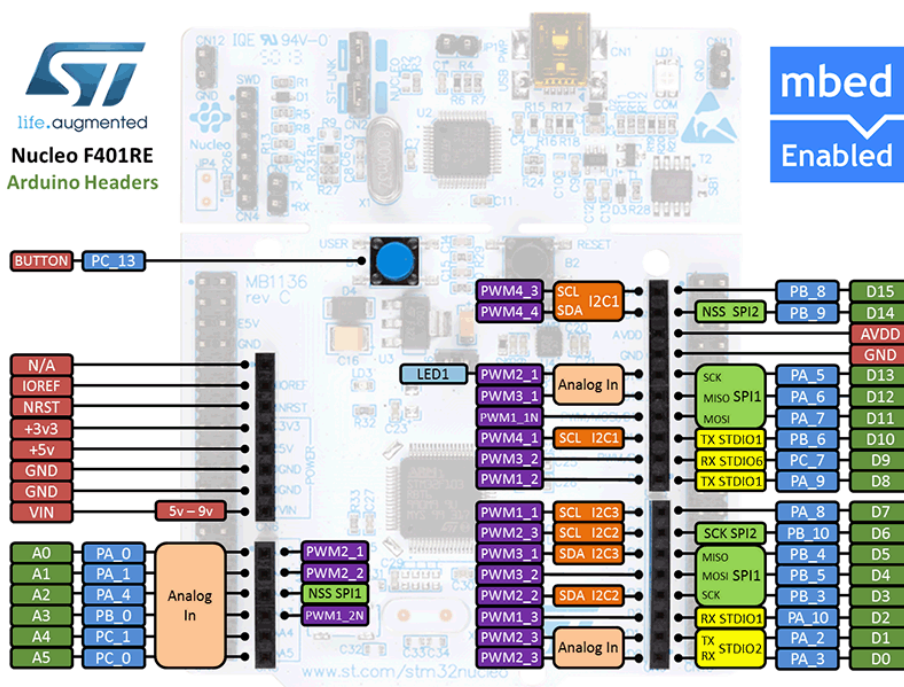
5.1 Řídicí jednotka Nucleo

Nucleo desky jsou integrované obvody využívající STM32 mikro kontroléry, založené na ARM (Advanced RISC Machines) Cortex-M typu mikro kontrolérů, které disponují vysokým výpočetním výkonem a zároveň malou spotřebou. [15; 16]

Jako řídicí jednotku jsem se rozhodl použít STM32 NUCLEO-F401RE z rodiny Nucleo-64. Procesor desky Cortex-M4 pracuje na frekvenci až 84 MHz a využívá 512 kB „flash“ paměti k ukládání programu, 96 kB statické RAM (Random-access memory) pro ukládání proměnných a jiných dat spuštěného programu. [15; 17] Jsou zde k využití digitální piny, nastavitelné jako vstup i výstup, a vstupní analogové piny. Brány CN7 a CN10 na stranách desky se dají využít pro zapojení rozšiřujících modulů s různými funkcemi.

Piny D1 a D0 (Tx a Rx pro USART 2) jsou zde v původním stavu rezervovány pro komunikaci mezi STM32 a ST-LINK MCU (Micro controller unit), který slouží jako debugger a programovací jednotka. Tím pádem jsem pro sériovou komunikaci využil D2-Rx a D8-Tx. [18]

Vývojová deska se standardně napájí 5V z USB konektoru, případně externím zdrojem na konektor VIN pro 7 až 12 V, respektive E5V pro 5V nebo +3,3V. Při výstupním proudu z NUCLEO-F401RE vyšším než 300 mA je nutno využít napájení externím zdrojem. [18]



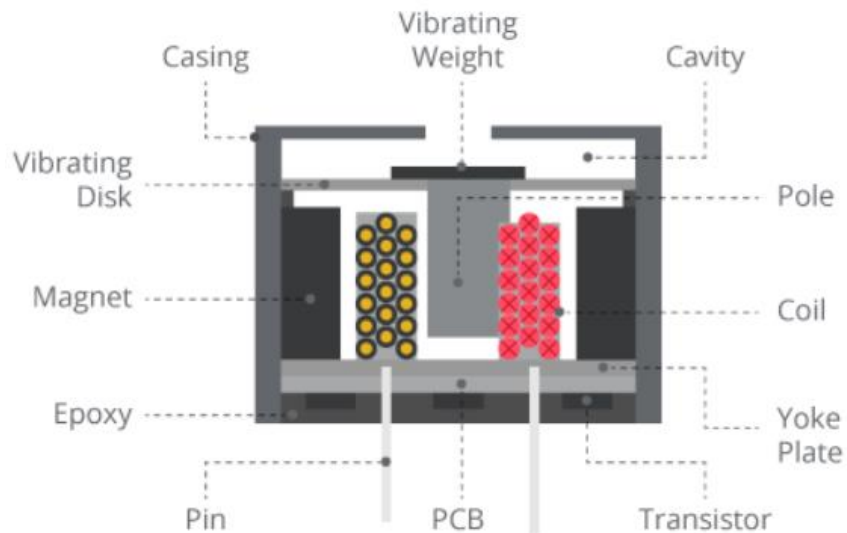
Obrázek 16: Pracovní schéma NUCLEO F401RE [15]

Při volbě vývojové platformy a jazyka má Nucleo více možností. Kromě kompatibility s ArduinoIDE lze využít vývojovou platformu STM32Cube nebo Mbed. Operační systém Mbed zakomponovaný ve velkém počtu vývojových desek nucleo poskytuje snadno použitelné programovací rozhraní pro jazyk C++ s hardwarovou abstraktní vrstvou a RTOS (real time operating system) jádrem. [19] V porovnání k STMCubeIDE, vývojové platformě s možností obvodové konfigurace [20], jde o snadno použitelné prostředí.

5.2 Výstupní zařízení

5.2.1 Siréna

Pro funkci sirény jsem se rozhodl využít kombinaci LED diody na samostatném nucleu a aktivního akustického bzučáku. Samotný bzučák vytváří zvuk kvůli magnetickému poli působícímu na vibrující destičku, které je tvořeno magnetem a mění se přivedením střídavého signálu na cívku. [21]



Obrázek 17: Princip funkce elektromagnetického akustického bzučáku [21]

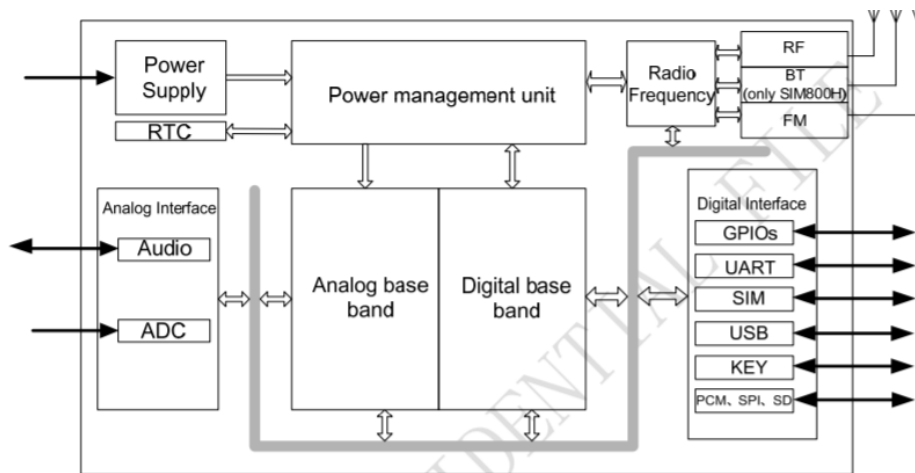
Pro snadnější použití a montáž je na desce se bzučákem tranzistor, díky němuž na I/O stačí přivést logickou 1 k jeho aktivování, a díra na šroub. Podle informací na prodejní stránce [22] by měl fungovat správně při napájení jak pěti tak třemi volty. Bzučák ale byl při napájení 5 V nepřetržitě aktivní nezávisle na stavu I/O pinu.



Obrázek 18: Akustický bzučák [22]

5.2.2 GSM GPRS modul

Čip SIM800L je schopný posílat a obdržet SMS, vykonávat hovory pomocí sítě GSM a používat GPRS (General packet radio services) síť. GSM síť je otevřená digitální technologie používaná k odesílání mobilních hlasových a datových servisů. [23] GPRS síť je evolucí GSM sítě schopná využívat internetové připojení pomocí schopnosti rychle přepínat mezi připojenými uživateli podle priority. Čip používá SIM kartu, která se ovládá pomocí „AT“ (attention) příkazů. Ty modul přijímá pomocí sériové linky UART a odpovídá na ně jednoduchými odpověďmi např. „OK“ při navázání komunikace.



Obrázek 18: Blokové schéma GSM GPRS modulu [24]

SIM800L pracuje na sériové lince UART s napěťovou logikou 2,8 V (obr. 19). [24] Proto je pro komunikaci s řídicí jednotkou potřeba převést napěťové úrovně z 5V (viz. Nucleo). Zároveň, jelikož maximální napájecí napětí čipu je 4,1 V, odběr proudu je proměnlivý v závislosti na činnosti modulu a při špičce na vysílači (Tx) modul potřebuje napájení až 2 A [24], není možné ho napájet přímo z řídicí jednotky bez hrozícího poškození při dlouhodobém používání.

Tabulka 1: Napěťové hodnoty pro UART [24]

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V _{IH}	High-level input voltage	2.1	-	3.1	V
V _{IL}	Low-level input voltage	-0.3	-	0.7	V
V _{OH}	High-level output voltage	2.4	2.8	-	V
V _{OL}	Low-level output voltage	-	-	0.4	V

Proto jsem se rozhodl využít modul SIM800L, který si pomocí TTL (Transistor to transistor logic) je schopen převést logickou úroveň sám a fungovat i s logikou 5 V a 3,3 V. Navíc je napájecí obvod předřazen dvěma diodami, které regulují vstupní napětí a pracují tím pádem s napájecím napětím 5 V. To ale také způsobuje parazitní odpor na vstupu [25] a proudová špička z napájecího zdroje bude ještě vyšší.



Obrázek 19: SIM800L GSM GPRS modul [26]

Po prozkoušení modulu s řízeným zdrojem jsem zjistil, že místo uvedených 5 V [25] musím modul napájet minimálně 5,5 V, jinak se po vložení SIM karty začne periodicky resetovat kvůli nedostatečnému napájení. Proto jsem se rozhodl modul napájet čtyřmi 1,5 V tužkovými bateriemi a k pokrytí proudové špičky při posílání SMS jsem použil kondenzátor (2200 μ F).

5.3 Detektory

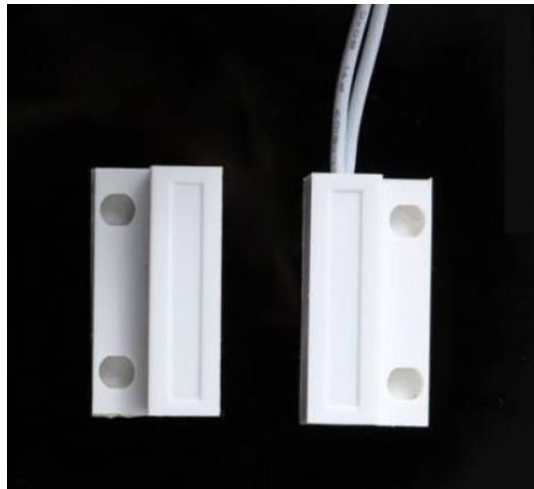
Při návrhu systému jsem zvolil kombinaci senzorů, které zaznamenají všechny druhy hrozeb neoprávněného vniknutí do domu nebo hrozeb spojených s požárem. PIR detektory pohybu pokryjí ochranu pozemku a magnetické kontakty budou hlídat všechny dveře a okna v prvním patře domu proti otevření. Zbytek detektorů se postará o zajištění detekce a signalizace všech druhů hrozeb požáru.

Čočka zvoleného PIR detektoru pohybu má průměr 10 mm a údajně snímá pohyb v úhlu $<100^\circ$ na vzdálenost 3 m. [27] Pro snímání pohybu na pozemku rodinného domu v klíčových oblastech bude stačit i přes malý dosah při korektním použití. Signál z čočky je vyhodnocován čipem BISS0001, přímo určeném k porovnávání signálu PIR detektoru (viz. 4.1) [27], který pracuje s CMOS (Complementary metal-oxide semiconductor) logikou. [28]



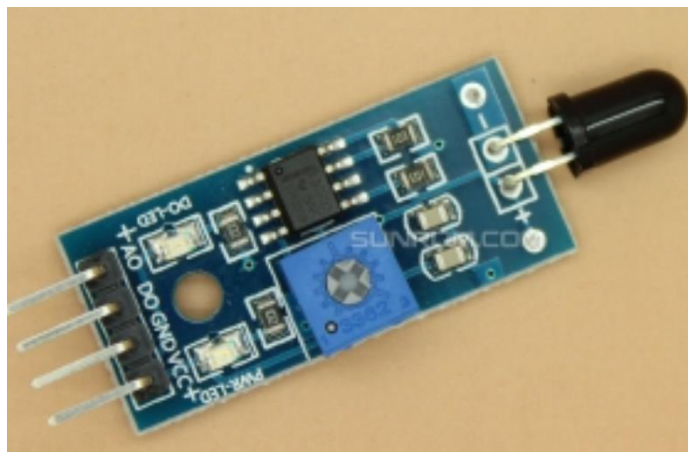
Obrázek 20: PIR detektor HC-SR505 [27]

Použitý magnetický kontakt se sepne s přiblížením magnetu. V protikusu kontaktu je zabudován slabý magnet a oba kusy jsou připraveny na přilepení/montování na dveře nebo okno samolepící vrstvou nebo přibalenými šrouby. Ke spínači jsou připojeny krátké vodiče.



Obrázek 21: Jazyčkový magnetický kontakt [29]

K přímé detekci otevřeného ohně využívám senzor s infračervenou diodou YG1006 fungující jako přijímač, která je schopná identifikovat zdroje infračerveného záření mezi vlnovými délkami 760 nm – 1100 nm. [30] Při detekci infračerveného záření na této vlnové délce se dioda otevře a čip LM393 poté vyhodnocuje signál pomocí dvou nastavitelných nízkonapěťových komparátorů. [31] Navíc jsou zahrnuty LED diody signalizující detekci a napájení. Dle výrobce senzor dokáže detekovat plamen zapalovače až na vzdálenost 80 cm [32].



Obrázek 22: Infračervený detektor plamene [31]

Pro detekci kouře a plynu používám dva senzory ze série MQ, konkrétně MQ-9 s velkou citlivostí na oxid uhelnatý, metan a LPG (kapalný petrolejový plyn) [33] jako kouřový detektor a MQ-2 citlivý na LPG, propan a vodík [34] jako detektor hořlavých plynů. Oba snímače mají citlivou polovodičovou vrstvičku (SnO_2), která při přítomnosti plynu mění svůj odpor a tím pádem i procházející proud. Pro zvýšení citlivosti polovodiče se vrstva nahřívá pomocí zahřívací cívky. Čistý vzduch ve snímači (kyslík) přitahuje k sobě volné elektrony. Pokud se ve vzduchu nachází jeden z dříve zmíněných plynů, tyto plyny přeruší chemické pouto mezi kyslíkem a volnými elektrony a začne protékat proud. [35]

Stejně jako u detektoru plamene i tady se signál vyhodnocuje čipem LM393 s dvěma nastavitelnými nízkonapěťovými komparátory [31] a LED diody signalizují detekci i napájení. Detektory se nahřívají na požadovanou teplotu přibližně po dobu tří minut. V této době můžou snímače vracet chybné hodnoty, takže je nutné před jejich nastavením počkat.



Obrázek 23: Kouřový detektor [36]



Obrázek 24: Plynový detektor [37]

6 Realizace systému

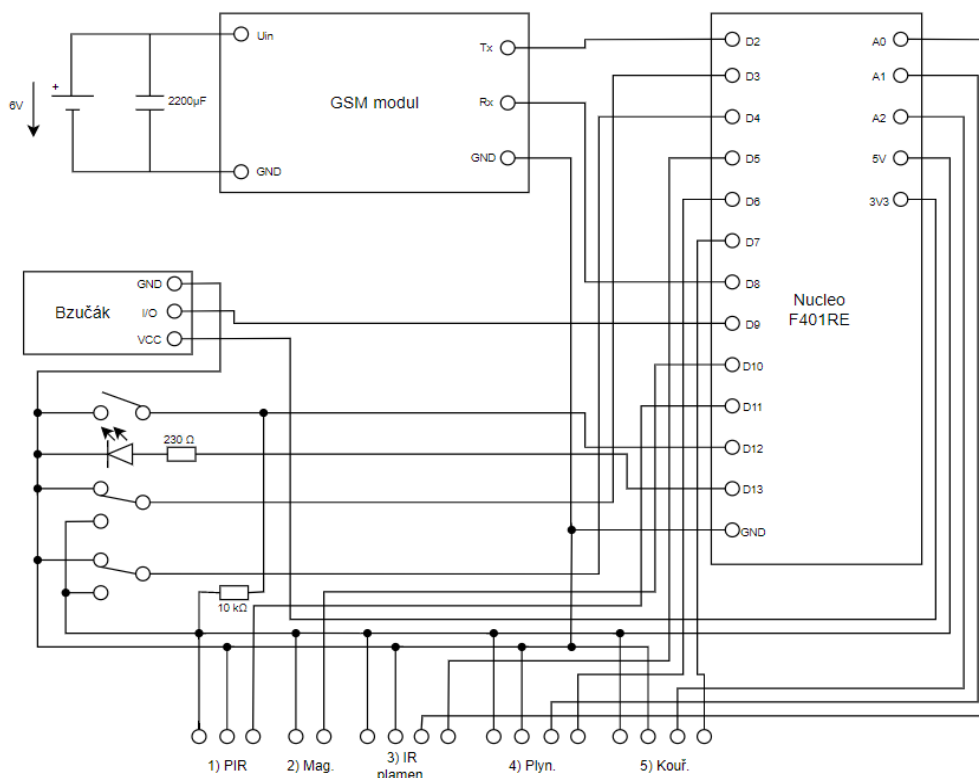
Po nakoupení jednotlivých komponentů následovalo sestavení, zapojení a naprogramování systému. Kromě už dříve popsaných snímačů a výstupních zařízení jsem navíc využil rozvodnou krabici KT 250, LED diodu, dva přepínače, tlačítko, dva rezistory a kabely CYKY-O 4x1,5 a 3x1,5. Tyto kabely nejsou ideální volbou pro reálné použití, ale využil jsem je, jelikož mi byly dostupné.

Vzhledem k tomu, že celkový odběr ze sensorů byl menší než 300 mA, mohl jsem jako napájení řídicí jednotky stále používat USB kabel, což snížilo cenu celého systému, ale přinese to limitace pro rozšíření systému.

6.1 Hardware

Vzhledem k povaze práce jsem se jí rozhodl pojmout tak, aby se hned řešení s malými úpravami dalo použít v rodinném domě. Při tvorbě programu jsem si mohl senzory jednotlivě i celé zapojení prozkoušet na nepájivém poli. Dále jsem rozvrhl blok ústředny, kde jsem do rozvodné krabice KT 250 namontoval nucleo, bzučák a GSM modul i s jeho napájením. Na strany skříně jsem namontoval anténu GSM modulu a umístil dva přepínače, LED diodu, tlačítko a navíc zajistil větrání skříně vyvrtáním souboru menších děr, aby se v rozvodní krabici nevytvářel velký ztrátový výkon kvůli vyzařování tepla. Potom jsem vyvrtal díry pro vyvedené kabely ze svorek skrz připevněné průchodky (velikosti M12 a M20) k sensorům a napájení pomocí USB. Přepínače jsem využil k ovládání sensorových smyček (viz.5.1) a tlačítko k uvedení systému do počátečního stavu.

Následně jsem zapojil a napájel dráty ke všem uvedeným komponentům. Led diodu jsem předradil rezistorem 230 Ω . K resetovacímu tlačítku jsem musel zapojit pull-up rezistor (10 k Ω)



Obrázek 25: Schema zapojení ústředny

pro zajištění buď logické 1, nebo 0. Bez pull-up rezistoru se systém uvedl do původního stavu už při přiblížení ruky k tlačítku z důvodu statické elektřiny. Ke schránce pro sériové propojení tužkových baterek jsem přímo připájel kondenzátor (viz. 5.2.2). Celé zapojení je vyznačeno na obrázku 26.

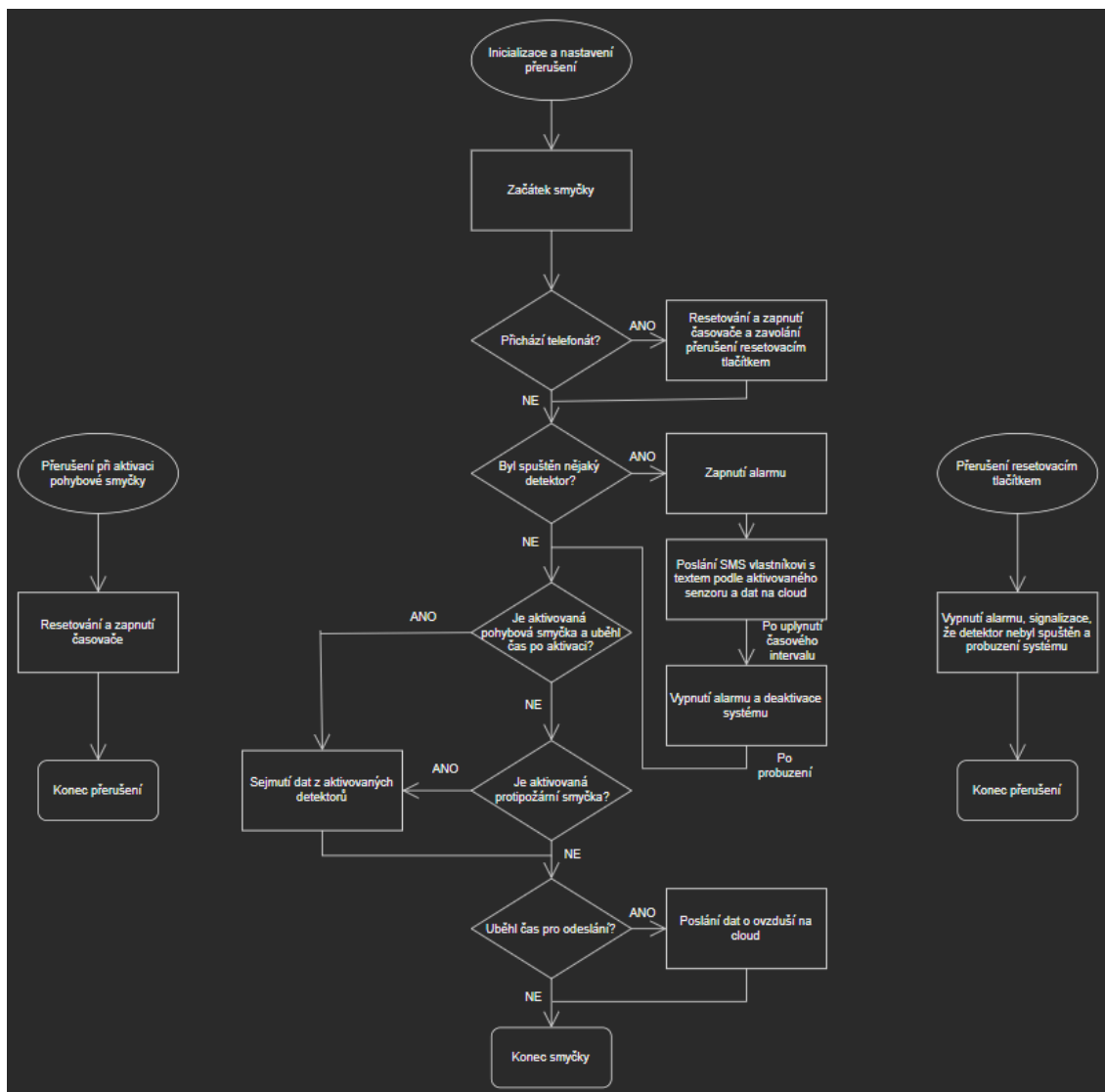
Senzory jsem připojil k vyvedeným kabelům snímatelnými konektory, které jsem připájel na konce jednotlivých vodičů a zaizoloval smršťovací bužírkou, aby se pro reálné použití systému mohlo použít napájení s potřebnou délkou.

Kvůli nastavitelné citlivosti detektorů nebezpečných plynů a ohně se musí vyzkoušet jejich funkčnost při každém přemístění. Nastavení je ale velice snadné a stačí pootočit šroubem dle potřeby.

Nakonec jsem elektrikářskými stahovacími páskami k sobě připevnil vodiče vedoucí podobnou drahou, abych v rozvodní krabici udělal větší pořádek. Samotná krabice se dá pomocí hmoždinek pak snadno připevnit k jakékoliv zdi.

6.2 Software

Jak už je popsáno v dřívějších kapitolách, programoval jsem s pomocí rozhraní operačního systému Mbed v jazyce C++ v prostředí Mbed online compiler, které umožnilo pohodlně pracovat bez jakýchkoliv technických problémů na rozdíl od platformy Platformio, a Visual studio code, které jsem zkoušel nejdříve, ale při práci s nimi nastávalo několik problémů s nahráváním programu do nuclea. Po kompilaci stačilo stáhnout jediný soubor a přímo ho nahrát do připojeného nuclea v průzkumníku souborů.



Obrázek 26: Funkční diagram programu

Kvůli operačnímu systému Mbed jsem mohl hned využít různé třídy a jejich funkce k usnadnění práce. Většinu proměnných deklaruji globálně, aby se s nimi dalo přímo pracovat ve všech funkcích bez předávání proměnných navíc.

Hlavní část programu tvoří nekonečná smyčka, ve které se kontrolují podmínky aktivovaných sensorových smyček a snímané hodnoty ze sensorů. Při detekci hrozby se nastaví globální proměnná „flag“ na číslo, které odpovídá aktivovanému detektoru. Následně se tím splní podmínka pro aktivování poplachu a spustí se siréna a LED dioda. Zároveň se zavolá funkce na poslání SMS, kde se přes UART do GSM modulu pošlou „AT“ instrukce odpovídající nastavení do

SMS módu a odeslání textu podle určeného z dříve popsané proměnné „flag“. Aby se SMS neposílala cyklicky, tak po vykonání této funkce systém přejde do spánku, dokud ho neprobudí uživatel stiskem tlačítka. Navíc smyčka sleduje příchozí data z GSM modulu po sériové lince. Modul posílá slovo „RING“ jako návratovou hodnotu, když nastane příchozí hovor. To program rozpozná, když načte písmeno „R“. Resetuje a spustí časovač, vypne poplach a nastaví systém do původního stavu.

Dále pomocí třídy InterruptIn nastavuji přerušení, které může spustit při sestupné nebo vzestupné hraně určitého signálu a zavolat obsluhu přerušení definovanou jako vnější funkci. Velkou výhodou tohoto postupu je instantní reakce na spuštění nezávisle na tom, která instrukce se ve smyčce zrovna vykonává v porovnání s použitím klasických podmínek. Konkrétně přerušení používám k začátku a konci odpočítávání časovače a uvedení systému do počátečního stavu tlačítkem.

Systém má požární a pohybovou smyčku, které se aktivují pomocí jednoduché podmínky. U pohybové smyčky, která zahrnuje PIR senzor a magnetický kontakt je navíc potřeba zpoždění aktivace systému, aby se objekt mohl opustit bez detekce. Pro tento odpočet jsem použil třídu Timer k přesnému měření času po aktivování smyčky. Použití této třídy místo uvedení systému do spánku zajistí to, že systém i při odpočtu může snímat a reagovat na hrozby spojené s požární smyčkou.

Při stisku resetovacího tlačítka se proměnná „flag“ nastaví zpět na nulu a vypne se signalizační LED dioda se sirénou. U stisku tlačítka je důležité vyřešit rapidní změny stavů, než se hodnota ustálí. Proto se při stisknutí vstoupí do smyčky, kde se zůstane, než nastane ustálený stav.

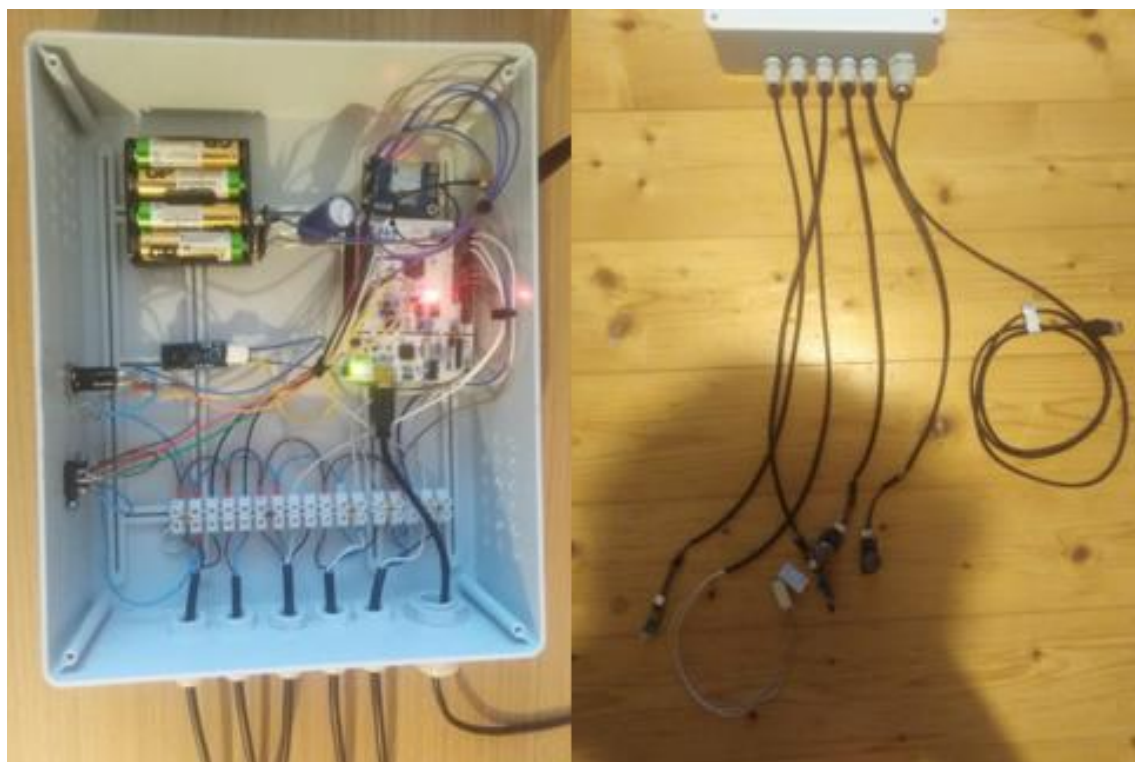
Senzory mají vždy digitální výstup, takže pokud na přiřazený pin nuclea přijde logická 1 respektive logická 0, aktivuje se podmínka. Pro detektor kouře ale musím číst z analogového výstupu, jelikož není citlivý na kouř do takové míry, aby se změnila hodnota na digitálním výstupu.

Při zkoušení GSM modulu jsem si vytvořil krátký program, který umožňoval přímo psát a číst AT příkazy a odpovědi pomocí sériové linky a počítače. Zde nucleo akorát četlo a posílalo dál všechny procházející data. Část tohoto programu jsem využil při dočasném zrušení pohybové smyčky ke vstupu do strážného objektu. Při prozvonění použité SIM karty čip vrací přes sériovou linku zprávu „RING“. Takže při prozvonění je systém nastaven na vypnutí poplachu a spuštění časovače k pozastavení aktivní pohybové smyčky.

S použitím GPRS instrukcí na GSM modulu se vkládají data na API (Application programming interface) server Thingspeak. Pokaždé co separátní časovač odpočítá, že uběhla hodina, se pošlou analogové hodnoty detektorů plynu a kouře k dlouhodobé indikaci kvality ovzduší a při spuštění poplachu se pošle proměnná „flag“ k indikaci, který senzor spustil poplach. K těmto hodnotám se automaticky přiřadí časové hodnoty při odeslání dat na Thingspeak.

7 Dosažené výsledky

Mnou sestavený EZS je poměrně levná a přímo použitelná alternativa komerčně dostupných EZS pro signalizaci vniknutí do hlídaného objektu a hrozby požáru. Posílá SMS na číslo vlastníka při detekci hrozby z jakéhokoliv detektoru a navíc je schopný posílat vybraná data na server Thingspeak.



Obrázek 27: Zapojená ústředna se senzory

Už při návrhu systému jsem bral ohled na různé parametry systému např. celkový odběr senzorů (viz.6) nebo napájení GSM modulu (viz 5.2). Po kompletování systému jsem navíc provedl sérii měření jak pro zjištění vlastností systému jako celku, tak proměření důležitých parametrů jednotlivých senzorů a komponent.

7.1 Parametry systému

Celkový odběr nuclea byl změřen jednotlivě na senzorech a bzučáku pomocí multimetru. Jiné digitální výstupy byly zanedbány, jelikož pracují řádově méně než s jednotkami μA . Maximální možný odběr systému skrz napájení řídicí jednotky je dle tab. 2 maximálně 277,93 mA.

Tabulka 2: Odběr jednotlivých komponentů systému napájené řídicí jednotkou

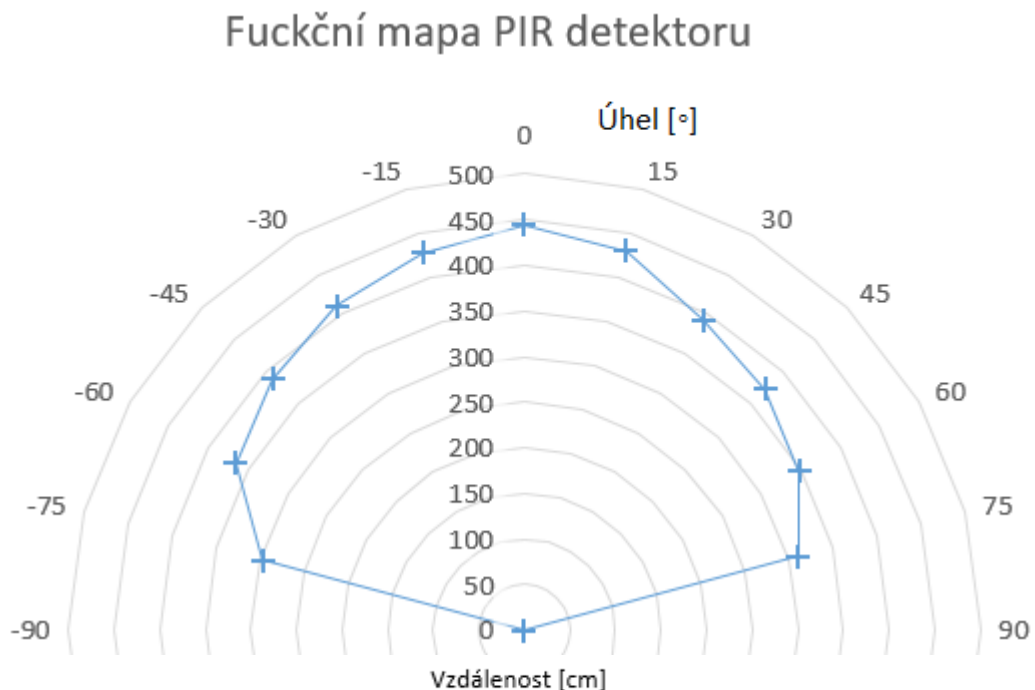
Komponenty	Odběr při detekci [mA]	Odběr v klidu [mA]
PIR	0,07	0,05
Bzučák	23,9	0
IR detektor plamene	6,66	3,49
Plynový senzor	125,3	122,2
Kouřový senzor	122	119,4
Celkový odběr	277,93	245,14

Zapojení většího počtu detektorů tedy není problém (viz. 5), ale plynové a kouřové senzory se nemohou použít víckrát než jednou. Kvůli jejich velkému odběru využitému pro nahřívání polovodičové destičky (viz.5.3) by se porušila podmínka maximálního odběru 300 mA a muselo by se použít externí napájení vývojové desky nucleo pro funkčnost systému. Tím pádem je třeba dbát na jejich správné umístění pro nejvyšší efektivnost. Detektor kouře je potřeba umístit v blízkosti spacích prostor nebo do mezipatra. (viz. 4.5)

GSM modul může mít vysoké odběrové požadavky (viz. 5.2.2). Po vstupu do spánku se jeho odběr sníží na přibližně 13 mA. Při kapacitě baterie 3400 mAh při neustálém provozu SIM800L vydrží jen 10 dní. Avšak pokud má modul fungovat k přerušení pohybové smyčky, po prozvonění musí běžet neustále alespoň na této úrovni spotřeby.

7.2 Parametry senzorů

Pro úplné proměření pohybového detektoru PIR jsem připevnil senzor ke stolu venku a označil si na zemi v úhlech -90° až 90° páskou vzdálenost od senzoru 3 metry (uvedené hodnoty vzdálenosti a úhlu detekce od výrobce (viz.5.3) a na úhlu 0° 4 metry. Jelikož je PIR senzor určen k detekci pohybu kolmo na směrnicí k detektoru (viz. 4.1), bylo potřeba měřit chůzí sem a tam při pomalém přibližování k senzoru. Při aktivaci senzoru jsem metrem změřil vzdálenost od pásky na zemi a dostal jsem celkovou vzdálenost. Tímto způsobem vzniklo u měření mnoho nejistot, které ale nemají na výsledek velký vliv kvůli většímu počtu měření a zprůměrování výsledků.



Obrázek 28: Diagram funkční mapy PIR detektoru

Zde lze vyzorovat, že vzdálenost, na které je senzor funkční, je vyšší než hodnota uvedená výrobcem, ale je nutno počítat s nepříznivými podmínkami jako svit slunce přímo na čočku. Na úhlech -90° a 90° byl snímač téměř nepoužitelný i přes údaje poskytnuté výrobcem. Pro použití ve venkovních prostorách to ale není důležité, jelikož detektor bude stejně připevněn na stěně, kde by v těchto úhlech byl stejně neefektivní. Pro zjištění možností snímače jsem provedl také

měření pro chůzi přímo k snímači. Detekční vzdálenost pak klesla vždy více než o polovinu, ale pořád je detektor použitelný. To neplatí pro měření směrem nahoru a dolů. Při otočení detektoru o 90° tak, aby byl snímán stejný prostor, byl detektor skoro nepoužitelný. To znamená, že by se měl instalovat ve výšce snímaného prostoru.

Při měření na magnetickém kontaktu jsem jednoduše magnet přibližoval ke kontaktu, dokud se neseplnul. Magnetický kontakt je sepnutý až do vzdálenosti magnetu dvou cm od kontaktu. Takže je nutné při montáži brát zřetel na dodržení této vzdálenosti. Po nesplnění této podmínky bude po aktivaci pohybové smyčky hned a nepřetržitě vyhlašován poplach, takže systém bude nepoužitelný po stránce hlídání proti nepovolenému vniknutí do objektu.

Vlastnosti infračerveného detektoru jsem měřil podobným způsobem jako u PIR senzoru. Ve vnitřním prostředí jsem upevnil detektor ke stolu a zapalovačem se pohyboval kolem něj při měření napětí mezi analogovým výstupem a zemí. Přestože je hodnota vzdálenosti uvedená výrobcem pravdivá (viz. 5.3) a přibližně do vzdálenosti ohně 80 cm byl pokles napětí okolo 0,2 V, je tento údaj bezcenný pro reálné použití snímače, jelikož podobný pokles nastává při jiných světelných podmínkách v místnosti nebo v reakci na vyzářené teplo lidským tělem v blízkosti. Zároveň je snímač málo efektivní v úhlech větších než 30°. To pro správné použití detektoru v rizikových místech (viz. 4.5) např. sporák netvoří žádné problémy a při přítomnosti většího plamene ve sledovaném místě se spolehlivě spustí. Bylo by možné používat analogový výstup, kde po klesnutí pod 2 V znamená zpravidla signalizaci ohně, ale používání digitálního výstupu s trimrem je pro toto použití vhodnější kvůli jeho rychlému nastavení otočením šroubu při montáži.

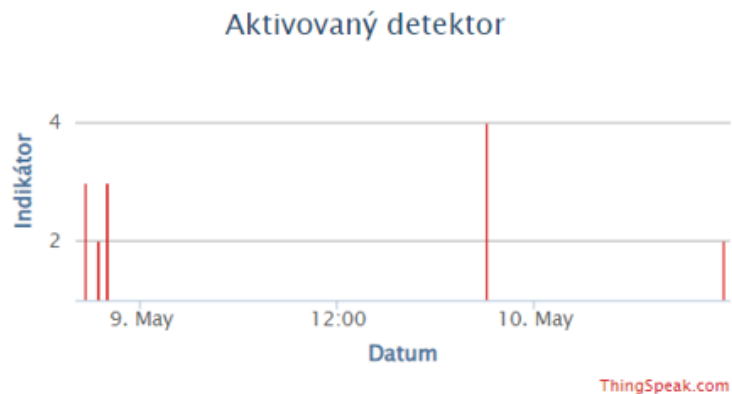
Detektor nebezpečných plynů byl proměřen jednoduchým způsobem. Vypuštěním plynu z mechanického zapalovače senzor hned zaznamenal jeho přítomnost v ovzduší a změnil hodnotu na digitálním výstupu (až 3,5 V na analogovém výstupu). Proto zde není třeba používat analogový výstup pro spuštění poplachu kvůli spolehlivé detekci. Znovu je dobré nastavit citlivost trimrem při montáži v blízkosti plynových spotřebičů. Tento detektor je nutné umístit k zemi díky vyšším hustotám a hmotnostem sledovaných plynů, než je hustota a hmotnost vzduchu. [38]

Zvolený kouřový detektor musí pracovat čistě s analogovým výstupem, protože jeho citlivost na kouř není dostatečná na to, aby se přepnula hodnota na digitálním výstupu. Při zjišťování jak senzor na kouř reaguje, jsem v keramické míse páčil papíry a kartóny uvnitř uzavřené místnosti. Oheň jsem navíc dusil překrytím mísy pro zvýšení hustoty kouře. Snímač jsem umístil nad mísu a vypustil kouř přímo na něj. Tím hodnota na analogovém výstupu stoupla z ustálených 0,19 V až na 0,69 V. Následně jsem umístil snímač ke stropu už hustě zakouřené místnosti, kde hodnota klesla na 0,28 V. V místnosti se sice dalo dýchat už s obtíží, ale mohl jsem tam zůstat delší dobu bez podráždění krku. Tím pádem předpokládám, že při větší koncentraci kouře by hodnota byla jednoznačně nad touto hodnotou a to odpovídá samotné hodnotě 0,4 V v programu. Detektor může být spuštěn i koncentrací plynů, na které je citlivý (viz 5.3), vzhledem k umístění (viz. 4.5,7.1) se tak ale nestane pro LPG, jelikož se drží u země, jak již bylo vysvětleno.

7.3 IoT možnosti

System posílá vybraná data (viz. 6.2) ze systému na internetový server Thingspeak, kde se dají kdykoliv zobrazit. Jedinou podmínkou je účet Mathworks. Zobrazují se tam grafy s analogovými hodnotami detektorů plynu a kouře a číslo detektoru, který spustil poplach v časové ose. Pro tuto funkci je ale potřeba mít SIM s předplaceným datovým balíčkem k využití této služby.

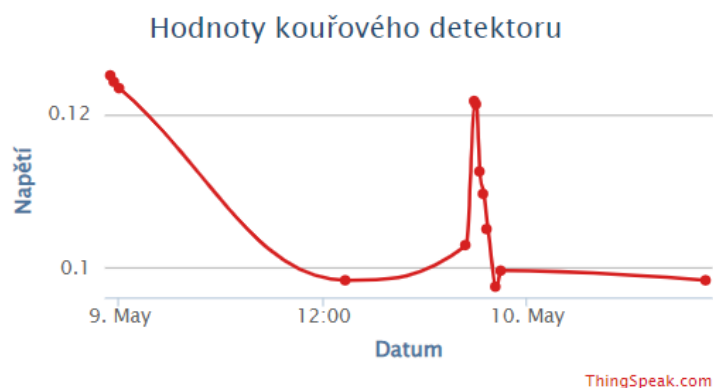
Vynesené grafy (obr. 30-32) zobrazují dvoudenní periodu záměrně spuštěných poplachů a namátkově načtených hodnot ze senzorů. V reálném použití by stačilo analogové hodnoty posílat jednou za hodinu, případně ještě ve větších intervalech.



Obrázek 29: Záznam spuštěných detektorů



Obrázek 30: Záznam napětí na analogovém výstupu z plynového detektoru



Obrázek 31: Záznam napětí na analogovém výstupu z kouřového detektoru

8 Ekonomický rozbor

Jak už bylo zmíněno (v kapitole 6) sestavený EZS je kompletním výrobkem připraveným na použití v rodinném domě s minimálními úpravami a připojením dalších magnetických kontaktů, případně senzorů pohybu a provedením instalace se správnou délkou kabelů. Z postaveného modelu budu vycházet při analýze vhodnosti pro komerční použití.

Cena jednotlivých komponent dle tab. 2 je určena z populárních internetových obchodů Laskakit, Drátek a GM electronic. Tato tabulka nezahrnuje cenu a provozování SIM karty (je možné sehnat tarify už pro 1,5 Kč za SMS) a další výdaje spojené se sestavením a instalací systému.

Tabulka 3: Celkové náklady EZS

Komponent	Cena [Kč]
Rozvodní krabice KT 250	269
Vývojová deska nucleo	612
GSM GPRS modul	258
Bzučák	38
PIR detektor	48/ks
Magnetický kontakt	23/ks
IR detektor plamene	18
Plynový detektor	44
Kouřový detektor	48
Baterie	329
Dodatečné součástky (Kondenzátor, svorky atd.)	100
Celkový systém (min.)	1787
Kabely (instalace)	10/m

Pro zapojení detektorů se budou používat kabely SYKFY s počtem vodičů podle potřeby. I když se délka použité kabeláže bude lišit z domu na dům, lze odhadnout přibližné množství v rozmezí, které bude platit pro většinu aplikací. Budu tedy počítat, že pro výstupy z řídicí jednotky stejně jako v popsaném modelu se délka kabeláže obvykle vystoupá na rozmezí 50 až 100 m a to se tedy rovná ceně 500 až 1000 Kč. Celkové náklady materiálů na jeden EZS by se tedy pohybovaly mezi 2287-2787 Kč. S větším počtem detektorů se tato cena ještě zvýší. Tab. 2 ukazuje ceny jednotlivých komponent.

Ceny spojené se sestavením a montáží navíc zahrnují plat pro dělníky a případné fixní náklady provozování dílny. Při předpokladu, že dělník stihne smontovat až čtyři ústředny za den a nainstalování jednoho EZS do rodinného domu mu potrvá celý pracovní den (zahrnuje se i připravení cesty pro kabely, případně zasádrování), zvládne za měsíc sám kompletně nainstalovat 24 systémů. V praxi se toto číslo ale sníží kvůli jakýmkoliv komplikacím, proto na tento odhad budu počítat s 20 systémy. Při průměrném platu elektromontéra 40000 měsíčně [39], by na takového dělníka musel přijít výdělek 2000 Kč za každý EZS.

Při sestavování ústředny je potřeba udržovat prostor, který bude sloužit jako montážní dílna. Náklady na pořízení potřebného nářadí, které by tvořily poměrně velkou částku, pomínu a budu předpokládat, že se dílna bude pronajímat. Ceny pronájmu se výrazně liší podle velikosti prostoru, proto odhadnu cenu nájmu na 3000 Kč měsíčně pro malou nevybavenou dílnu a navíc dalších 1000 Kč za placení elektřiny s rezervou.

Finální cena EZS by tedy byla závislá na počtu prodaných kusů. K součtu variabilních nákladů (4287 až 4787 Kč) ještě započítám potřebný výdělek k zaplacení fixních nákladů a zajištění zisku (odhadem 713 Kč) za kus, DPH (21 %). Tím se dostanu k ceně jednoho EZS 6050 až 6655 Kč. Navíc by dále bylo třeba počítat s daní z příjmů právnických osob (19 %) odvedenou ze zisku. Tato cena, i když pravděpodobně nepřesná, je oproti minimální ceně EZS systému Jablotron100+, 35000 Kč bez zahrnutí montáže, velice sympatická, ačkoliv služby mého modelu se nedají srovnat se službami tohoto systému [40].

9 Závěr

V práci byly stručně popsány funkce a vlastnosti komerčních elektronických zabezpečovacích systémů a jejich snímačů, ústřední a vstupních i výstupních zařízení. Hlavním cílem práce bylo sestavit funkční model elektronického zabezpečovacího systému pro rodinný dům. Nejdříve byly vybrány levně dostupné komponenty a poté byl systém naprogramován a sestaven tak, aby se dal použít po instalaci a malých změnách v každém rodinném domě. Kromě základních funkcí systému, jako je vypínání jeho částí nebo dálková komunikace s vlastníkem, bylo ještě využito ukládání a grafické zobrazení dlouhodobých dat na internetovém serveru Thingspeak. Při komunikaci s uživatelem a ukládání dat bylo využito modulu využívajícího GSM a GPRS síť.

Parametry systému a jednotlivých detektorů byly proměřeny a analyzovány. Snímače fungují podle očekávání bez výrazných problémů. Nevýhodou sestaveného modelu je malá výdrž baterek použitých na napájení GSM GPRS modulu. Vylepšit by se to dalo použitím jiného zařízení pro dálkové vypínání pohybové smyčky např. klávesnice pro zadávání přístupového kódu u vstupu nebo použitím zdroje napojeného přímo na síť. Nakonec byl model analyzován ohledně vhodnosti pro komerční použití s vyšším množstvím prodaných kusů, kde jeho cena a množství funkcí byly výrazně menší než Jablotronského systému.

Použitá literatura

- [1] **Falcocomputer.** *Elektronické zabezpečovací systémy bezpečnostní systémy.* Web. <https://www.falcocomputer.cz/elektroinstalace/ezs-elektronicke-zabezpecovaci-systemy>.
- [2] **HLADÍK, Drahoslav.** *Elektronické zabezpečovací systémy a elektronická požární signalizace.* Web. <https://www.souepl.cz/wp-content/uploads/2020/09/elektronické-zabezpečovací-systémy-a-elektronická-požární-signalizace.pdf>.
- [3] **JABLOTRON.** *Jabloshop.* Web. https://www.jabloshop.cz/?gclid=Cj0KCQjwmuiTBhDoARIsAPiv6L-cQLsJOA_vwukUwzqhbjoKASKzhE88RiG9Is5czKbYzl00iK19vQaAiYeEALw_wcB.
- [4] **JABLOTRON.** *Ústředny JA-107K a JA-103K zabezpečovacího systému JABLOTRON 100+.* Web. https://www.absolon.cz/deploy/files/ja-107k-instal_cs_mmd201004.pdf.
- [5] **KUBÍN, Jiří.** *Ústředny EZS.* Web. https://www.pslib.cz/jiri.kubin/ELZ/04_20Ustredny_20EZS.pdf.
- [6] **EZS.** *EZS shop.* Web. <https://ezs.cz/produkty/pristupove-moduly>.
- [7] **HONZÍK, Petr.** *Jak na pohybový detektor.* Web, 2015. <https://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/pohybove-detektory/jak-funguje-pohybovy-detektor-%5Bb058%5D>.
- [8] **PAVLŮ, Martina.** *Detektory pohybu.* Bakalářská práce, 2019. <https://is.ambis.cz/th/i5s2w/>.
- [9] **Marek, Ing. CAHLÍK.** *Charakteristika falešných poplachů z hlediska příčin vyvolání a popis možných řešení, 1. díl.* Web, 2013. <https://www.tzb-info.cz/provoz-technologie/10735-charakteristika-falesnych-poplachu-z-hlediska-pricin-vyvolani-a-popis-moznych-reseni-1-dil>.
- [10] **BOSCH.** *RADION glassbreak.* Web. https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/RADION_glassbreak_Data_sheet_csCZ_12416698507.pdf.
- [11] **SSEAS.** *Čidla na ochranu skleněných ploch.* Web. <http://studijni-materialy.sseas.cz/bezpecnostni-systemy/cidla-na-ochranu-sklenenych-ploch/>.
- [12] **ALARMTECH.** *Magnetické kontakty a příslušenství.* Web, 2017. https://www.tzk-sro.cz/user/related_files/produktovy_katalog_mc_cz_verze-6.pdf.
- [13] **HZS, Hasičský zbor Zlínského kraje.** *Detektory požáru.* Web. <https://www.hzscr.cz/clanek/detektory-pozaru.aspx>.
- [14] **HONZÍK, Petr.** *Jak funguje kouřový požární hlásič.* Web, 2015. <https://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/pozarni-detektory/jak-funguje-kourovy-pozarni-hlasic-%5Bb062%5D>.
- [15] **MBED.** *NUCLEO-F401RE.* Web. <https://os.mbed.com/platforms/ST-Nucleo-F401RE/>.
- [16] **TIŠŇOVSKÝ, Pavel.** *Architektura mikrořadičů s jádry ARM Cortex-M0 a ARM Cortex-M0+.* Web, 2015. <https://www.root.cz/clanky/architektura-mikroradicu-s-jadry-arm-cortex-m0-a-arm-cortex-m0/>.

- [17] **ST.** *STM32 Dynamic Efficiency MCU, Arm Cortex-M4 core with DSP and FPU, up to 512 Kbytes of Flash memory, 84 MHz CPU, Art Accelerator.* Web. <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f401re.html>.
- [18] **ST.** *UM1724 User manual.* Web. https://www.st.com/resource/en/user_manual/dm00105823-stm32-nucleo-64-boards-mb1136-stmicroelectronics.pdf.
- [19] **MBED.** *An introduction to Arm Mbed OS 5.* Web. <https://os.mbed.com/docs/mbed-os/v5.15/introduction/index.html>.
- [20] **ST.** *Integrated Development Environment for STM32.* Web. <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html>.
- [21] **CUI, DEVICES.** *Product spotlight: piezo and magnetic buzzers.* Web. <https://www.cuidevices.com/product-spotlight/piezo-and-magnetic-buzzers>.
- [22] **DRATEK.** *Akustický bzučák pro jednodeskové počítače.* Web. <https://dratek.cz/arduino/849-eses-akusticky-bzucak-pro-jednodeskove-pocitace.html>.
- [23] **EL-PRO-CUS.** *What is a GSM Technology : Architecture & Its Applications.* Web. <https://www.elprocus.com/gsm-technology-architecture-its-applications/>.
- [24] **SIMCom.** *SIM800H&SIM800L_Hardware Design_V2.02.* Web. <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.775-083.1.pdf>.
- [25] **LASKAKIT.** *GPRS GSM Module SIM800L V2.0 5V, microSIM.* Web. <https://www.laskakit.cz/miniaturni-sim800l-v2-0-5v-gprs-gsm-module--microsim/#relatedFiles>.
- [26] **Geek, Electronics.** *SIM800L GSM MODULE 5v version 2.0.* Web. <https://geekelectronics.io/shop/sim800l-gsm-module-5v-version-v2-0/>.
- [27] **TruSens.** *PIR Motion Module.* Web. https://static.rapidonline.com/pdf/78-4110_v1.pdf.
- [28] **Silvan Chip Electronics, Tech.Co.** *BISS0001 PIR CONTROLLER.* Web. <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132257/SILVAN/BISS0001.html>.
- [29] **DRATEK.** *Jazyčkový magnetický kontakt.* Web. https://dratek.cz/arduino/7700-jazyckovy-magneticky-kontakt.html?gclid=CjwKCAiAyPyQBhB6EiwAFUuaklUSaih5MMQ5E470Qvb37IXWOfj8qBbMUWAzsYj2oE_0bX-nEIO1gBoCa44QAvD_BwE.
- [30] **SUNROOM.** *Flame Sensor - 5mm IR Diode - YG1006.* Web. <https://www.sunrom.com/p/flame-sensor-5mm-ir-diode-yg1006>.
- [31] **SUNROOM.** *Fire Flame Sensor Module.* Web. <https://www.sunrom.com/p/fire-flame-sensor-module>.
- [32] **DRATEK.** *Senzor plamene infračervený detekční modul.* Web. https://dratek.cz/arduino/1520-senzor-plamene-infracervený-detekční-modul.html?gclid=CjwKCAjwve2TBhByEiwAaktM1B2wfJOKdBznhtfXaQo1oCgiObriFY87ptJkYGIcTKEB-nXNfSSciBoCYz8QAvD_BwE.

- [33] **Henan Hanwei, Electronics.** *MQ-9 Semiconductor Sensor for CO/Combustible Gas.* Web. <http://www.haoyuelectronics.com/Attachment/MQ-9/MQ9.pdf>.
- [34] **Henan Hanwei, Electronics.** *MQ-2 Semiconductor Sensor for Combustible Gas.* Web. <https://www.pololu.com/file/0J309/MQ2.pdf>.
- [35] **COMPONENTS101.** *Introduction to Gas Sensors: Construction Types and Working.* Web, 2020. <https://components101.com/articles/introduction-to-gas-sensors-types-working-and-applications>.
- [36] **DRATEK.** *MQ9 MQ-9 CO senzor oxidu uhelnatého.* Web. <https://dratek.cz/arduino/1169-mq9-mq-9-co-senzor-oxidu-uhelnateho.html>.
- [37] **DRATEK.** *MQ2 MQ-2 senzor hořlavých plynů propanu, butanu, metanu, vodíku.* Web. <https://dratek.cz/arduino/1074-mq2-mq-2-senzor-horlavych-plynu-propanu-metanu-butanu-vodiku.html>.
- [38] **BUREŠ, Jiří.** *Hustota - plyny.* Web. <http://www.converter.cz/tabulky/hustota-plynu.htm>.
- [39] **PLATYCZ.** *platy-elektromontér.* Web. <https://www.platy.cz/platy/elektrotechnika-a-energetika/elektromonter?search=1>.
- [40] **JABLOTRON.** *Bezpečný a komfortní domov.* Web. https://www.blackdolphin.cz/_files/ugd/6692f8_006601b829964ab6a62df8e22449fe4b.pdf.

Příloha A: Vytvořený software

```
1 #include <mbed.h>
2 #include <string>
3
4 InterruptIn reset (PC_13);
5 InterruptIn reset_out (D12);
6 InterruptIn presence_loop (D4);
7
8 DigitalOut alarm_led (LED2);
9 DigitalOut alarm_led_out (D13);
10 DigitalOut alarm_siren (D9,1);
11
12 DigitalIn magn_in (D10);
13 DigitalIn infr (D5);
14 DigitalIn gas (D6);
15 DigitalIn PIR (D11);
16 DigitalIn smoke (D7);
17 DigitalIn fire_loop (D8);
18
19 AnalogIn infr_a (A0);
20 AnalogIn gas_a (A1);
21 AnalogIn smoke_a (A2);
22
23 RawSerial sim800 (D8, D2);
24
25 Timer ignor;
26 Timer sendtime;
27
28 int start_time, end_time=0, ignor_time=0;
29 int s_start, s_end=0, send_time=0;
30 int flag = 0; //určí jaký sensor detekuje
31 int flag_t=0;
32 bool flag_s=0;
33
34
35
36 void interrupt_reset () {
37     flag=0;
38     alarm_led.write (0);
39     alarm_led_out.write (0);
40     alarm_siren.write(1);
41 }
42
43 void interrupt_st () {
44     ignor.reset();
45     ignor.start();
46     start_time=ignor.read();
47     while (!presence_loop) {}
48 }
49
50 void interrupt_et () {
51     ignor.stop();
52 }
53
54 void sim800_upload(){
55     string data;
56     float gas=gas_a.read()*1.7;
57     float smoke=smoke_a.read()*1.7;
58     if(flag_s==1) data="GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=XINX7V2ZXLXEX92F&field2="+to_string(flag_t)+"\r\n";
59     else data = "GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=XINX7V2ZXLXEX92F&field3="+to_string(gas)+"&field4="+to_string(smoke)+"\r\n";
60     char *datap = &data[0];
61     sim800.puts("AT+CIPMUX=0\r\n");
62     ThisThread::sleep_for(2000);
63     sim800.puts("AT+CSIT=\\"internet.t-mobile.cz\","gprs\","gprs"\r\n");
64     ThisThread::sleep_for(1000);
65     sim800.puts("AT+CIICR\r\n");
66     ThisThread::sleep_for(3000);
67     sim800.puts("AT+CIPSR\r\n");
68     ThisThread::sleep_for(2000);
69     sim800.puts("AT+CIPBSPRT=0\r\n");
70     ThisThread::sleep_for(3000);
71     sim800.puts("AT+CIPSTART=\\"TCP\","api.thingspeak.com\","80"\r\n");
72     ThisThread::sleep_for(6000);
73     sim800.puts("AT+CIPSEND\r\n");
74     ThisThread::sleep_for(4000);
75     sim800.puts(datap);
76     ThisThread::sleep_for(8000);
77     sim800.puts(0x1A);
78     ThisThread::sleep_for(1000);
79     sim800.puts("AT+CIPSHUT\r\n");
80     ThisThread::sleep_for(1000);
81     sim800.puts("AT+CSCLK=2\r\n");
82 }
83
84 void text_SMS () {
85     string text = "TEST";
86     if (flag==1)text = "POPLACH: Zaznamenan pohyb na poseмку";
87     if (flag==2)text = "POPLACH: Dvere jsou otevreny";
88     if (flag==3)text = "POPLACH: Otevreny ohen v dome";
89     if (flag==4)text = "POPLACH: Nebezpečna uroveň plynu";
90     if (flag==5)text = "POPLACH: Nebezpečna uroveň kouře";
91     char *textp = &text[0];
92     sim800.puts("AT\r\n");
93     ThisThread::sleep_for(1000);
94     sim800.puts("AT+CMGPF=1\r\n");
95     ThisThread::sleep_for(1000);
96     sim800.puts("AT+CMGS=\\" \r\n");
97     ThisThread::sleep_for(1000);
98     sim800.puts(textp);
99     ThisThread::sleep_for(1000);
100    sim800.puts(0x1A);
101    ThisThread::sleep_for(1000);
102    flag_s=1;
103    sim800_upload();
104    flag_s=0;
105 }
```



```

107 void sim800_recv(){
108     char letter;
109     while (sim800.readable()) {
110         letter=sim800.getc();
111         if (letter=='2') {
112             interrupt_et ();
113         }
114     }
115 }
116
117 int main() {
118
119     sim800.puts("AT\r\n");
120     ThisThread::sleep_for(1000);
121     sim800.puts("AT+CSCLK=2\r\n");
122     ThisThread::sleep_for(1000);
123
124     reset.fall(interrupt_reset);
125     reset_out.rise(interrupt_reset);
126     presence_loop.fall(interrupt_et);
127     presence_loop.rise(interrupt_et);
128
129     sendtime.start();
130     s_start=sendtime.read();
131
132     while(1) {
133         end_time=ignor.read();
134         ignor_time = end_time-start_time;
135         sim800_recv();
136         if (flag>0) {
137             flag_t=flag;
138             alarm_led_out.write(1);
139             alarm_led.write(1);
140             alarm_siren.write(0);
141             text_SMS();
142             //ThisThread::sleep_for(300000);
143             ThisThread::sleep_for(60000);
144             alarm_siren.write(1);
145             while (flag > 0) {
146                 ThisThread::sleep_for(60000);
147             }
148         }
149         if (presence_loop.read()==1 && ignor_time>=30){
150             interrupt_et();
151             if (PIR.read()==1) flag=1;
152             if (magn_in.read()==0) flag=2;
153         }
154         if (fire_loop.read()==1){
155             if (infr.read()==0) flag=3;
156             if (gas.read()==0) flag=4;
157             if (smoke_a.read()>=0.8 || smoke.read()==0) flag=5;
158         }
159
160         if (reset==0) {
161             while (!reset) {}
162         }
163         if (reset_out==0) {
164             while (!reset_out) {}
165         }
166
167         s_end=sendtime.read();
168         send_time=s_end-s_start;
169         if (send_time >= 600){
170             sim800_upload();
171             sendtime.reset();
172             s_start=sendtime.read();
173         }
174     }
175 }

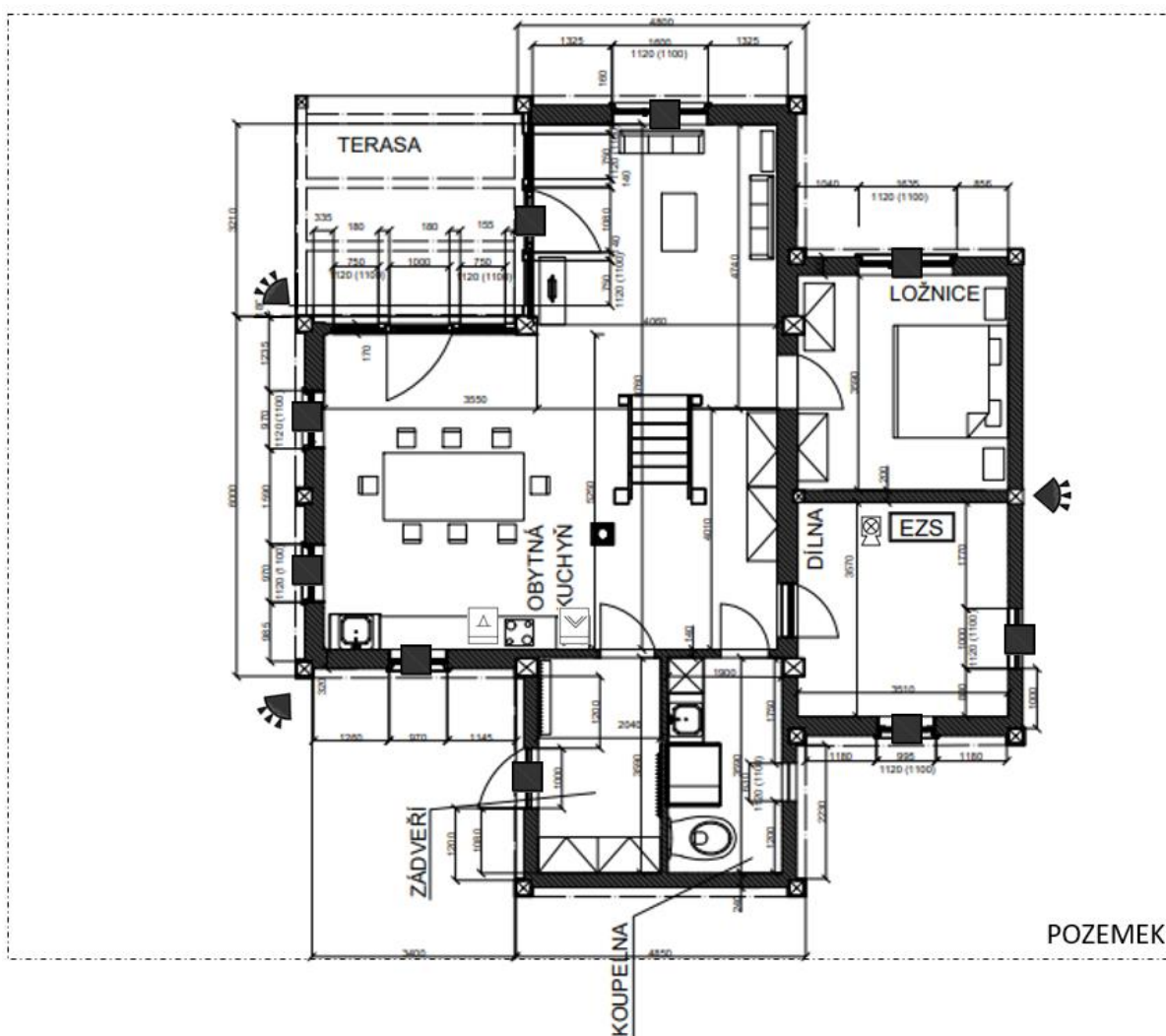
```

Příloha B: Použití modelu EZS v rodinném domě

Schématické značky	
■	Magnetický kontakt
◀	PIR detektor
△	Detektor plamene
∨	Detektor plynů
⬆	Detektor kouře
EZS	Ústředna
⊗	Výstražné zařízení s blikačem

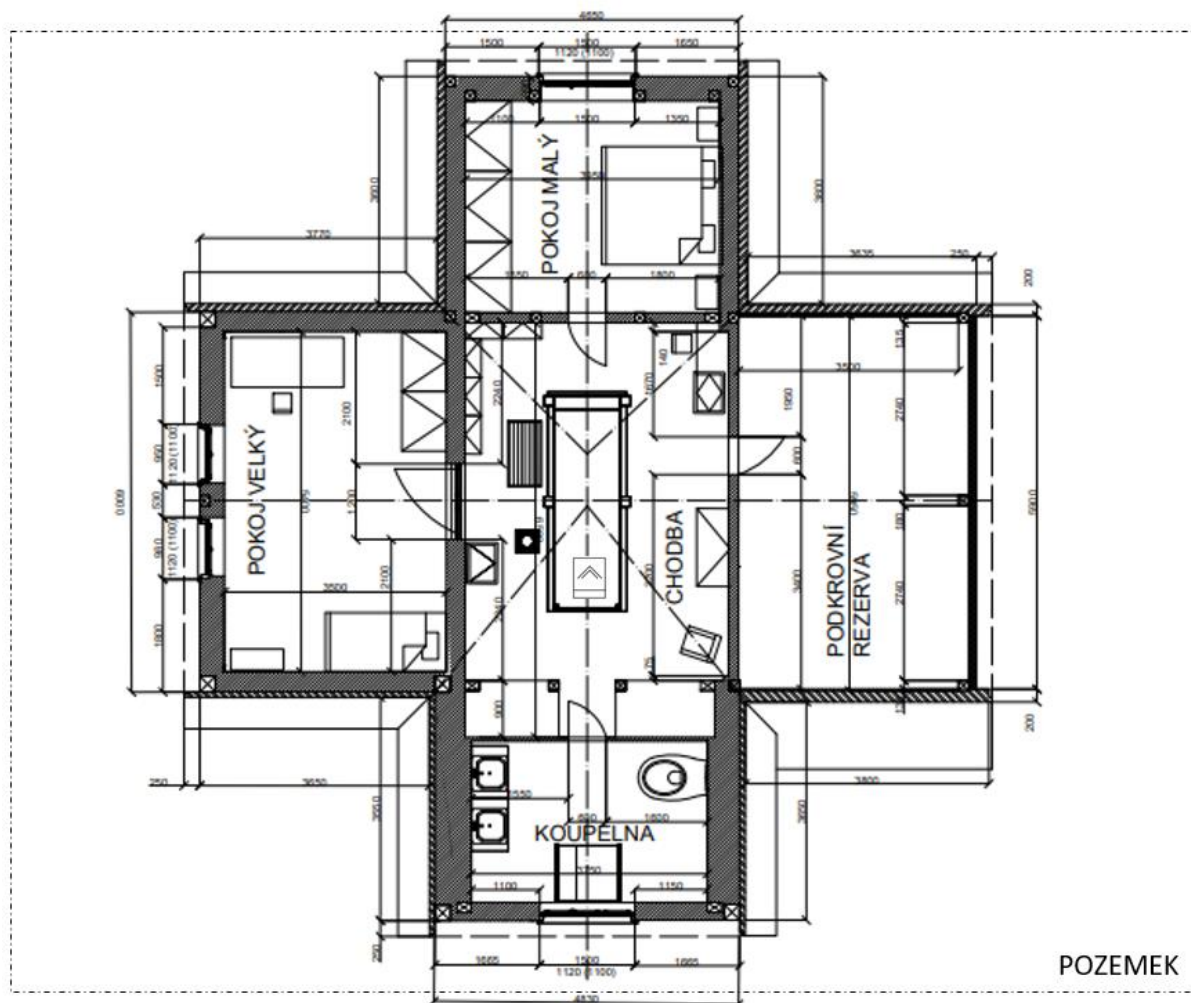
Obrázek 32: Legenda schématických značek

PŮDORYS 1. NADZEMNÍHO PODLAŽÍ



Obrázek 33: Příklad rozvržení EZS, první podlaží

PŮDORYS 2. NADZEMNÍHO PODLAŽÍ



Obrázek 34: Příklad rozvržení EZS, druhé podlaží