

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ**



**ELEKTRONICKÉ
ZABEZPEČENÍ OSOBNÍHO
AUTOMOBILU S GSM
KOMUNIKÁTOREM**

2019

**BC . MAREK
HENDRYCH**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra mikroelektroniky

**Elektronické zabezpečení osobního automobilu s GSM
komunikátorem**

Electronic security of a car with a GSM communicator

diplomová práce

Studijní program: Elektronika a komunikace

Studijní obor: Elektronika

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

Bc. Marek Hendrych

Praha 2019

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hendrych** Jméno: **Marek** Osobní číslo: **434947**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra mikroelektroniky**
Studijní program: **Elektronika a komunikace**
Studijní obor: **Elektronika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Elektronické zabezpečení osobního automobilu s GSM komunikátorem

Název diplomové práce anglicky:

Electronic security of a car with a GSM communicator

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte rozbor stávajícího stavu řešení zabezpečovacích systémů pro automobil s využitím GSM komunikátoru.
2. Navrhněte elektronický zabezpečovací systém s GSM komunikátorem. Systém musí zajistit funkce: informace o narušení, zpětná komunikace z mobilního telefonu k systému, zpětné vysílání dat z mobilního telefonu k řízení funkcí automobilu (např. pomocí SMS). Pro řízení využijte vhodný typ mikropočítače (např. Arduino nebo podobný) zajišťující základní funkce systému, tj. centrální jednotky, senzorů a aktuátorů včetně komunikace.
3. Realizujte funkční model navrženého zařízení s názornými definovanými funkcemi systému. Dosažené výsledky porovnejte s popř. dostupnými výsledky podobných systému nebo profesionálními komerčně dostupnými systémy. Proveďte úvahu o vhodnosti Vašeho návrhu z hlediska komerčního využití.
4. Proveďte jednoduchý ekonomický rozbor s úvahou pro výrobu navrženého systému.

Seznam doporučené literatury:

1. Neumann,P.-Uhlíř,J.: Elektronické obvody a funkční bloky (I, II), ČVUT 2001
2. Krejčířik A.: SMS, GSM pagery a alamy, nakladatelství BEN, Praha 2004
3. <https://www.jablotron.com/cz/produkty/autosortiment/zabezpeceni/>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

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

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

Datum zadání diplomové práce: **12.02.2019**

Termín odevzdání diplomové práce: _____

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2020**

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

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací na téma: „Elektronické zabezpečení osobního automobilu s GSM komunikátorem“ vypracoval samostatně s přispěním vedoucího práce a používal jsem pouze literaturu uvedenou v závěru práce. Souhlasím se zapůjčováním práce a jejím zveřejňováním.

V Praze dne 14. 5. 2019

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval panu prof. Ing. Miroslavu Husákovi, CSc. za vedení mé diplomové práce, konzultace a cenné rady.

Anotace

Diplomová práce popisuje současné trendy v zabezpečení automobilu, využívané principy a zejména systémy využívající komunikaci prostřednictvím GSM. Principy jsou doplněny popisem konkrétních produktů. Z nich vycházející praktická část se zaměřuje na kompletní ovládání autoalarmu skrze SMS zprávy, kdy byl kladen důraz na nová a nestandardní řešení. Vše za cílem zvýšení úrovně zabezpečení automobilu, jeho částí i předmětů uvnitř vozu.

Abstract

The diploma thesis describes current trends in car security, used principles and particularly systems using GSM communication. The principles are complemented by a description of specific products. The practical section is focused on complete control of the car alarm via SMS messages, where new and non-standard solutions were emphasized. All in the purpose of increasing the level of car security, its parts and items inside the car.

Obsah

Seznam použitých zkratk	8
Seznam použitých symbolů	9
1 Úvod	10
2 Zabezpečení vozidla	11
3 Mechanická opatření	11
4 Elektronické systémy	12
4.1 Imobilizér	13
4.2 Autoalarm	14
4.3 Senzory	14
4.3.1 Dveřní kontakt	14
4.3.2 Otřesový a náklonový senzor, akcelerometr, gyroskop	15
4.3.3 PIR – pasivní infračervené senzory	16
4.3.4 Ultrazvukové senzory	17
4.3.5 Mikrovlnné senzory	17
4.3.6 Senzory rozbití skla	18
4.4 Úvod do GSM – Global system for mobile communication	18
4.5 Vzdálené ovládání	18
4.6 Bezpečnostní systémy s GSM komunikátorem	19
4.6.1 Jablotron CA-2103 GSM/GPS autoalarm	19
4.6.2 Autoalarm Tytan DS 512 GPS	20
4.6.3 Mikro alarm Flajzar EMA2	21
5 Praktická část – návrh a realizace	22
5.1 Výběr řídicí jednotky	22

5.2	Návrh.....	23
5.2.1	Napájecí zdroj.....	23
5.2.2	GSM komunikátor.....	24
5.2.3	GPS lokalizace	27
5.2.4	Senzory indikující narušení	28
5.2.5	Doplňkové senzory	31
5.2.6	Akční členy.....	33
5.3	Realizace	36
5.3.1	Deska plošného spoje	37
5.3.2	Oživení a testování	38
5.3.3	Funkce, režimy	40
5.3.4	Srovnání s komerčně dostupnými autoalarmy	45
5.3.5	Ekonomický rozbor	47
6	Závěr.....	49
7	Použitá literatura.....	50
8	Seznam obrázků	51
9	Seznam tabulek.....	52
10	Seznam rovnic	52
11	Seznam příloh.....	52
12	Přílohy	53

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
AT	AT-language, příkazy k ovládání modemů
Bluetooth	Bezdrátová komunikace mezi dvěma zařízeními
buck	Architektura napájecího zdroje snižující napětí
CAN	Controller area network – automobilová sběrnice
char	Datový typ, znak
C++	Objektově orientovaný programovací jazyk
EEPROM	Electrically erasable programmable read-only memory
FAT	File Allocation Table
Flash	Paměť typu RAM, nezávislá na napájení
GPS	Global positioning system – družicový systém k určování polohy
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global system for mobile communication – nejrozšířenější buňková síť
IP	Stupeň krytí elektrického zařízení
IR	Infrared radiation
I ² C	Inter-Integrated Circuit
LED	Light-Emitting Diode
MEMS	Micro electro mechanical systems
MMS	Multimedia Messaging Service
MP3	Ztrátová kompresní audio formát
OBD	On-board diagnostics
PCO	Pult centralizované ochrany
PIN	personal identification number
PIR	Passive infrared – pasivní infračervený pohybový senzor
PWM	Pulse Width Modulation
RFID	Radio frequency identification – radiofrekvenční identifikace
RS232	Sériové komunikační rozhraní
SD	Secure Digital
SIM	Subscriber Identity Module
SMA	Koaxiální konektor
SMD	Surface Mount Device
SMS	Short message service
SPI	Serial Peripheral Interface
SRAM	Static Random Access Memory
String	Datový typ, řetězec znaků
tamper	Ochrana proti úmyslnému poničení
TDMA	Time Division Multiple Access
UART	Universal Asynchronous Receiver and Transmitter
USB	Universal Serial Bus
VIN	Vehicle identification number – Identifikační číslo vozidla
Wiring	Programovací jazyk pro mikrokontroléry
8SD	Schvalovací značka Ministerstva dopravy ČR

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
c	m.s^{-1}	Rychlost ultrazvuku
f	Hz	Frekvence
I	A	Elektrický proud
l	m	Vzdálenost
R	Ω	Elektrický odpor
T	$^{\circ}\text{C}$	Teplota
t	s	Čas
U	V	Napětí
v	m.s^{-1}	Rychlost

1 Úvod

Obchod s automobily a jejich součástmi je v České republice velmi lukrativní a stáváme se pomyslným skladištěm náhradních dílů nejen pro náš trh, ale i zahraniční státy. Nejen, že přes nás ze západu proudí auta stará, technicky nevyhovující či dokonce kradená směrem dále na východ, ale velké množství aut je k nám dováženo za účelem rozebrání a rozprodání náhradních dílů. U nás nicméně dochází i k nelegální registraci takových vozidel. Ke změně identity vozu dochází pomocí přelakování či přeražení čísel karoserie a následné registraci pod falešnými doklady zejména z důvodu mezer v legislativě. Ze stejných důvodů dochází ke krádežím automobilů i u nás, většina je okamžitě rozebrána na úroveň součástek nebo jsou odvezena za hranice. Nejčastěji se jedná o vývoz opět na východ, Polsko, Rusko, ale třeba i Afrika. Sjednocení technických požadavků motorových vozidel pro provoz na pozemních komunikacích napříč Evropou by situaci také mohlo zlepšit, zejména u starých vozidel. Většina dnešních automobilů disponuje zabezpečovacím systémem a případným pachatelům komplikuje při snaze o odcizení celého automobilu práci. Ovšem většina zlodějů v Česku nemá za cíl odcizit celý automobil, terčem krádeží se stávají části vozu a v největším počtu osobní předměty z kabiny vozu. Trend se ubírá směrem k rychlému opuštění místa činu s největším možným ziskem a také je ovlivněn aktuální poptávkou bazarového obchodu [1][2].

Rozsah kriminality na vozidlech a její pokles závisí na několika aspektech. Základním faktorem je ekonomická situace státu a automobilového průmyslu, nejen aut nových, ale i na trhu ojetin a použitých náhradních dílů. Zpřísnění legislativy a vylepšení identifikačních opatření vozidel, jejich důkladnější kontroly a dokumentace také kriminalitu potlačují. Nové technologie a postupy napomáhají policii k rychlejší komunikaci a informovanosti napříč odděleními, a ke zefektivnění práce policie dochází také na poli prevence, opatření proti nelegální činnosti či samotném pátrání. Bezpečnostní složky státu jsou samozřejmě základním pilířem ochrany majetku.

Výše uvedené faktory občan a majitel automobilu nemůže ovlivnit, nicméně má možnost se na bezpečí svého majetku podílet sám. Preventivní opatření a použití bezpečnostních systémů má výrazný vliv na snížení rizika krádeže. Používání v automobilech standardně dodávaných systémů je velice důležité, přidáním dodatečné ochrany se riziko odcizení ještě více snižuje. Kombinací prevence, standardního a doplňkového zabezpečení lze potenciální hrozbu značně eliminovat. A přestože neexistuje systém, který by automobil před krádeží či poškozením ochránil stoprocentně, je nutné vyvíjet a používat nové systémy, které pachatele odradí, případně minimalizují škody [1][2][3].

2 Zabezpečení vozidla

Snadnou a zároveň nenákladnou variantou ochrany je prevence. Základem je parkování na bezpečném místě a využívání stávajícího zabezpečení. Vhodné je garážové stání nebo hlídané parkoviště, alternativou pak parkování v místech střežených kamerovým systémem nebo alespoň na přehledném a v noci osvětleném místě. Účelné je i transparentní využívání některých mechanických systémů či pouhé uschování viditelných a lákavých předmětů z kabiny vozu. Pouhým upozorněním na zvýšené zabezpečení, například v podobě samolepky od výrobce zabezpečení, lze pachatele před samotným činem odradit. Již funkčním označením je pískování či leptání autoskel případně jiných součástí. Jedná se o přenesení VIN kódu či jiné kombinace znaků na všechna skla automobilu, tím jsou znehodnocena pro použití na jiném voze. Na kovové díly se aplikují identifikátory inteligentního kovového prachu ve formě mikrovloček nebo se využívají elektronické čipy, ty pachatel na první pohled zvenčí nezaregistruje [1][2][4][5].

3 Mechanická opatření

Mechanickým zabezpečením se rozumí fyzická ochrana automobilu proti odcizení, respektive mechanické zábrany, zámky apod., které mají pachateli co nejvíce ztížit práci a oddálit či znemožnit odjezd vozidla. Nedokáží tedy zabránit vandalismu ani jinému druhu poškození, zejména vnějších částí vozu. Tato opatření jsou nejčastěji využívaná, kvalitní produkty jsou obtížně překonatelné, snadno se obsluhují a dají se pořídit poměrně levně. Mechanické zabezpečovací systémy jsou do aut mnohdy instalovány již ve výrobě, každopádně je lze osadit i dodatečně, mnohé jsou mobilní a instalaci zvládne řidič svépomocí [1][6].

Jako ochrana proti vniknutí do kabiny automobilu se využívají bezpečnostní fólie nalepené na vnitřní straně skel. Fólie zvyšuje celkovou odolnost okna a rozbití je mnohem náročnější než u pouhého skla, jsou v podstatě jedinou mechanickou variantou ochrany osobních věcí a vybavení v kabině [7]. Krádežím dílů se lze bránit jen stěží a nadstandardní fyzické zabezpečení máme pouze v podobě bezpečnostních šroubů na disky kol. Šrouby jsou namísto klasické šestihřanné hlavy opatřeny hlavou unikátní, na kterou lze nasadit pouze speciální nástavec a až poté je možné šroub povolit. S kolem je spojeno i zařízení pro blokadu celého vozu, tzv. botička. Zřetelné a účinné opatření před neoprávněným odjezdem celého vozidla [1].

Odjezdu vozidla lze bránit i blokováním ovládacích prvků. Nejznámější a velmi účinné zařízení je zámek řazení. Principem zámku je aretace jednoho převodu, znemožnění řazení jednotlivých rychlostních stupňů, a tím omezení jízdy s automobilem po jeho nastartování. Dle konstrukce a použití rozdělujeme na vnější zámky, jež aretují řadicí páku pomocí viditelného třmenu (spony). A na vnitřní, které jsou umístěny ve středovém tunelu a viditelný je pouze otvor pro klíč. U vnitřních zámků rozlišujeme aretaci řadicích táhel vysouvacím čepem nebo uzamčení řadicí páky svorníkem (fyzická závora) [1][5][6].

Sériově montovanou i mobilní ochranou je blokování volantu proti otočení. Je jím vybavena většina nových vozidel, k aretaci dochází v okamžiku, kdy ve spínací skříňce není klíč a někdo se volantem snaží pootočit. Absenci sériového zámku volantu lze nahradit přenosnými zábranami v podobě tyčí, pák a ramen, které zamezují většímu pohybu tak, že jsou zapřeny o pevnou část vozu. Navíc jsou v autě nepřehlédnutelné [1][5][6].

S běžným autem nelze odjet bez použití pedálů, proto jejich zablokováním též bráníme neoprávněné manipulaci. Mechanické zařízení, které spojí brzdový a spojkový pedál, alias zámek pedálů, lze použít na téměř všechny typy vozidel s manuální i automatickou převodovkou. Principem je znemožnit sešlápnutí jednotlivých pedálů, nejen že je tím vyloučena běžná jízda vozu, ale v kombinaci se zámkem řazení nelze automobil ani odtáhnout (na tažném laně). Zámek pedálů je díky kvalitním materiálům a umístění na špatně přístupném místě obtížně překonatelný [1][6].

4 Elektronické systémy

Elektronické zabezpečení je pasivním či aktivním doplňkem k mechanickým systémům, úkolem je monitorovat dění v okolí a uvnitř vozu a zabezpečit jej. Disponuje senzory a detektory pro vyhodnocení situace a v případě potřeby dokáže vozidlo imobilizovat, vyrozumět majitele či pult centralizované ochrany i odradit pachatele.

Spolehlivost a správné vyhodnocování jsou základními předpoklady pro potlačení planých poplachů a zvýšení účinnosti celého zařízení. Variabilitou umístění, zapojení i použitými prvky se zlepšuje odolnost vůči překonání. Systémy instalovány sériově mohou být pachatelům známy.

Elektronická zabezpečovací zařízení v automobilech musí splňovat přísné podmínky pro homologaci, aby neohrozila bezpečný provoz na pozemních komunikacích. Přezkoumání těchto norem se provádí v akreditovaných zkušebnách a schválené výrobky disponují značkou 8SD s číslem, pod kterým je daný produkt schválen. Rádiová zařízení, dálkové ovladače, pagery, vyhledávače apod. musí být schváleny Českým telekomunikačním úřadem [1][6].

4.1 Imobilizér

Imobilizér je pasivní zabezpečení, ověřuje přítomnost pravého klíče ve spínací skříňce automobilu a zabraňuje neoprávněným startům. Je aktivován zapnutím spínací skříňky, funkce spočívá v přerušování elektrických okruhů za nepřítomnosti správného klíče a povolení startu klíčem oprávněným. Dle typu rozlišujeme imobilizéry implementované přímo v řídicí jednotce motoru, kde dochází k blokování startu přímou deaktivací potřebných periférií a systémy externí. Zabudovaná zařízení zabrání už samotnému pokusu o start, například je deaktivována spínací skříňka a není povolen vstřik paliva. Externí imobilizéry pouze přerušují elektrické okruhy. Nejčastěji tři okruhy s proudovou zatížitelností od 10 A do 30 A v sepnutém stavu. Použity jsou pro odpojení obvodů potřebných ke startu motoru, zejména k přerušení obvodu zapalování, řídicí elektroniky startéru, palivového čerpadla či řídicí jednotky vstřikování paliva. Nicméně lze přerušit téměř jakýkoli elektrický okruh v automobilu dle požadavků majitele vozu a možností imobilizéru.

Součásti imobilizéru:

- klíč zapalování s transpondérem
- cívka pro přenos informací umístěna ve spínací skříňce
- řídicí jednotka imobilizéru / řídicí jednotka motoru

Transpondér je čip, který nese bezpečnostní kód, jež je ověřován imobilizérem. Jedná se o pasivní součástku pracující na principu obdobném RFID čipu, k aktivaci a následnému přenesení kódu dojde při vložení klíče do spínací skříňky, kdy cívka vybudí elektromagnetické pole potřebné k napájení transpondéru a proběhne přenos dat indukční vazbou. Data jsou několika typů, základem je pevná část a údaje od výrobce, konkrétně typ vozidla a identifikační číslo řídicí jednotky motoru, tyto složky se nemění. Variabilní složkou je tzv. plovoucí kód, který je při každém startu náhodně generován a je využit v příštím cyklu. Před každým startem se celý přenesený kód z transpondéru porovnává s údaji řídicí jednotky, které jsou uloženy na sériové paměti EEPROM. Při shodě je řídicí jednotkou povolen start, v opačném případě dojde k zablokování startu. Obdobným způsobem jsou porovnávány kódy například u bezdrátových imobilizérů.

Pomocí diagnostických přístrojů lze skrze rozhraní OBD nahrávat do řídicí jednotky nové klíče. Přístup je možný pouze se znalostí bezpečnostního kódu řídicí jednotky, který je v databázi výrobce. Zde vzniká takřka jediný prostor k překročení této ochrany, známé jsou pokusy o přepis paměti řídicích jednotek či podsouvání přítomnosti oprávněného klíče. Samotný transpondér je možné naklonovat a celý systém obejít. Mechanické zneškodnění je velice zdlouhavé, pro zloděje na ulici téměř nemožné. Kabeláž vedoucí k imobilizéru je všechna téže barvy, bez jakýchkoliv popisů a celé zařízení je nerozebíratelné. Jednotlivé typy navíc deaktivují různé činnosti vozidla a jsou ukryty na odlišných místech. Návody k montáži či schémata by měla být dostupná pouze pro autorizované servisy [1][5][8].

4.2 Autoalarm

Je aktivní zabezpečovací zařízení. Na rozdíl od imobilizéru, který zabraňuje krádeži automobilu, je autoalarm v podstatě poplachové zařízení monitorující vnější vlivy. Poškození či pokus o překonání zabezpečení je důvodem k poplachu. Jedná se o soustavu čidel a detektorů v čele s řídicí jednotkou, běžné jsou například dveřní kontakty, náklonové, otřesové, PIR, ultrazvukové a infračervené senzory či detektory rozbití skla. Hlídáno je i napětí baterie, pokus o sabotáž nebo úroveň signálu v případě bezdrátového spojení. Vyspělejší typy podporují komunikaci po sběrnici CAN, čímž je možné detailněji monitorovat dění samotného automobilu a snadněji aktivovat opatření. Spuštění poplachu standardně aktivuje sirénu a varovná světla, iniciuje případná další opatření včetně imobilizéru či informuje PCO a majitele o změně stavu. U automobilů, které jsou vybaveny radiovým vyhledáváním jej navíc může aktivovat, stejně je tomu i s lokací skrze GPS souřadnice. Dle typu je autoalarm ovládán současně s odemkáním automobilu, RFID nebo čipovou kartou a dálkově přes rádiový ovladač případně GSM. Modely se schopností datové komunikace GSM je možné v mobilní aplikaci sledovat nepřetržitě a do jisté míry vozidlo ovládat. Běžně lze sledovat aktuální polohu vozu, aktuální stav zabezpečení (uzamčení vozu), nebo na dálku spustit poplach. Může posloužit k odehnání pachatele či zvěře, ale na parkovišti může být užitečný i pro nalezení vozidla [1][2][5][6].

4.3 Senzory

Monitorování automobilu případně jeho okolí zprostředkovávají alarmu senzory. Ty přímo ovlivňují možnost a přesnost rozpoznání narušení. Ať už sledovanou veličinou či přesností. Jedna řídicí jednotka může být skladbou sensorů přizpůsobena různým potřebám a prostorům. Senzory mohou mít analogový i digitální (dvoustavový) výstup nebo komunikovat po sběrnici. Sběrnice umožňuje snadnou komunikaci a individuální skladbu sensorů. Zabezpečovací systém je poté složen z jednotlivých na sobě nezávislých bloků, snadno modifikovatelný a rozšiřitelný.

4.3.1 Dveřní kontakt

Základním senzorem je spínací či rozpínací kontakt. Mechanické provedení je založeno na vnějším působení síly, kdy jsou k sobě dle typu přitlačeny, případně odtrženy kontakty a je sepnut nebo přerušen elektrický obvod. V automobilech se kontakty používají k detekci otevření kapoty či dveří. Mechanické provedení je většinou tvořeno jedinou částí, ta je pevně uchycena ke karoserii vozu. Ke změně stavu senzoru dochází zavřením či otevřením samotných dveří nebo kapoty.

Na stejném principu jsou založeny i magnetické dveřní kontakty. Sensor složený ze dvou částí, permanentního magnetu a jazýčkového kontaktu. Přiblížením magnetu k jazýčkovému kontaktu dochází ke spojení či rozpojení elektrického obvodu v závislosti na logice kontaktu. Výstup kontaktu nabývá dvou stavů – spojeno nebo rozpojeno. Doplněním rezistorů vznikne vyvážená smyčka, s níž lze detekovat i poškozenou kabeláž a v případě použití tamperu i sabotáž [1][9]. Mechanický kontakt určený k montáži pod kapotu motorového prostoru je na obrázku 1.



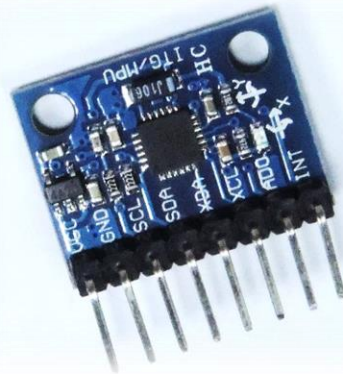
Obrázek 1 - Mechanický kapotový kontakt

4.3.2 Otřesový a náklonový senzor, akcelerometr, gyroskop

Otřesový senzor sleduje otřesy a vibrace a zajišťuje plášťovou ochranu automobilu před násilným vniknutím či vandalismem. Starší typy jsou založeny na piezoelektrickém senzoru. Piezoelektrický měnič na základě vibrací generuje elektrický signál úměrný amplitudě otřesů. Signál je obvykle filtrován, aby nedocházelo k falešným poplachům. Prakticky jsou otřesy zaznamenány do paměti a řídicí elektronika čeká, zda se budou opakovat. Až opakovanými otřesy se vyvolá poplach. Citlivost senzoru je filtrem nastavitelná. Digitálním řešením otřesového senzoru je akcelerometr, senzor sledující zrychlení v jednotlivých osách. Princip je založen podobně jako u nejstarších otřesových čidel na pružině nesoucí závaží. Při zrychlení dochází k vychýlení hmoty z rovnovážné polohy. Se znalostí aktuální polohy, tuhosti pružiny a hmoty lze dopočítat zrychlení dané osy a tím určit velikost otřesu. V integrované podobě se nejedná o klasickou pružinu a závaží, ale pomocí MEMS struktur vytvořené závěsy, na kterých je zavěšena hmota hřebenovitěho tvaru. Proti ní je protichůdně vytvořen hřeben tak, aby do sebe hřebeny zapadaly. Méně citlivé typy detekují kolizi hřebenovitých struktur, dokonalejší na základě měření kapacit dokáží přesně určovat aktuální zrychlení. Použitím třech těchto struktur otočených vzájemně o 90° je dosaženo pokrytí všech os [1][9][10].

Náklonový senzor snímá náklon vozu a jeho aktuální výchylku od původního stavu. Je také součástí plášťové ochrany a zabezpečuje automobil před neoprávněnou manipulací či odtahem. Konstrukčně dělíme náklonoměry na mechanické a digitální. Mechanické obsahují kyvadlo, nejčastěji rtuťové, vlivem náklonu dojde k dotyku s vodivou stěnou a aktivaci výstupu. Tyto senzory většinou sledují dvě osy náklonu. Jsou levná, ale poměrně necitlivá. Digitální náklonový senzor pracuje na základě gyroskopu, ten sleduje otáčení ve všech třech osách a dokáže určit přesný náklon. Princip je založen na rotujícím tělese, jehož trajektorie se při naklonění začne stáčet. V závislosti na smyslu stáčení roste či klesá úhlová rychlost tělesa a lze přesně určit aktuální náklon. U současných gyroskopů je princip rotujícího tělesa nahrazen rezonujícím diskem. Miniaturním diskem vytvořeným přímo na čipu technologií MEMS, který se skládá z mnoha vibrujících plátů uspořádaných do kruhu. S náklonem se disk deformuje a mění své vlastnosti. Na základě změny se určí úhlová rychlost. Umístěním třech rezonujících disků vzájemně natočených o 90° na jeden čip jsou pokryty všechny tři osy náklonu [1][9][10].

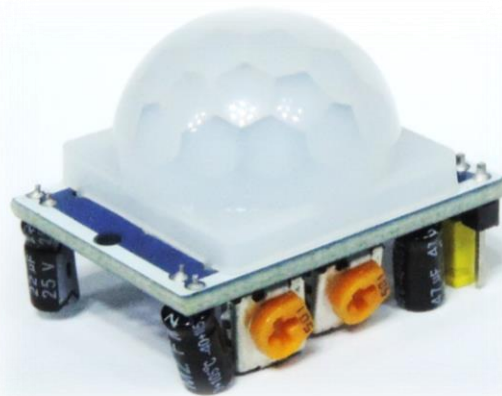
Modul akcelerometru a gyroskopu viz obrázek 2.



Obrázek 2 - Akcelerometr a gyroskop MPU 6050

4.3.3 PIR – pasivní infračervené senzory

Instalují se do chráněného prostoru a kontrolují pohyb osob a zvířat. Detekce je založena na vyzařování objektů v infračervené oblasti. Záření dopadá skrze optiku a filtr na pyrosenzor. Optika tvořená Fresnelovými čočkami, soustavou křivých zrcadel nebo černými zrcadly rozdělí dopadající záření, na detektor tak dopadají jednotlivé segmenty záření. Detekce je založena na diferenciálním snímání IR záření. Pohyb ve střeženém prostoru je rozpoznán na základě změn dopadajícího záření sousedních segmentů. Změna teploty v místnosti ani změna teploty statického tělesa detekovány nejsou. Z konstrukce vyplývá nejvyšší citlivost senzoru kolmo k vyzařovací charakteristice, tedy je diferenciální změna za pohybu největší. PIR senzor se instaluje na pevný podklad, dle vyzařovací charakteristiky do rohu nebo na strop a s ohledem na detekovatelný pohyb. Pro potlačení falešných poplachů není vhodné jej směřovat k oknům, radiátorům nebo do zdroje světla. V automobilech se instalují PIR senzory s vyzařovacím úhlem 360° na stropnici. Pasivita umožňuje v jednom hlídaném prostoru instalovat více totožných senzorů [1][9][11]. PIR senzor je zobrazen na obrázku 3.



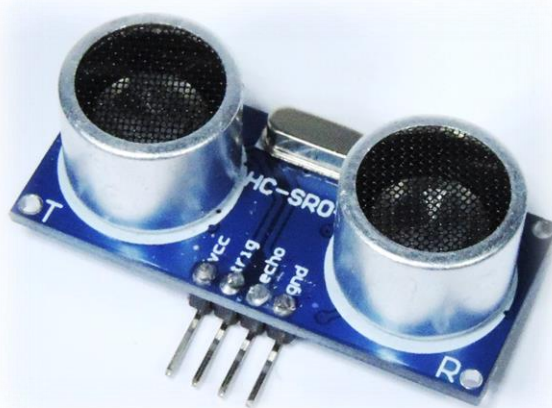
Obrázek 3 – Infračervený pasivní senzor – PIR HC-SR501

4.3.4 Ultrazvukové senzory

Pohyb předmětů neohledě na jeho vyzařování zaznamená ultrazvukový senzor. Aktivní senzor vysílající do prostoru elektromagnetické vlny, standardně o kmitočtu $f_0 = 40$ kHz. Dojde-li mezi vysílačem a přijímačem k pohybu jakéhokoli předmětu o rychlosti v , vysílaný signál dopadá na přijímač s pozměněnou fází, tzv. Dopplerův jev. V závislosti na aktuální rychlosti ultrazvuku c dopadá na přijímač signál o frekvenci f , viz rovnice (1).

$$f = \frac{f_0}{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \quad (1)$$

Alternativou je měření aktuální vzdálenosti předmětů od senzoru, ta se vypočítává na základě rychlosti šíření ultrazvuku v prostoru. Porovnává se tedy čas vyslaného pulsu s přijatým. Citlivost a vyhodnocování spočívá v řídicí elektronice senzoru. V autoalarmech se ultrazvukové senzory používají pro jejich spolehlivou detekci pohybu s potlačením falešných poplachů od teplotních změn či světelného záření. Umístění je vhodné na místo, odkud senzor pokryje celý prostor kabiny vozu, zpravidla do horní části předních A sloupků. Vysílání zamezuje použití více ultrazvukových senzorů v jednom prostoru, navzájem by se rušily [1][9][11]. Ultrazvukový senzor pro měření vzdálenosti je na obrázku 4.



Obrázek 4 - Ultrazvukový senzor HC-SR04

4.3.5 Mikrovlnné senzory

Využívají totožný princip detekce pohybu jako ultrazvukový senzor, rozdíl je ve frekvenčním pásmu. Mikrovlnné senzory využívají pásma 2,5 GHz, 10 GHz nebo 24 GHz. Vhodné jsou ke střežení volných ploch i uzavřených prostor. Uvnitř se negativně projevují vysoké pracovní frekvence. Signál může pronikat sklem, karoserií i netěsnostmi ven a detekovat pohyb mimo hlídaný prostor. Z tohoto důvodu nejsou v automobilech příliš využívány. Odlišná frekvence vysílaného signálu jednotlivých senzorů umožňuje použití více kusů v jednom prostoru bez vzájemného ovlivnění. Svými vlastnostmi se doplňují se senzory PIR, s nimiž jsou kombinovány [11].

4.3.6 Senzory rozbití skla

Na základě změn tlaku a specifického zvuku je možné určit rozbití skla bez jeho fyzické kontroly. Tzv. senzor rozbití skla zaznamenává akustické změny a zvuky. Časovou analýzou a porovnáním zvuků je schopen určit tříštění skla. Při úderu do skla nastává tlaková vlna, vlnění o silné amplitudě s nízkým kmitočtem. V okamžik rozbití následuje tlakovou vlnu další, slabší vlnění o vyšším kmitočtu. Kritické je vyhodnotit časovou souslednost, intenzitu i kmitočty. Vstup senzoru je opatřen filtrem, aby byly sledovány pouze žádoucí frekvence. Následně jsou vyhodnoceny amplitudy a interval mezi nimi. Senzor je umístěn, tak, aby nic nebránilo volnému šíření zvuku od hlídaných skel. Přestože je umístěn v kabině automobilu a často je kombinován například s PIR, tvoří senzor rozbití skla plášťovou ochranu vozidla a informuje o pokusech narušení [9].

4.4 Úvod do GSM – Global system for mobile communication

Nejrozšířenější bezdrátový standard fungující na principu buněk. Mobilní zařízení se připojují do sítě skrze nejbližší buňku. Ty jsou celkem čtyři: makro, mikro, piko a deštníkové buňky. Makrobuňkou označujeme anténu umístěnou nad úrovní střech, typicky na stožárech či střechách výškových budov. Využívá se dosah až 35 km. Mikrobuňky jsou umístěny pod úrovní střech, používají se ve městech, svým signálem pokrývají okolí vzdálené 300 m až 500 m. Pikobuňky jsou zřizovány uvnitř budov a objektů s dosahem několik desítek m. Doplňkové deštníkové buňky jsou využívány v místech se slabým signálem. Účastník je v síti přepojován, aby byl na co nejkratší vzdálenost od buňky a nedocházelo k výpadku služeb v případě pohybu mobilního zařízení. Prostřednictvím jednoho komunikačního kanálu (na jedné frekvenci) je přenášeno 8 nebo 16 uživatelů. Účastníci jsou přepínáni v časovém multiplexu, tzv. TDMA a každý má vyhrazen přesný čas komunikace, přepínání probíhá po zhruba 0,577 ms. Zároveň jsou nosné vlny jednotlivých kanálů vzdálené o 200 kHz, je vytvářen i multiplex frekvenční, FDMA. Pro vysílání používají mobilní zařízení frekvence od 890 MHz do 915 MHz, naopak příjem probíhá na frekvencích od 935 MHz do 960 MHz. GSM síť je tedy tvořena kombinovaným multiplexem TDMA/FDMA. Jedná se sice o komplikovaný systém, ovšem šetří frekvenční prostor a napomáhá odolnosti modulovaného signálu. I z těchto důvodů je složité GSM odposlouchávat [9][12].

4.5 Vzdálené ovládání

S rozvíjejícími se bezdrátovými technologiemi se otevírají nové možnosti vzdálené správy automobilu. Skrze mobilní aplikace lze ovládat nejen komfortní funkce, ale též kontrolovat aktuální stav vozidla, vzdáleně jej zamknout nebo zablokovat proti neoprávněnému užití (imobilizovat). V blízkosti je spojení navázáno prostřednictvím Bluetooth, díky datovým přenosům skrze GSM síť je automobil neustále pod kontrolou mobilního telefonu či tabletu s příslušnou aplikací. Vzdáleně je možné ověřit uzamčení celého vozu nebo dovření všech oken a dodatečně tak učinit. Mobilní zařízení dokáže zcela nahradit klasické klíče, například dokáže odemknout a nastartovat, otevřít okénka, dveře i víko kufru. Dostupná je neustále kontrola nad zabezpečovacím systémem včetně aktuální polohy. V případě narušení nebo

neoprávněného užití je majitel informován a mobilní aplikací dokáže auto zcela imobilizovat, ať ve smyslu zamezení startu, tak odstavení v případě pohybu. Odpoutat pozornost či vylekat dokáže dálkové spuštění varovných světel nebo zatroubení.

Vzhledem k rozšířené působnosti obdobných systémů v továrním provedení automobilů, kdy systém komunikuje po interních sběrnících, má přehled a spojení s celým vozem, lze ovládat takřka veškeré elektronické systémy. Stěžejní je v první řadě samotná výbava automobilu, respektive inteligence použité elektroniky, možnost zneužití a legislativa. V současné době není možné zcela ovládat automobil vzdáleně, se stejným problémem se potýkají i autonomní automobily [13].

4.6 Bezpečnostní systémy s GSM komunikátorem

Rozšíření autoalarmu o GSM modul otevírá nové možnosti bezpečí i komfortu ovládání. Mobilní komunikace umožní neustálý dohled a včasnou reakci na vzniklou situaci. Hlášení o aktuálním dění v okolí vozu dostane majitel přímo na svůj mobilní telefon, například v podobě SMS zprávy. Informace v případě sjednané služby dostává i PCO. U vyspělých autoalarmů je možné na dálku vozidlo imobilizovat, přesně zaměřit nebo aktivovat další opatření. Některé komunikátory zvládají přenos datových paketů třeba skrze GPRS, veškerá data jsou neustále dostupná v mobilní aplikaci nebo na webu.

Jednotlivé produkty se liší schopnostmi GSM komunikátoru a možnostmi vzdálené obsluhy, dovybavením GPS nebo komunikací po sběrnici CAN. S odlišným vybavením se liší i přístup k celé problematice a úroveň ochrany i ovládání.

4.6.1 Jablotron CA-2103 GSM/GPS autoalarm

Verze reset 2 s ovládáním pomocí originálního klíče, dálkového ovladače, SMS zpráv, mobilní aplikací, hlasovým menu či RFID kartou, podpora bezklíčového odemykání a startu. Základní výbavu tvoří GPS modul, který každých 20 s určuje a ukládá polohu. Dle požadavků informuje o pohybu mimo povolené zóny. Připojení na sběrnici CAN. Střežení automobilu pomocí dveřních kontaktů, náklonového a ořesového senzoru, mikrovlnného, magnetického a PIR, detektoru rozbití skla a dalších až 24 bezdrátových senzorů. Soustavně sledována je úroveň GSM signálu a napětí autobaterie. Alarm disponuje záložní baterií. Ovládán je imobilizační okruh do proudu 12 A, externí siréna, varovná světla případně modul pro spínání spotřebičů, například topení. Při poplachu je spuštěna siréna a varovná světla a je aktivován imobilizační okruh. Na mobilní telefon majitele přijde SMS zpráva s podrobnostmi o narušení, stejně tak na bezpečnostní centrum. Automobil je blokován do zásahu majitele a deaktivace systému. Ovšem vzdáleně může být automobil blokován trvale i po odjištění.

Skrze GSM je vzdáleně nahráván nový firmware, dále umožňuje dohled PCO nebo informuje o nehodě automobilu. Datový přenos podporuje monitoring a kompletní vedení knihy jízd. Funkce SINFO informuje majitele o každém startu. Příchozí SMS od neregistrovaných čísel jsou automaticky přesměrovány majiteli vozu. V případě výpadku GPS je podporována lokalizace na základě GSM sítě.

Majitel automobilu je informován o aktuálním stavu i indikační LED diodou a sirénou. Akusticky probíhá potvrzení o zajištění a odjištění vozu, případně o problémech systému, například o nedostupnosti GSM sítě. Podobně signalizační dioda svým svitem, blikáním značí zajištění či odjištění, odchodové zpoždění i poruchy. Zjištění stavu automobilu je možné i z nezaregistrovaného telefonního čísla se znalostí příkazů a bezpečnostního kódu nebo na webu.

Rozmístění senzorů je individuální dle použitých typů a podléhá pravidlům viz kapitola 4.3 Senzory. Řídicí jednotka alarmu, GSM a GPS anténa jsou umístěny pod palubní deskou v okolí volantu řidiče. Siréna je v motorovém prostoru na příčce oddělující kabinu a imobilizér v blízkosti řídicí jednotky motoru [14]. Instalační schéma autoalarmu Jablotron CA-2103 je zobrazeno v příloze I.

4.6.2 Autoalarm Tytan DS 512 GPS

Rozšiřuje možnosti ovládání bezpečnostních prvků pomocí SMS zpráv a mobilní aplikace. Alarm je vybaven integrovaným GSM modulem, externí GPS anténou, zvládá komunikaci po sběrnici CAN, včetně zápisu a ovládání některých funkcí vozu. Prostřednictvím této komunikace je alarm aktivován originálním klíčem vozu a naopak je možné autoalarmem vůz uzamknout, stahovat okénka nebo otevírat víko zavazadlového prostoru. Základní informace pro střežení přichází právě po sběrnici CAN, dále je do interiéru instalován ultrazvukový senzor a náklonový snímač. Kontrolován je nepřetržitě stav autobaterie a v případě jejího odpojení ji nahradí zabudovaný záložní akumulátor. Pokud dojde k narušení, je odeslána informace o způsobu narušení včetně aktuální polohy na přednastavené telefonní číslo. Dle nastavení je aktivován tichý nebo hlasitý poplach, tichý odešle SMS a aktivuje imobilizační okruh, hlasitý navíc spustí varovná světla a sirénu. Hlasitý poplach lze vyvolat i na dálku, jedná se o tzv. protiúnosový režim, aktivuje se SMS zprávou. Stejným způsobem se poplach i deaktivuje. Zprávy od cizích příjemců nebo s neplatným zadáním jsou přesměrovány na registrované číslo. Pomocí zpráv či mobilní aplikace lze vzdáleně měnit nastavení v servisním režimu. Fyzicky probíhá konfigurace pomocí počítače skrze mini USB konektor, skrze něj a komunikaci po CAN je možné provést i základní diagnostiku vozidla. Aktualizace firmwaru je omezena na fyzické spojení s počítačem. Jednoduchým úkonem jsou deaktivovány vnitřní senzory pohybu, automobil je tedy chráněn plášťovou ochranou a uvnitř mohou být například zvířata. O podobných změnách, problémech nebo uzamčení vozidla informuje indikační LED dioda, případně akustickým signálem i siréna.

Umístění alarmu je vzhledem ke kompaktnosti a nízkému krytí IP doporučeno v interiéru na skrytém a těžko přístupném místě, například pod palubní deskou nebo v zavazadlovém prostoru. Zřetel je nutné brát na integrovanou GSM anténu a omezený dosah GPS antény, není tedy vhodná poloha mezi plechovými dílci. Zejména pro přesné určení polohy je vhodné GPS anténu co nejméně zastínit [15]. Schéma zapojení autoalarmu Tytan DS 512 GPS je v příloze II.

4.6.3 Mikro alarm Flajzar EMA2

Alternativou běžného autoalarmu je mikro alarm společnosti Flajzar. Ovládání probíhá SMS příkazy, telefonním hovorem nebo bezdrátovou klíčenkou. EMA2 obsahuje mikro USB port pro napájení v případě použití mimo automobil, skrze něj se také připojuje externí anténa pro GPS lokalizaci. Napájení je zálohováno vestavěným akumulátorem, s dobou provozu až sedm dní při absenci napájení. Aktivací alarmu je automobil sledován bezdrátovým PIR senzorem a detektorem otřesů. Při narušení dostává uživatel informační SMS zprávu. Jediným indikačním či akčním členem jsou stavové LED diody. Svou snadnou instalací, pouze zasunutím do autozásuvky, je tento alarm přenosný. Konfigurace a prvotní nastavení probíhají přes počítač nebo konfiguračními SMS zprávami [16]. Tělo alarmu a klíčenka pro dálkové ovládání jsou zobrazeny na obrázku 5.



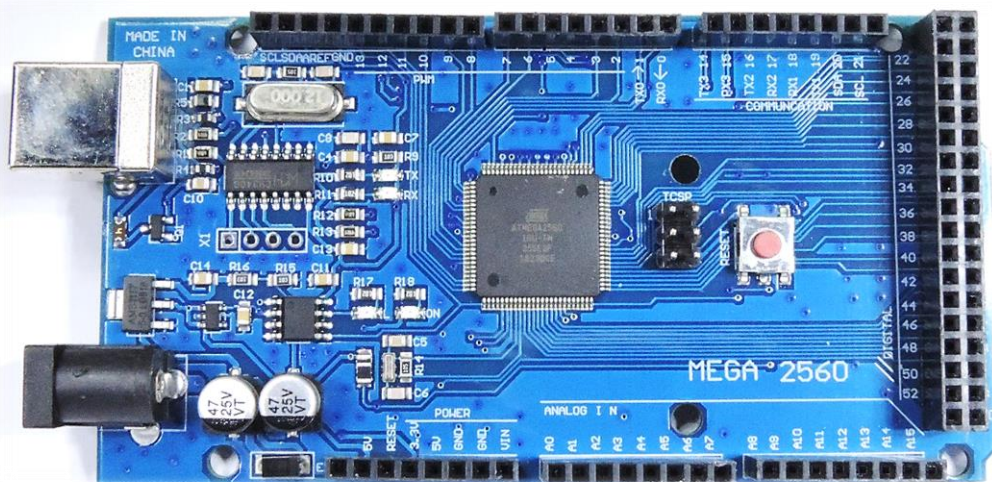
Obrázek 5 - Mikro alarm Flajzar EMA2 [16]

5 Praktická část – návrh a realizace

Cílem této diplomové práce je navrhnout a pomocí mikropočítače realizovat elektronický zabezpečovací systém s GSM komunikátorem pro střežení a ovládání automobilu. V první řadě je zapotřebí zvolit typ mikropočítače, pomocí kterého bude celý systém řízen.

5.1 Výběr řídicí jednotky

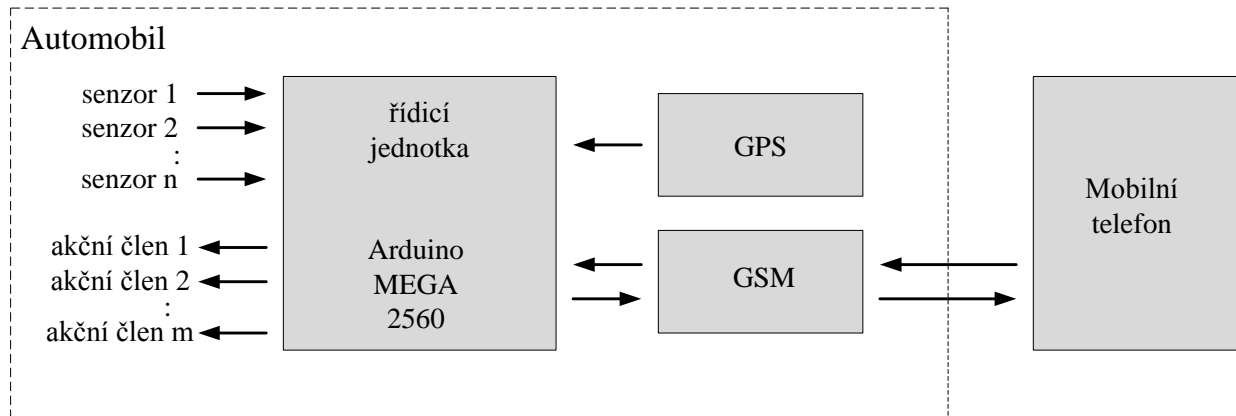
Zabezpečovací systém hlídá automobil na základě údajů ze senzorů, kvalitní autoalarmy mají více druhů senzorů pro přesnou detekci narušení. Některé mohou být použity vícenásobně s různým umístěním. V případě narušení jsou aktivována opatření a spuštěny akční členy, započata GSM komunikace či lokalizace polohy. To vše klade nároky na řídicí jednotku, její schopnosti, velikost paměti, počty vstupně výstupních pinů či schopnosti komunikace s periferiemi. S ohledem na velký počet periférií a předpokládanou složitost kódu byla v souladu se zadáním zvolena vývojová platforma Arduino, konkrétně Arduino MEGA 2560 REV3. Základem je mikrokontrolér firmy Atmel, ATmega2560-16AU pracující na frekvenci 16 MHz, paměťmi EEPROM o velikosti 4 kB, SRAM 8 kB a Flash 256 kB. Disponuje padesáti čtyřmi vstupně výstupními piny, čtyřmi hardwarovými a jedním programovým UART portem, komunikací po SPI a sběrnici I²C. Šestnáct vstupních pinů je analogových a čtrnáct výstupních poskytuje PWM regulaci. Na platformě Arduino se jedná o jeden z největších kitů, je kompatibilní s většinou dostupných periférií. Velikostí i parametry vhodný pro náročné projekty. Mikrokontrolér je programován skrze USB typu B, za nímž je převodník na sériovou linku RS232. Programování standardně probíhá ve vývojovém prostředí Arduino IDE v jazyce Wiring. Ten je založen na C++, s nímž se ve složitějších kódech kombinuje. Pokud není připojeno jiné, je kit napájen z USB konektoru, další možností je souosý konektor s lineárním stabilizátorem a rozpětím vstupního napětí 6 V až 20 V, případně napájení 5 V z jiného zdroje [17][18][20]. Vybraná řídicí jednotka je na obrázku 6.



Obrázek 6 - Vývojová platforma Arduino MEGA 2560 REV3

5.2 Návrh

Vybranou řídicí jednotku je nutné doplnit periferiemi a zajistit dle zadání následující funkce: informace o narušení automobilu, zajištění obousměrné komunikace a řízení funkcí alarmu i automobilu pomocí SMS zpráv. Koncepce je blokově zobrazena na obrázku 7.



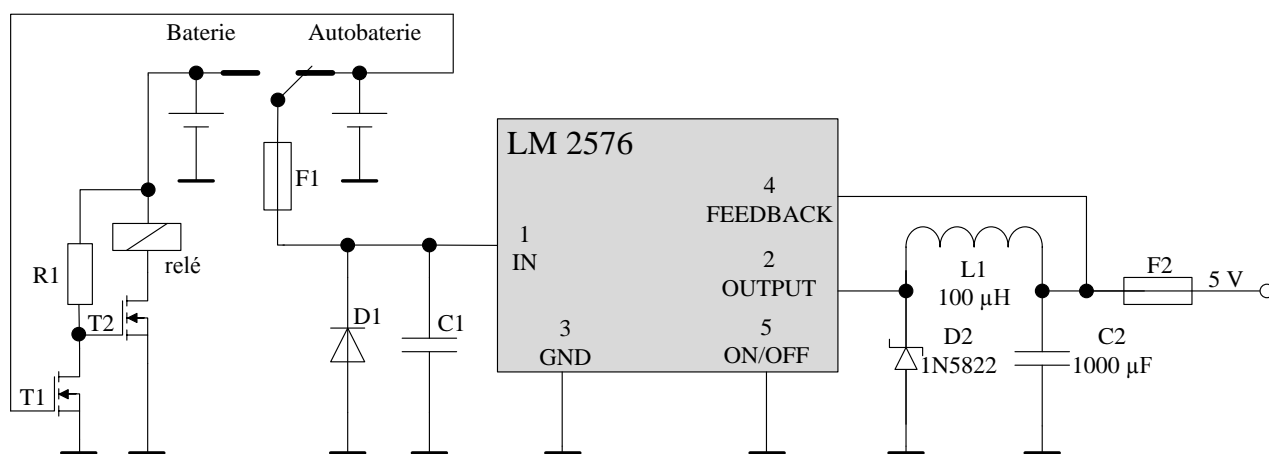
Obrázek 7 - Koncepce řešení elektronického zabezpečení automobilu

Plášťová ochrana automobilu je zajištěna dveřními kontakty, akcelerometrem a gyroskopem, uvnitř kabiny je umístěn mikrofon, který snímá akustické rázy. Prostor uvnitř vozu je monitorován PIR a ultrazvukovým senzorem. Sledovanou veličinou jsou i napětí autobaterie a záložní baterie, teplota a vlhkost. Lokalizace probíhá přes GPS modul s integrovanou anténou. Obousměrnou komunikaci a řízení přes SMS zprávy zajišťuje GSM modul. Zvukovou signalizaci zajišťují interní i externí sirény, případně klakson a pokyny ve vozidle hlasový modul. LED diody spolu s výkonnou diodou a varovnými světly obstarávají vizuální indikaci. Součástí akčních členů je imobilizér se spínacím i rozpínacím kontaktem, či dva programovatelné kontakty spínané výkonovými tranzistory.

5.2.1 Napájecí zdroj

Většina komponentů je napájena stejnosměrným napětím 5 V. Deska MEGA 2560 obsahuje lineární stabilizátor AMS1117 s rozsahem vstupních napětí 6 V až 20 V, výstupním napětím 5 V a proudem až 800 mA. Stabilizovaným napětím lze napájet i periferie. Ovšem tato varianta je ze dvou důvodů nevyhovující, maximální dodávaný proud není dostatečný pro pokrytí všech funkcí. Druhým důvodem je nízká účinnost lineárního stabilizátoru. Z těchto důvodů je třeba zdroj externí. Ke stabilizaci napětí byl zvolen obvod LM2576. Spínaný stabilizátor typu buck s rozsahem vstupního napětí 6 V až 40 V a účinností 78 %. Výstupní napětí 5 V a maximální proud 3 A zajistí pokrytí odběrových špiček například při GSM komunikaci. Na vstupu je relé přepínající mezi zdroji napájení, standardně bude energie dodávána z palubní sítě automobilu, kde je v klidu napětí cca 12,5 V, za dobíjení až cca 14,5 V. S výpadkem se relé přepne na záložní baterii. Přepojení zajišťuje dvojice unipolárních tranzistorů T1, T2 tvořící funkci negace. Připojená autobaterie otevírá T2, čímž je přizemněn gate T1 a relé zůstává ve výchozí poloze. Odpojením autobaterie a současnou přítomností záložní baterie je T2 uzavřen a T1 se otevírá, magnetický obvod relé je přizemněn a dochází k přitažení kontaktu, přepnutí na záložní baterii.

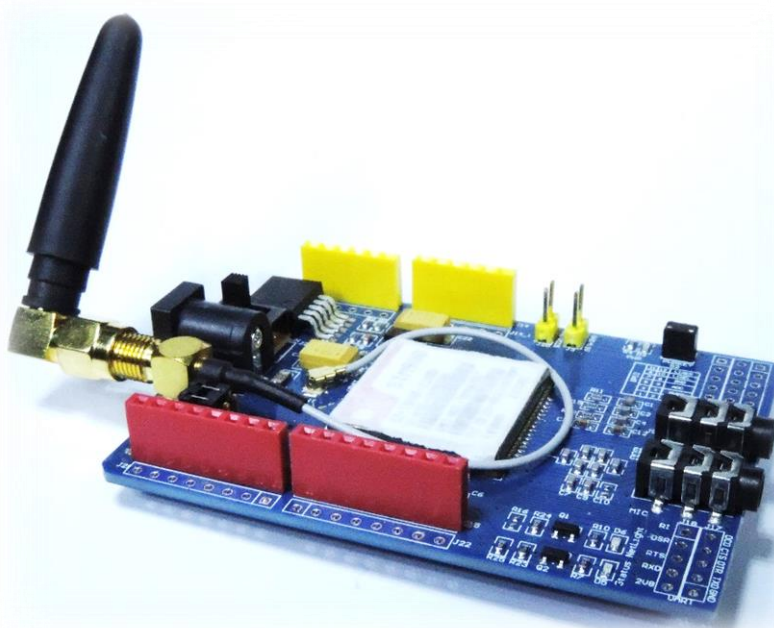
V okamžik přepínání je energie dodávána z elektrolytického kondenzátoru C1. Polarita napětí je hlídána diodou D1 a pojistkou F1 proti přepólování. Přepólováním dojde k otevření D1 prudkým nárůstem proudu se přeruší pojistka F1. Stabilizátor LM2576 je zapojen dle doporučení výrobce, tedy jako snižující měnič typu buck. Zkráceně, obvod spíná proud cívku L1, při každém přerušení tekoucího proudu na sobě cívka generuje napětí, zpětnou vazbou je kontrolována jeho velikost a upravena frekvence spínání. Elektrolytický kondenzátor C2 zajišťuje vyhlazení výstupního napětí. Touto konstrukcí je možné udržet výstupní napětí identické pro různé zátěže a velký rozsah vstupního napětí. Výstup je taktéž opatřen pojistkou F2. Popsané zapojení je na obrázku 8.



Obrázek 8 - Schéma napájecího zdroje s LM2576

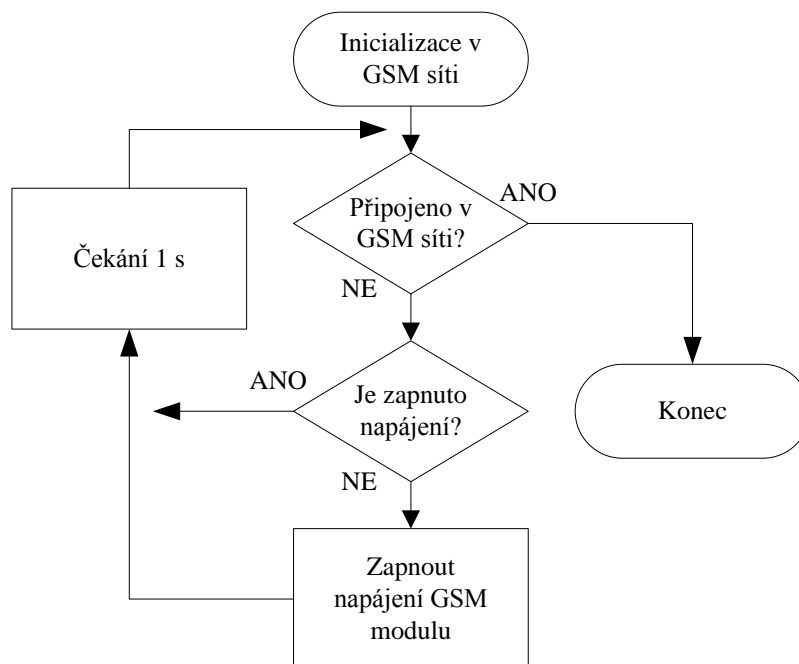
5.2.2 GSM komunikátor

Základním požadavkem na zabezpečovací systém byla obousměrná GSM komunikace, tedy odesílání informací o stavu automobilu na mobilní telefon majitele. Zpětně pak řízení funkcí bezpečnostního systému i automobilu telefonem. K realizaci této zásadní funkce je Arduino doplněno GPRS GSM modulem SIM 900, jehož základem je obvod SIM900 firmy Simcom. Tento modul ve spojení s řídicím Arduinem plnohodnotně nahrazuje mobilní telefon, podporuje SMS a MMS zprávy, GPRS i hlasové hovory. Funkčnost služeb je zajištěna po celém světě rozsahem pracovních frekvencí 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz a 1900 MHz. Po vložení aktivované SIM karty s odstraněným PIN kódem do adaptéru zespod modulu dokáže prostřednictvím těchto služeb úkolovat řídicí Arduino. Nepřímo tedy ovládat funkce a informovat o veškerém dění majitele pomocí SMS zpráv, případně hlasovým hovorem. Komunikace Arduina a GSM modulu probíhá přes rozhraní UART. Ty jsou na modulu dva, hardwarový i softwarový, právě softwarový na pinech 7 a 8 je využit. GSM modul disponuje externím spuštěním, kdy kladný puls na pinu 9 zajistí aktivaci. Modul je osazen SMA konektorem s anténou se ziskem 2,5 dB. Dále jsou zde dva konektory jack 3,5 mm pro připojení mikrofonu a sluchátek a napájecí souosý konektor s lineárním stabilizátorem. Napájení bude využito externí z výše popsaného zdroje. Samostatný GSM modul je na obrázku 9 [18][19].



Obrázek 9 - GPRS GSM modul SIM900

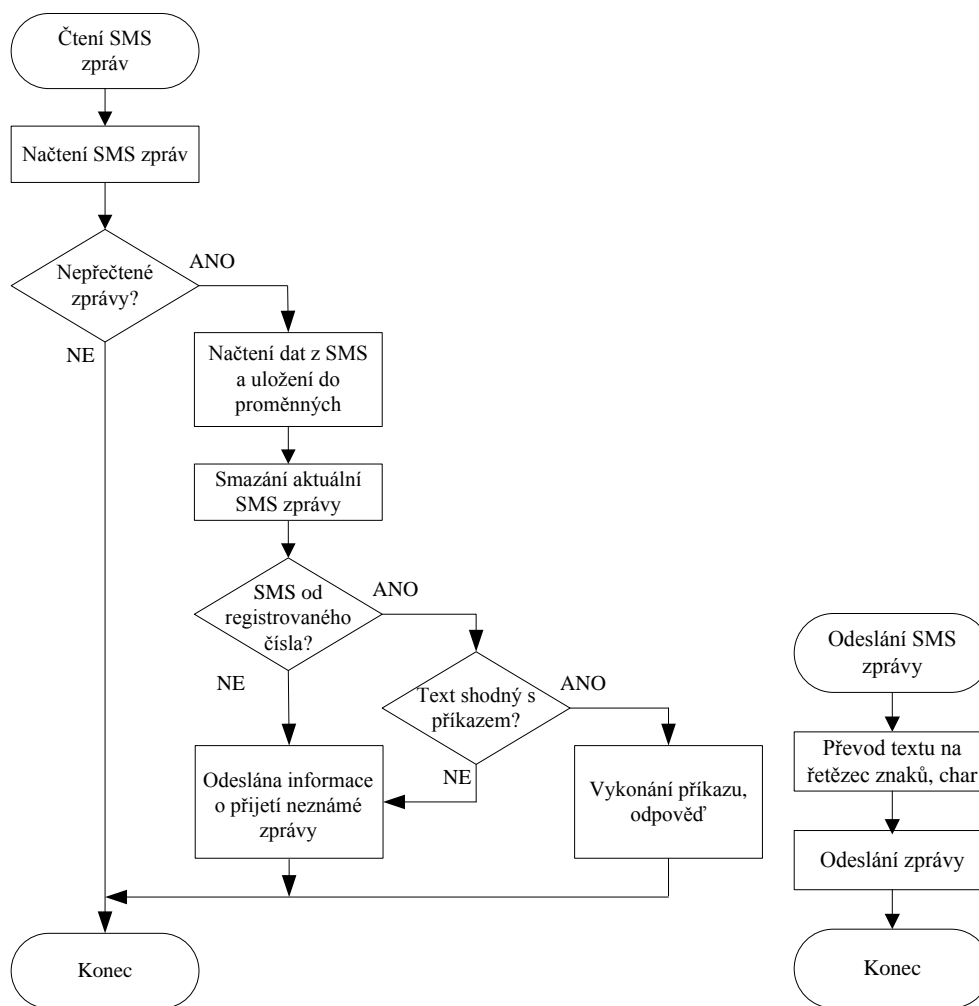
Komunikace s GSM modulem probíhá standardně zasláním AT příkazů a odpovědí modulu. Vývojové prostředí Arduino IDE využívá příkazů z knihovny *GPRS_Shield_Arduino.h* a následnému zpracování proměnných dle C++. Na začátku programu jsou importovány knihovny, definovány proměnné a přiřazeny vstupně výstupní piny. Následně probíhá inicializace modulu, pokud je vypnut, kladným pulsem na pinu 9 je aktivován. Inicializační smyčka viz obrázek 10. Část programu vykonávající inicializaci je v příloze VII.



Obrázek 10 - Inicializační smyčka GSM modulu

Inicializovaný a do sítě připojený GSM modul je připraven přijímat a odesílat SMS zprávy, které tvoří základní komunikační médium celého systému. Příjem a předávání SMS zpráv mezi GSM modulem a Arduinem probíhá v datovém typu char. Skládání zprávy před odesláním probíhá v datovém typu String a následně je převedena také na char. Délka odesílané zprávy je omezena na 160 znaků, příjemce je nastaven telefonním číslem. Běžně jsou zprávy odesílány pouze jednomu příjemci, ale je možné příjemce přidat i s odlišným oprávněním na kontrolu systému [19][20].

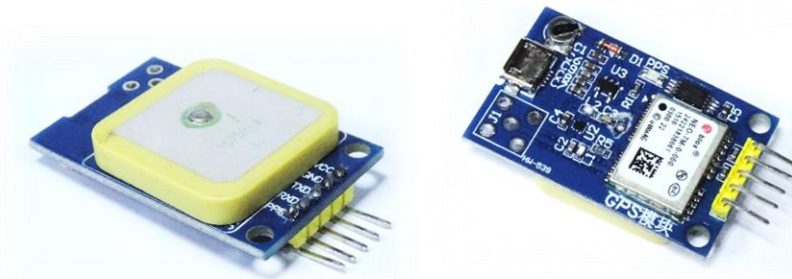
Funkce čtení SMS zpráv při každém běhu programu kontroluje počet nepřečtených zpráv. S nenulovým počtem je v pořadí první podrobena čtení. Příchozí text, délka zprávy, čas příjmu a telefonní číslo odesílatele jsou uloženy do patřičných proměnných. Zpráva je ze SIM karty smazána a dále se pracuje s daty uloženými v proměnných. Proběhne porovnání telefonního čísla s registrovaným uživatelem a pokud je shodné, nastává porovnání textu zprávy se známými příkazy. Je vykonán patřičný příkaz a odeslána zpráva o jeho provedení. Neznámá zpráva či zpráva od neznámého čísla je přeposlána uživateli s informacemi, kdy byla zpráva přijata, z jakého telefonního čísla pochází a přeposlán je i přijatý text. Na obrázku 11 vlevo je postup při čtení příchozích zpráv, napravo proces odeslání. Přímá ukázka kódu se nachází v příloze VIII.



Obrázek 11 – Příjem a odesílání SMS zpráv GSM modulem

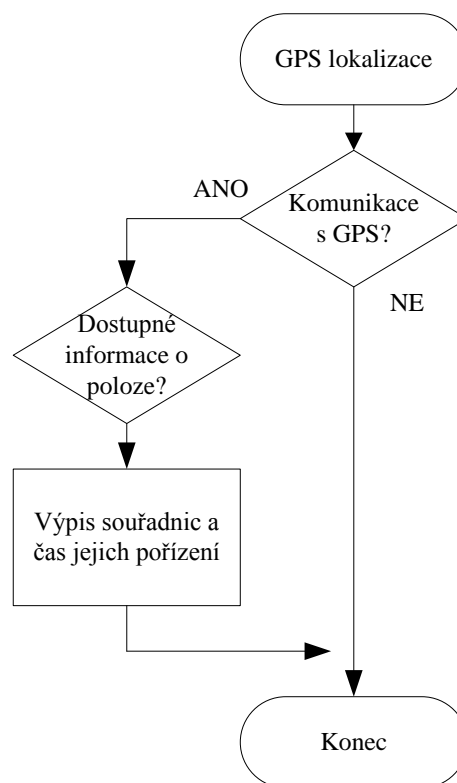
5.2.3 GPS lokalizace

Informaci o poloze systému poskytuje GPS modul NEO-7M, obrázek 12. Obvod NEO-7M od firmy Ublox je doplněn pasivní keramickou anténou a zesilovačem pro komunikaci s družicemi. Zároveň je vybaven SMA konektorem pro připojení antény s vyšším ziskem. Modul má i rozhraní mikro USB [18].



Obrázek 12 - GPS modul NEO-7M

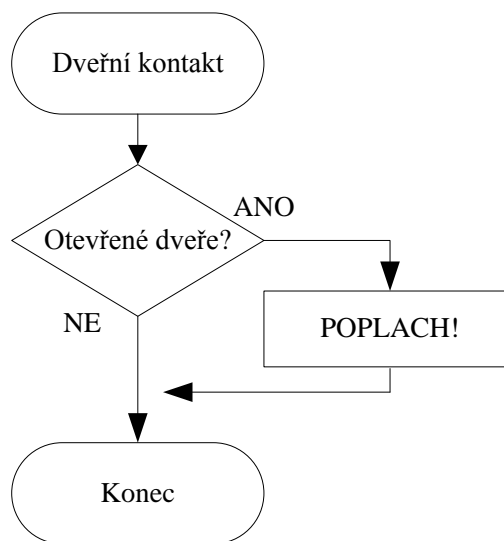
Po zahájení komunikace posílá přijaté znaky přes rozhraní UART do řídicí jednotky, která je přeloží a uloží do proměnných. K tomu je v programu využívána knihovna *TinyGPS++.h*. Z přijatých dat je vyčítán aktuální čas a datum, zeměpisná šířka, zeměpisná délka a počet dostupných družic. Minimální počet družic pro určení polohy jsou čtyři. Dostupné informace jsou složeny do datového řetězce String a připraveny k odeslání skrze SMS uživateli. Aktuální případně poslední dostupná poloha systému je poskytnuta na základě vyžádání stavovou zprávou nebo automaticky při poplachu [19]. Postup získávání polohy je popsán vývojovým diagramem na obrázku 13, program pro určení polohy je v příloze IX.



Obrázek 13 - Získávání polohy z GPS modulu

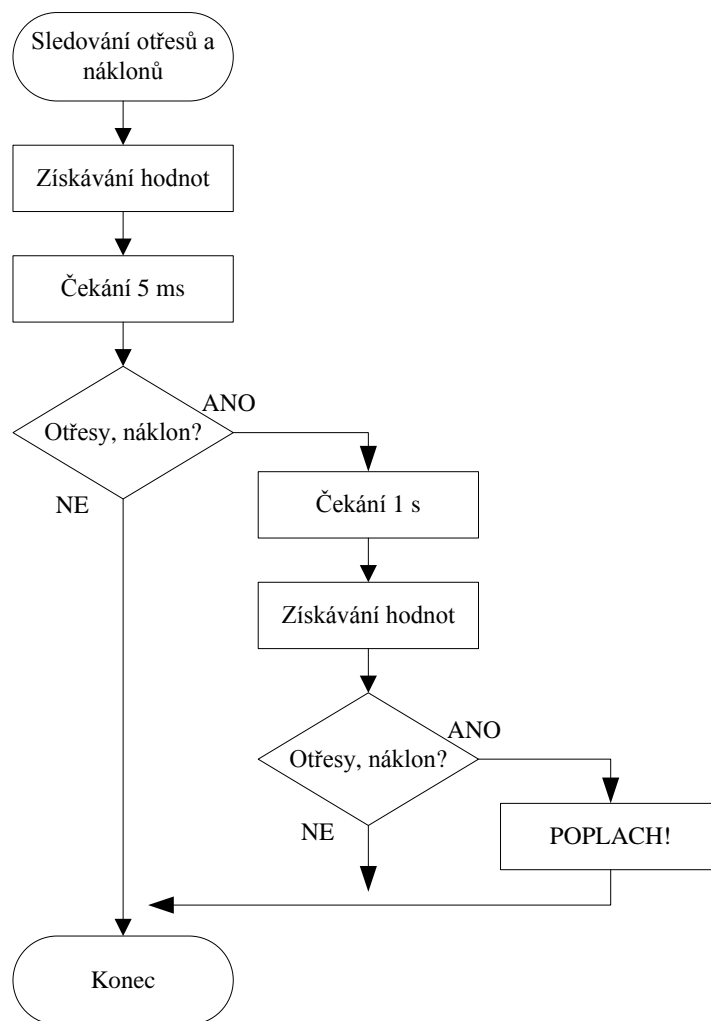
5.2.4 Senzory indikující narušení

Otevření dveří a kapoty indikuje dveřní kontakt. Použit je typ s rozpínacím kontaktem, když jsou dveře zavřené, kontakt je sepnut a naopak. V realizovaném systému je pro demonstraci použit pouze jeden kus, připojen je na vstupní pin 23, který je opatřen programovatelným pull-up rezistorem. Druhý vodič je uzemněn, vyhodnocení probíhá na základě vstupní úrovně. Sepnutý kontakt udržuje na vstupu logickou nulu, otevřením dveří nebo přerušením obvodu se na vstupním pinu objeví logická jednička. Vyhodnocení pak probíhá v nekonečné smyčce a jak je vidět z obrázku 14, přerušení obvodu znamená spuštění poplachu. Programové vyhodnocení dveřního kontaktu je v příloze X.



Obrázek 14 - Vyhodnocování dveřního kontaktu

Plášťovou ochranu doplňuje akcelerometr a gyroskop snímající vibrace a náklony automobilu ve třech osách. Použit je modul akcelerometru a gyroskopu MPU-6050 komunikující s Arduinem skrze I²C sběrnici. Zabudovaný DMP (digital motion processor) přepočítává aktuální hodnoty obou senzorů v reálném čase a výstupem jsou aktuální hodnoty všech tří os. V programu se po definici proměnných a přiřazení pinů nastaví komunikace po sběrnici I²C. Jakmile jsou dostupná data je možné určovat vibrace a náklony. Konkrétně jsou porovnávány dva stavy s časovým odstupem 5 ms. Je-li zaznamenána odchylka těchto dvou hodnot větší, než je nastavený limit, posune se program do fáze, kdy jednu sekundu čeká na další vibrace či náklony. Vyhodnocení je identické. Následující změnou kterékoli osy je vyvolán poplach, v opačném případě program pokračuje dále beze změny. Současná hranice spuštění poplachu byla určena pomocí testování v reálném automobilu. Změnou konstanty ji lze snadno změnit a nastavit systém pro jiný druh vozidla, než bylo testovací [18][19]. Porovnávání aktuální a předešlé hodnoty probíhá v nekonečné smyčce viz obrázek 15. Vyhodnocení údajů z akcelerometru a gyroskopu v programu je v příloze XI.



Obrázek 15 - Vyhodnocování akcelerometru a gyroskopu MPU 6050

Pohyb osob či zvířat v kabině vozidla monitoruje PIR senzor HC-SR501 s úhlem snímání 100° a dosahem až 7 m. Citlivost a časování, respektive čas signalizace jsou nastavitelné přímo na senzoru. Aktuální stav je signalizován změnou výstupní úrovně senzoru. Klidový režim znamená úroveň logické nuly, která se v případě detekovaného pohybu změní na logickou jedničku. V závislosti na nastavené citlivosti a časovém prodloužení. V realizovaném systému je PIR senzor připojen na vstupní pin 5, ten je programově opatřen pull-up rezistorem a případný poplach je tedy způsoben i odpojením či poškozením senzoru. Obdobný princip využívá dveřní kontakt, proto je programové vyhodnocování takřka identické [18][19].

Přesunutí či pohyb jakéhokoli předmětu rozpozná ultrazvukový senzor HC-SR04. Jedná se o ultrazvukový měřič vzdálenosti s rozsahem 2 cm až 400 cm, frekvence vysílaného signálu je 40 kHz a zorný úhel 12°. Monitorování pohybu spočívá v měření aktuální vzdálenosti nejbližšího předmětu a porovnávání s hodnotou v okamžik zapnutí. Vhodným umístěním, kdy je měřena celá délka kabiny, je docíleno pokrytí celého interiéru vozidla. Měření vzdálenosti je založeno na vyslání ultrazvukového pulsu a měření doby návratu, tedy času, za který se vlna šířila od vysílače k překážce a odrazila zpět k přijímači.

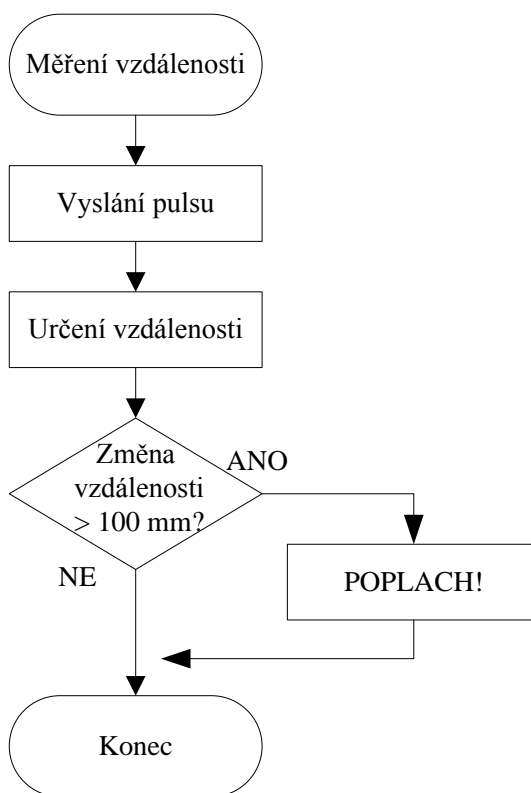
Se znalostí tohoto času a aktuální rychlosti šíření ultrazvuku ve vzduchu lze snadno dopočítat vzdálenost překážky od senzoru. Rychlost šíření ultrazvukových vln je závislá na teplotě, pro přesné určení vzdálenosti je nutné znát vždy aktuální hodnotu. Program začíná s nastavenou rychlostí 343 m.s^{-1} , což odpovídá teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Jakmile systém zná aktuální teplotu dochází k dopočítávání přesné rychlosti ultrazvuku dle rovnice (2) [18][19].

$$c = 331,57 + 0.607 * T \quad (2)$$

Samotný výpočet vzdálenosti je součinem rychlosti ultrazvuku a času od vyslání do přijetí pulzu. Překážka je vzdálena polovinu vypočtené hodnoty, jelikož změřený čas zaznamenal pohyb pulzu tam i zpět. Výpočet probíhající při každém vyhodnocení senzoru znázorňuje rovnice (3).

$$l = \frac{c * t}{2} \quad (3)$$

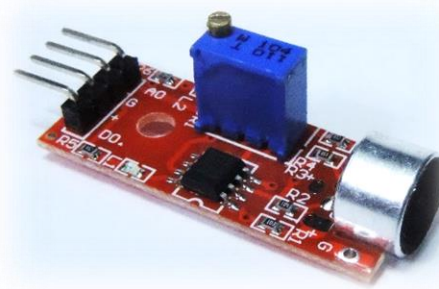
V programu je vypočtená hodnota převáděna na milimetry. Měření běží v nekonečné smyčce a aktuální hodnota je porovnávána s výchozí. Výchozí hodnota je změřena při aktivaci systému. Narušení je detekováno odchylkou aktuální a výchozí hodnoty, velikost odchylky lze měnit a slouží k nastavení citlivosti senzoru. Na obrázku 16 je povolena odchylka 100 mm . Část kódu vykonávající měření je v příloze XII a vyhodnocení ve střeženém režimu je popsáno v příloze XIII.



Obrázek 16 - Výpočet vzdálenosti nejbližší překážky

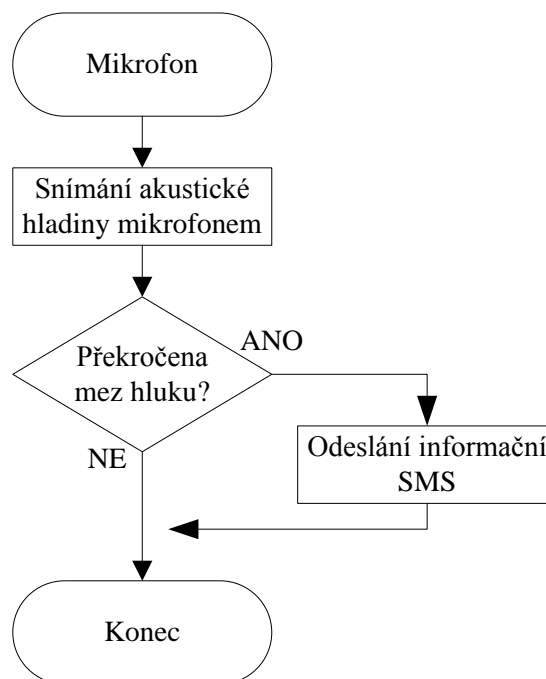
5.2.5 Doplnkové senzory

Informaci o zvýšeném hluku v okolí vozidla či jeho kabině poskytuje systému modul mikrofonu HW-484, obrázek 17. Modul je vybaven analogovým i digitálním výstupem. Digitální výstup přepíná mezi úrovněmi 1/0 dle překročení úrovně hluku, která je nastavena potenciometrem. Analogový výstup přenáší zaznamenaný zvuk na vstup Arduina.



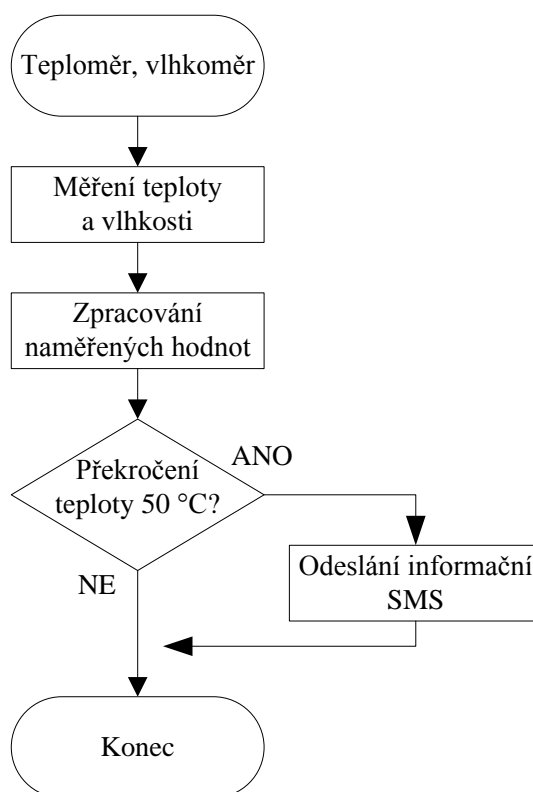
Obrázek 17 - Modul mikrofonu HW-484

V realizovaném systému je využit analogový výstup mikrofonu a prahová mez hluku je nastavena programově. Mikrofon je aktivní v režimu střežení, při překročení nastavené meze hluku je odeslána informační zpráva majiteli. Prahová hodnota byla zvolena experimentálně po testování v reálném automobilu a její změnou je nastavována citlivost. Momentálně je zpráva odesílána při hluku srovnatelném s bouchnutím dveří nebo nárazem do karoserie. Mikrofon v systému slouží k potvrzení poplachu a zlepšení informovanosti o okolí vozidla [18][19]. Postup vyhodnocení mikrofonu je popsán vývojovým diagramem na obrázku 18. Kód zajišťující vyhodnocení mikrofonu je v příloze XIV.



Obrázek 18 - Vyhodnocování mikrofonu HW-484

Teplota a vlhkost v kabině vozidla jsou sledovány teploměrem a vlhkoměrem AM2120 od firmy Aosong. Rozsah měřených teplot od -40 °C do 80 °C s přesností 0,5 °C, vlhkost pak v rozsahu 0 % až 99,9 % a s přesností 3 %. Komunikace s Arduinem probíhá po sběrnici s jedním vodičem. Systém z údajů o teplotě dopočítává aktuální rychlost ultrazvuku a kontroluje, zda v automobilu není život ohrožující teplota. Překročením teploty 50 °C je odeslána varovná zpráva. Jedná se o volitelnou položku vhodnou zejména pro rodiče malých dětí nebo zvířat, kteří je občas nechávají v automobilu bez dozoru. Informace o aktuální teplotě a vlhkosti jsou odeslány na vyžádání o stavu. Získávání údajů ze senzoru je zobrazeno na obrázku 19. Funkce je v programu volána v každém běhu nekonečné smyčky, aby informace byly vždy před odesláním aktuální [18][19]. V příloze XV je program obsluhující teploměr a vlhkoměr.

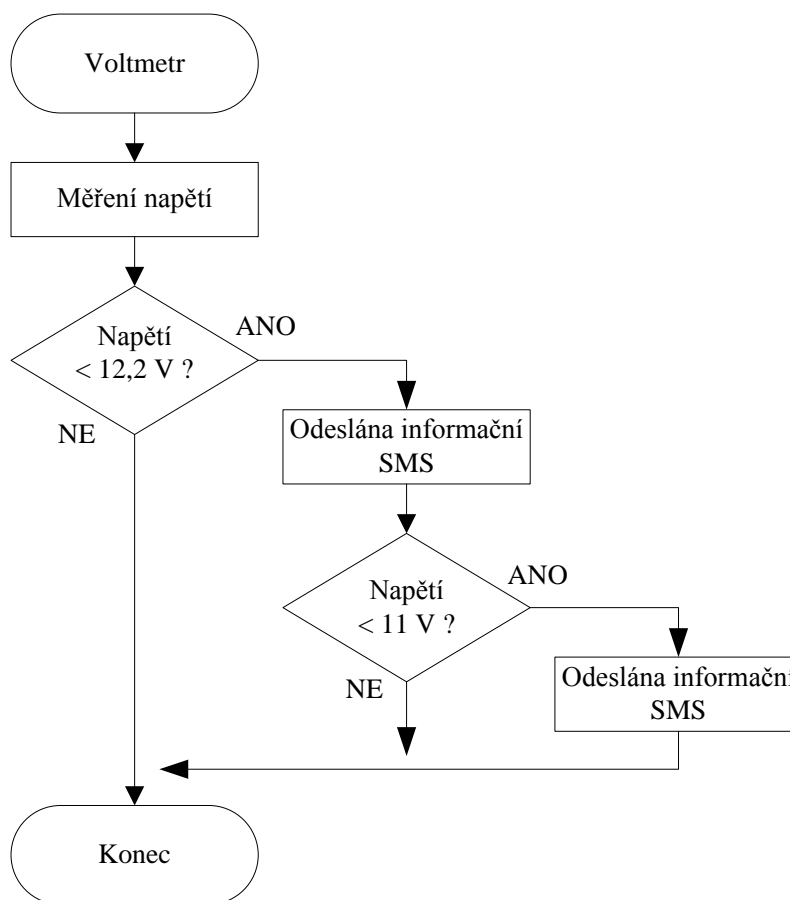


Obrázek 19 - Vyhodnocování teploty vlhkosti ze senzoru AM2120

Systém je v nečinnosti motoru napájen z autobaterie případně záložní baterie. Napětí obou baterií jsou Arduinem prostřednictvím analogových vstupů sledována. Vstupní napěťový rozsah od 0 V do 5 V brání přímému připojení autobaterie na analogový vstup. Proto je použit odporový dělič napětí snižující napětí baterie jedenáctkrát. S ohledem na klidový proud tekoucí děličem byly zvoleny hodnoty odporů R_1 100 k Ω a R_2 10 k Ω . Napětí na rezistoru R_2 je přivedeno na analogový vstup a výpočtem dle Ohmova zákona stanoveno napětí baterie, vzorec (4).

$$U_1 = U_2 \frac{R_1 + R_2}{R_2} \quad (4)$$

Získaná hodnota je udávána jako poměr napájecího napětí, jde o poměr vůči 5 V. Napětí na vstupu je vzorkováno, proto je údaj dostupný v rozsahu 0 až 2^{10} a je nutné jej převést na desetinné číslo. V kódu je vidět dělení konstantou, základ této konstanty tvoří konstanta děliče, navýšení je z důvodu odchylek při měření. Odpory mají toleranci a napájecí napětí, se kterým dochází k porovnávání není přesně 5 V. Zjištěné napětí obou baterií je zprostředkováno na vyžádání stavu nebo automaticky při poklesu napětí pod nastavenou mez. Informační zpráva je odeslána v případě poklesu napětí baterií pod 12,2 V a další při poklesu pod 11 V nebo při nárůstu nad 16 V, jde o podezření na odpojení nebo poškození. Napětí obou baterií je sledováno nepřetržitě, jejich pokles indikuje i oranžová LED dioda. Na obrázku 20 je zobrazena funkce pro kontrolu napětí jedné baterie. Ukázka kódu pro měření napětí baterie je v příloze XVI [19].



Obrázek 20 – Vyhodnocování stavu baterie

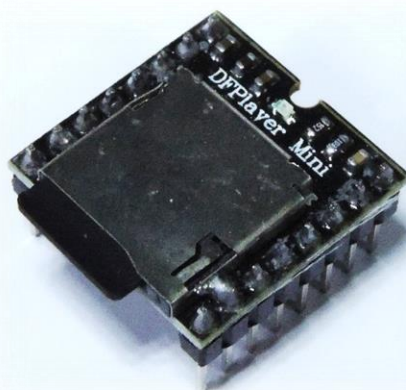
5.2.6 Akční členy

Aktuální stav systému svým svitem či blikáním indikují čtyři druhy čirých LED diod o průměru 5 mm. Svít zelené označuje plnou funkčnost systému a jeho spojení s GSM sítí, zároveň informuje o nestřeženém prostoru. Naopak svít červené diody značí aktivovaný systém, taktéž bez poruch. Svitem oranžové diody systém upozorňuje na ztrátu GSM spojení, závadu, případně krátkým probliknutím na změnu stavu, přípravu na aktivaci či deaktivaci. Souběžně s těmito třemi diodami jsou umístěny další tři, červené diody, ty se rozblíkájí v případě poplachu. Diody slouží k indikaci stavu v přítomnosti obsluhy,

trvalá deaktivace je možná vytažením spojky od napájení. Kromě indikačních diod se na jednotlivých modulech nachází SMD diody, většina informuje o napájení daného modulu či jeho funkčnosti.

O poplachu spolu se třemi červeně blikajícími diodami informuje i integrovaná piezo siréna PK-37N36PQ vydávající stálý tón o frekvenci 3,5 kHz a akustické intenzitě 90 dB. Siréna je součástí řídicí části systému, čímž je určena pro interiér vozidla. Externí siréna v kombinaci s osvětlením může být instalována na okruh spínající 12 V. Obě sirény jsou zálohovány ze sekundární baterie a houkají po dobu 30 s od spuštění poplachu.

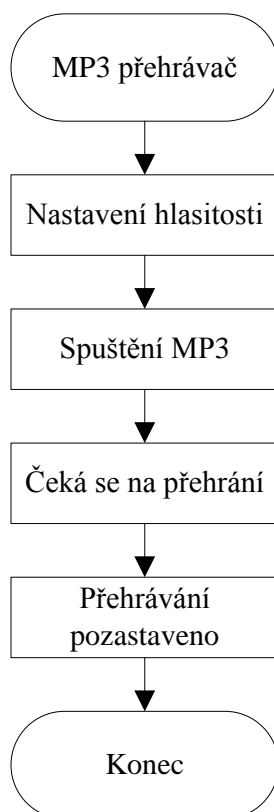
Zvuková signalizace je v systému zastoupena ještě jednou, v podobě hlasového modulu s integrovaným MP3 přehrávačem YX5200. Modul má slot pro mikro SD paměťovou kartu až o velikosti 32 GB, podporuje souborové systémy FAT16, FAT32 a umožňuje přehrávání ve formátech MP3, WAV a WMA. Komunikace a příkazy od Arduina jsou přenášeny skrze rozhraní UART, ovšem může být použit i samostatně s ovládáním pomocí tlačítek. Modul má integrovaný 24bitový digitálně analogový převodník pro analogový sluchátkový výstup, zároveň modul obsahuje koncový zesilovač o výkonu 3 W, čímž umožňuje přímé připojení reproduktorů. Hlasitost je regulována programově ve třiceti stupních, taktéž je možné aktivovat i ekvalizér. Modul s vloženou mikro SD kartou je na obrázku 21.



Obrázek 21 - Hlasový modul s integrovaným MP3 přehrávačem YX5200

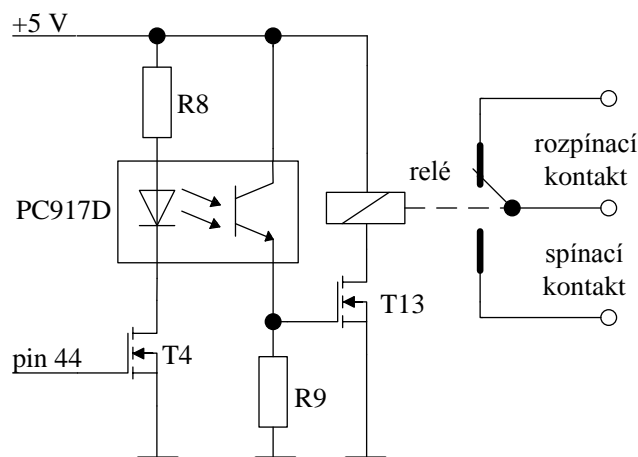
Modul je využíván k oznámení o změně stavu, nahraný hlas upozorňuje na zapínání, vypínání systému a poplach. Poplach je uvozen hláškou „poplach“, následně mohou být přehrány libovolné záznamy, zkušebně zazní hluboký mužský hlas vyzívající k opuštění vozidla, měl by způsobit vylekání případného pachatele. Následně je přehrán sinusový signál o frekvenci 3,5 kHz, tedy frekvence, na které je lidské ucho velmi citlivé. Všechna hlášení jsou reprodukována sériovou reprosoustavou vozu, je tedy složitá lokalizace zdroje zvuku a jeho vypnutí. Rozeznění celé reprosoustavy na oněch 3,5 kHz vytvoří při maximálním vybuzení reproduktorů v automobilu pro slyšícího člověka nesnesitelný hluk. Dá se očekávat, že si pachatel začne dlaněmi chránit uši a vůz opustí, tím je zabráněno dalšímu poškození automobilu a odcizení vnitřního vybavení. A to je účelem. Jak bylo řečeno v úvodu, velká část současných zlodějů se orientuje na interiéry vozidel a osobní věci v nich ponechané.

V současné době není na trhu účinné elektronické zabezpečení, které by interiér ochránilo. Inspirace k podobnému systému je převzata od akustických zbraní či děl, které používá policie například k ukončení demonstrací. Na rozdíl od různých „pastí“ na zloděje nejsou podobné systémy v Česku zakázané, není cílem nikoho zranit ani jinak poškodit. Spuštění přehrávače je možné i vzdáleně příkazovou zprávou. V obou případech je doba aktivace omezena. Ovládání modulu probíhá pomocí příkazů knihovny *DFRobotDFPlayerMini.h*. Používány jsou základní funkce pro nastavení hlasitosti, přehrání a zastavení záznamu [18][19]. Postup příkazů je na obrázku 22. Konkrétní příkazy jsou v příloze XVII.



Obrázek 22 - Ovládání hlasového modulu s integrovaným MP3 přehrávačem YX5200

Relé se spínacím a rozpínacím kontaktem realizuje funkci imobilizéru. Použito je elektromagnetické relé firmy Sun Hold, typ RAS-0515, jak vyplývá z označení, cívka relé je spínána napětím 5 V a kontakty zvládnou proudovou zátěž 15 A při stejnosměrném napětí 24 V. Cívka má po odeznění přechodového děje stejnosměrný odpor 69 Ω , což dle Ohmova zákona při napětí 5 V odpovídá stejnosměrnému proudu cívkou přibližně 72 mA. Takto velký proud nedokáže Arduino na výstupním pinu poskytnout, proto je cívka spínána unipolárním tranzistorem BS170, celý obvod je galvanicky izolován optočlenem PC817D. Programově je imobilizér aktivován napětím na výstupním pinu, buď při poplachu nebo trvale SMS zprávou. Elektrické zapojení imobilizéru je na obrázku 23.



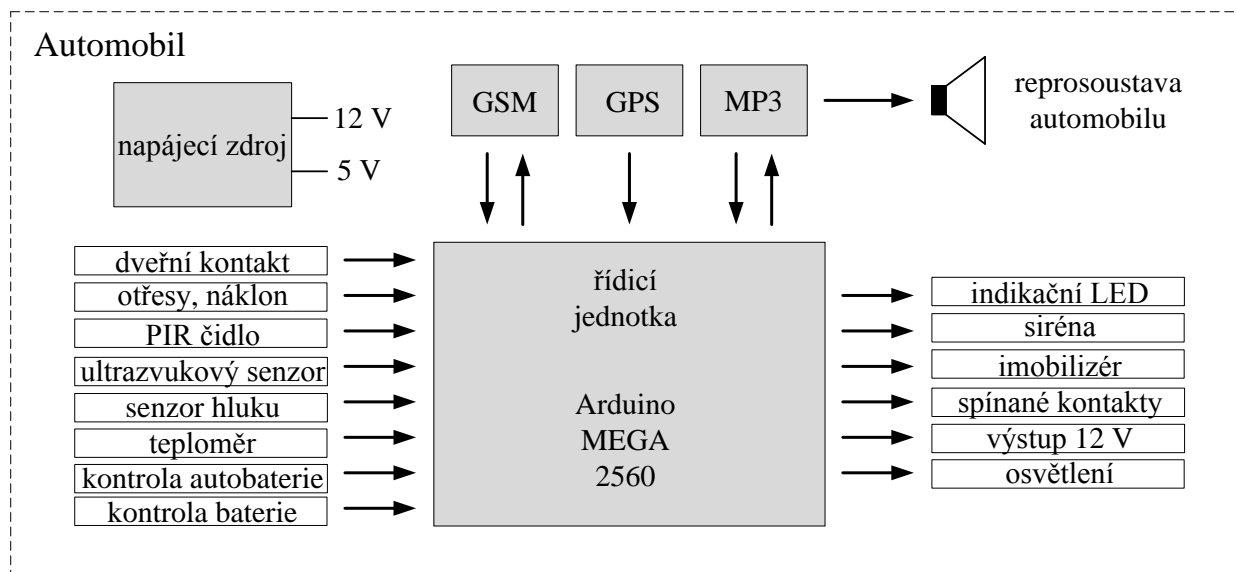
Obrázek 23 - Schéma zapojení imobilizéru

Dva kontakty s programovatelnou logikou jsou realizovány výkonovými tranzistory IRLZ24N. V sepnutém stavu je odpor R_{DS} tohoto tranzistoru roven $0,06 \Omega$ a výrobce udává maximální proud I_D až 18 A. V realizovaném systému se počítá s využitím těchto tranzistorů k ovládní dalších zařízení. Průchodem proudu vzniká na odporu tranzistoru výkonová ztráta, spínaný proud je tedy omezen na maximální hodnotu 4 A, aby nebylo nutné osazovat tranzistory chladičem. Tímto omezením vznikne na tranzistoru maximální výkonová ztráta udržitelných $0,96 \text{ W}$. Skutečnému přetížení předchází tavná pojistka zapojená v sérii se spínaným okruhem. Zapojení je obdobné jako u realizovaného imobilizéru. Každý tranzistor je ovládán separátně přes optočlen. Spínané či rozpínané okruhy jsou připojeny svorkami.

Demonstrací možností vzdálené obsluhy je výkonová LED dioda představující vnitřní či externí osvětlení automobilu. Její svit je regulován pouze pomocí SMS zpráv, smyslem je ukázat možnosti dodatečné automobilové automatizace a vzdáleného ovládní. Dodatečně nainstalovaným systémem je možné pomocí SMS zpráv ovládat takřka všechny elektrospotřebiče v automobilu [19].

5.3 Realizace

Složením dílčích senzorů, modulů a periférií, které byly popsány v předchozích kapitolách vzniká komplexní systém zabezpečení osobního automobilu. Z doplnění předpokládané koncepce o konkrétní prvky vyplývá kompletní blokové schéma, na jehož základech bylo sestaveno elektrické schéma zapojení. Blokové schéma realizovaného zabezpečovacího systému pro osobní automobil je na obrázku 24, detailní elektrické schéma se nachází v příloze III. Na základě těchto schémat byla provedena realizace, oživení, detailní nastavení a testování. Těmto krokům předcházelo testování jednotlivých periférií a modulů odděleně. Ověřována byla funkčnost modulů a předpokládaných zapojení, dosažitelné parametry a vlastnosti. Současně se vytvářely a odlaďovaly dílčí zdrojové kódy k jednotlivým perifériím, z nichž byl následně sestaven výsledný program řídicí funkce celého systému. Detailní popisy jednotlivých prací a postupů jsou vysvětleny v navazujících kapitolách.



Obrázek 24 - Kompletní blokové schéma realizovaného zabezpečení osobního automobilu

5.3.1 Deska plošného spoje

Plošný spoj zajistí elektrické i mechanické spojení všech součástí. Návrh spoje koresponduje se zásadami návrhových pravidel i s ohledem na EMC. Dodrženy jsou dostatečné průřezy vodičů i jejich odstupy. Jelikož se jedná o funkční model složený z modulů, bylo rozmístění součástek navrženo s ohledem na demonstraci funkčnosti. I přes složitost zapojení a množství součástek se podařilo navrhnout jednostranný spoj bez nutnosti prokovů či spojek. Rozměr desky je 160 mm x 100 mm a do patič lze zároveň umístit všechny moduly. Motiv plošného spoje je umístěn v příloze IV. Jednostranný spoj umožňuje laboratorní výrobu a není nutné jej zajišťovat u dodavatelů. Výroba tedy byla vlastní, foto-metodou. Jedná se o metodu přenesení motivu na cuprexit pomocí UV záření. Laminátová deska s vrstvou mědi o tloušťce 35 μm je opatřena světlocitlivým lakem. Požadovaný motiv se vytiskne na čirou fólii v co největším množství inkoustu, fólie poslouží k zrcadlení a otočená se přiloží na foto-vrstvu. Následuje osvětlení UV lampou, v tomto případě trubnicemi o vlnové délce 365 nm po dobu 55 s. Místa nezakrytá inkoustem jsou osvětlena a vrstva laku narušena. Následuje vyvolání motivu a odstranění ochranného laku. K vyvolání slouží vývojka pro pozitivní foto emulzi. Omýváním či potíráním je dosaženo odplavení laku na osvětlených místech a je přístupná měděná vrstva. Naopak neosvětlená místa, tedy spoje jsou lakem stále chráněny. Celou desku je třeba řádně omýt vodou, přenesený motiv otisknout do mědi a odstranit měď z nepotřebných míst leptacím roztokem chloridu železitého. Pro urychlení procesu leptání je vhodné jej ohřát na teplotu 50 $^{\circ}\text{C}$ a pravidelně míchat. Po několika minutách je přebytečná měď odleptána a plošný spoj odpovídá předloze. Následuje důkladné omytí a vysušení. Vyleptaný motiv je vhodné ošetřit, aby nedocházelo k oxidaci či korozi. Již vysušená měděná strana byla potřena pájitelným ochranným lakem ve složení toluenu a kalafuny. Zaschnutí trvá přibližně 30 min, následně je deska připravena k osazení. Všechny použité součástky jsou určeny pro THT montáž. Na patřičných místech byly vyvrtány díry a deska postupně osazována. Osazování začíná konektory, paticemi, pasivními součástkami a až nakonec jsou

umístěny polovodičové obvody. Je to z důvodu minimalizace rizika tepelného poškození polovodičové struktury pájením. Součástky byly pájeny ručně mikropájkou, bezolovnatou pájecí slitinou SAC305. Vyleptaný motiv je k náhledu v příloze V, osazený plošný spoj je na obrázku 25.

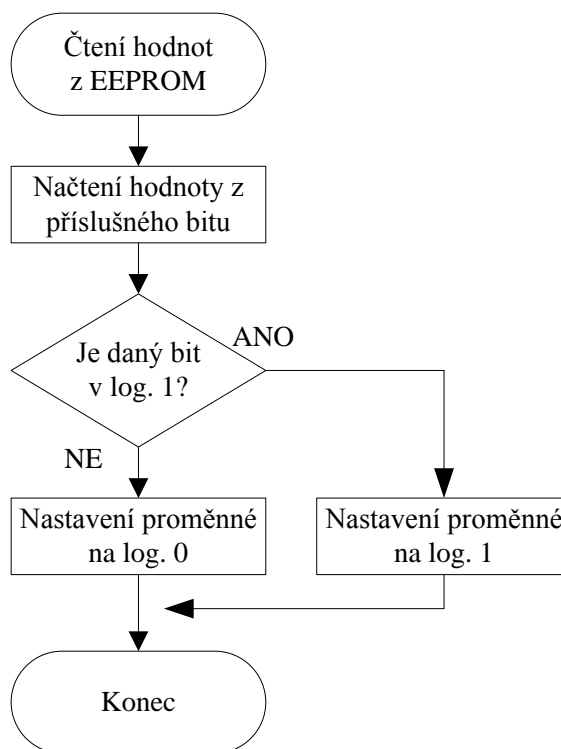


Obrázek 25 - Osazený plošný spoj, hotový přípravek

5.3.2 Oživení a testování

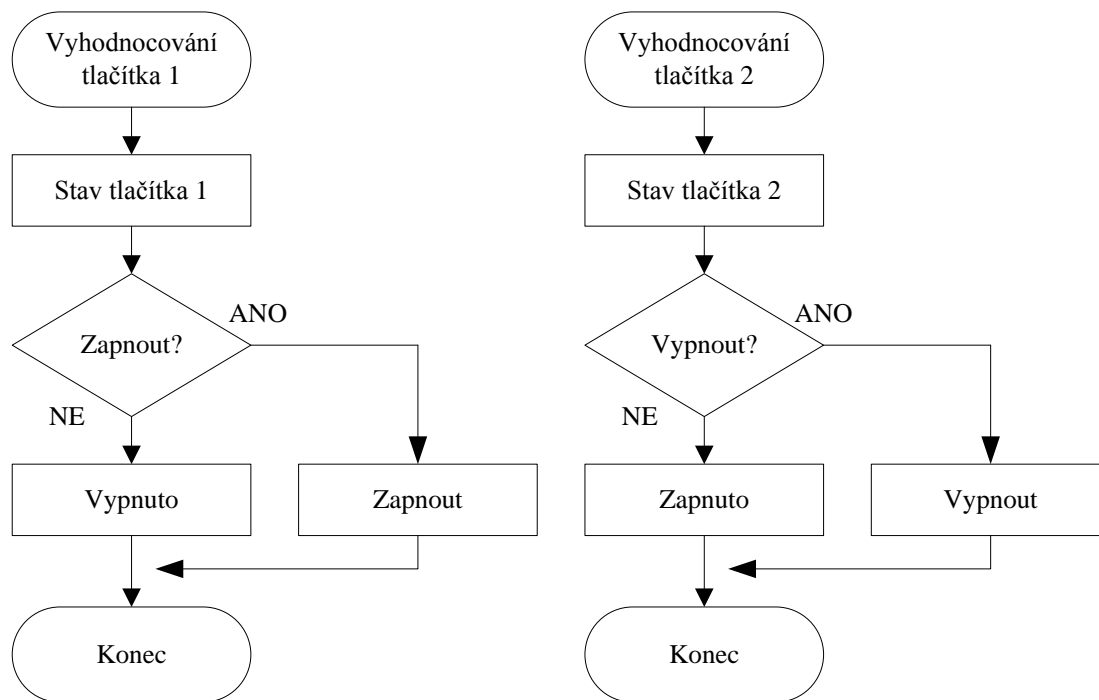
Ožívání ve smyslu zprovoznění přípravku, ověřována byla funkce jednotlivých modulů. Do přípravku byl vždy nahrán software obsluhující jen jeden modul a jeho funkce se ověřovala. Odstraňovaly se nedostatky a zlepšovala funkčnost. Oproti výchozím testovacím programům bylo nejčastější změnou přiřazení vstupně výstupních pinů. U voltmetrů byly dopočítány nové, definitivní konstanty pro přesné určení napětí baterií. Složením dílčích kódů byl sestaven program ovládající všechny periferie. Funkční přípravek byl podroben testování ve všech režimech. Důraz byl kladen na bezchybný provoz bez výpadků, falešných poplachů a s okamžitou komunikací. Problémem se ukázaly být občasné výpadky systému, například při poklesu GSM signálu nebo zacyklení. To vedlo k restartu Aduina a ztrátě veškerých údajů, systém se tedy například samovolně deaktivoval, v době, kdy měl střežit. Restarty byly ošetřeny zapisováním stavů do paměti EEPROM. S každou změnou stavu se zapisuje do EEPROM a s restartem je z ní naopak čteno, tak se systém vrací do předešlého stavu. Nejedná se pouze o zapnutí a vypnutí systému, ale zapisovány jsou i SMS příkazy, které taktéž pokračují po restartu. Stejným principem lze zabránit několikanásobnému odesílání SMS o změně stavu. Odeslané zprávy jsou taktéž zaznamenány a vždy odeslány pouze jednou. Stav systému je zapisován na nultý bit průběžně s každou změnou.

Čtení probíhá dle ukázky z obrázku 26 na začátku, před spuštěním samotného programu. Kód zajišťující čtení z paměti EEPROM je v příloze XVIII.



Obrázek 26 - Čtení z paměti EEPROM

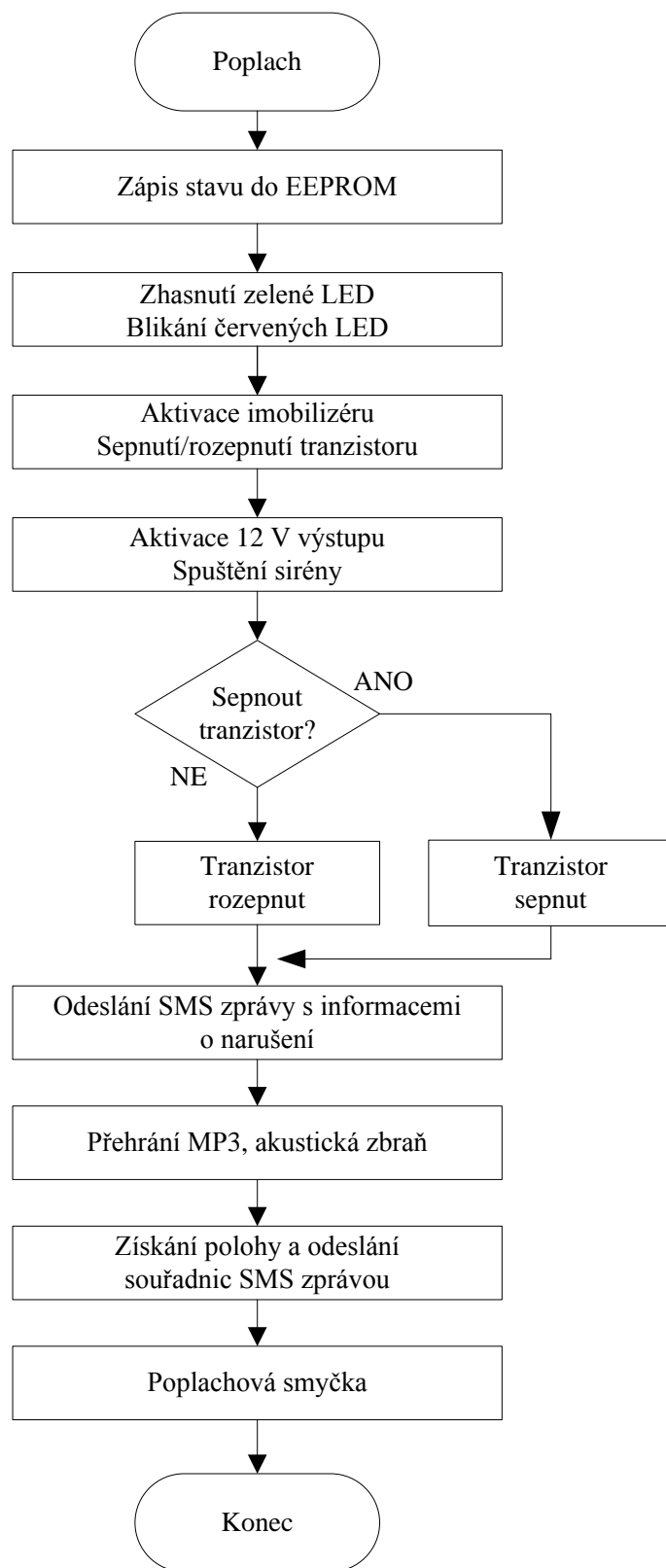
Zacyklení brání integrovaný časovač, tzv. watchdog, nasazen je u funkcí, kde tento problém hrozí. Použit je jednotně časový interval 8 s, při tomto zdržení u dané funkce je vyvolán restart celého zařízení. Nejčastěji se zacyklení objevovalo u čtení příchozích SMS zpráv. S větším počtem přijatých zpráv a „zahlcením“ schránky se v indexu počtu zpráv objevovalo záporné znaménko a nebylo možné číst další. Nastavení citlivosti senzorů proběhlo na základě zkoušek v odlišných prostorách, v automobilu, v exteriéru i budově. Současné nastavení je kompromisem vysoké citlivosti a potlačením falešných poplachů. Ovšem je ovlivněno testovacím prostředím i typem vozidla. Přizpůsobení jinému prostředí je otázkou změny několika konstant v kódu, systém je tedy snadno modifikovatelný a uzpůsobený různým potřebám. Vyzkoušena byla funkčnost akčních členů a jejich vzdálená aktivace i deaktivace. Klidový příkon celého systému se všemi senzory a moduly činí při napájecím napětí 12 V přibližně 1 W, stejně pro režim střežení. Režim poplach má příkon vyšší, úměrný aktivovaným akčním členům, zejména siréna je pro akumulátor velkým odběratelem energie. Ke snazšímu ovládní byly po dobu ožívování a testování připojeny dva mikrospínače k zapínání a vypínání režimu střežení. Jejich funkce byla totožná s přijatou SMS *Zap* či *Vyp*. Spínače byly připojeny přes pull-up rezistor na piny 26 a 28, stisknutím byla na vstupní pin přivedena logická nula. Její detekci došlo prvním spínačem k zapnutí a druhým k vypnutí systému. Vyhodnocování spínačů viz obrázek 27. Ukázka programu je v příloze XIX.



Obrázek 27 - Vyhodnocování ovládacích tlačítek

5.3.3 Funkce, režimy

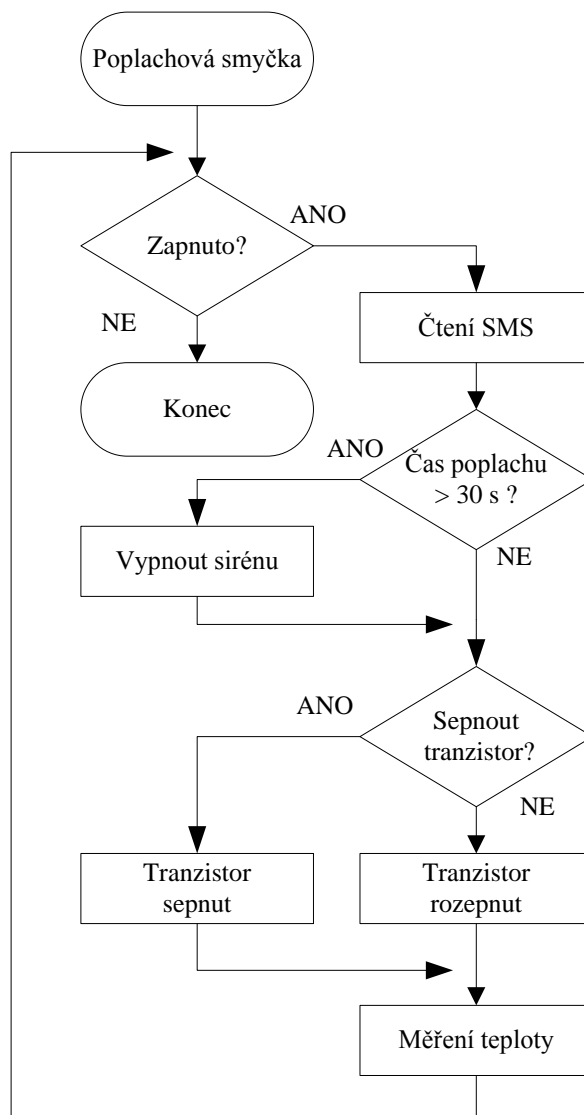
Alarm pracuje ve dvou základních režimech, aktivován, tedy režim střežení a deaktivován, klidový režim. V klidovém režimu jsou sbírána data ze senzorů, ale není vyvolán poplach v případě pohybu. Vyhodnocovány jsou údaje o teplotě a vlhkosti a sledována jsou napětí baterií. Překročení teploty 50 °C v kabině vozidla nebo pokles napětí jedné z baterií jsou oznámeny zprávou. Je udržováno GSM spojení a zjišťovány údaje o poloze. Systém reaguje na příchozí zprávy, čeká na příkazy. Kromě aktivace je možné SMS zprávou spustit osvětlení, imobilizér, sirénu, MP3 přehrávač, sepnout 12 V kontakt nebo kompletní poplachovou smyčku. Zároveň s vykonáním příkazu je odeslána zpráva o jeho splnění. Režim střežení umožňuje všechny dosavadní funkce, navíc vyhodnocuje data ze senzorů indikujících narušení. Konkrétně dveřní kontakt, akcelerometr, gyroskop, PIR senzor, ultrazvukový senzor a akustický senzor. Zaznamenaný pohyb spustí poplachovou smyčku, na alarmu je indikována blikajícími LED diodami, hláškou o spuštění poplachu v podobě MP3 nahrávky, následně akustickou zbraň a sirénou. Aktivován je imobilizér, spínací kontakt či sepnutí 12 V kontaktu. Majitel je informován SMS zprávou, ta obsahuje informaci o způsobu narušení, další zpráva nese čas narušení a polohu automobilu. Dle nastavení je možné i spojení s kabinou vozu pomocí hlasového telefonního hovoru. Poté se čeká na příkazy od majitele. Siréna se po 30 s vypne, za dalších několik minut se vypne i akustická zbraň, ostatní opatření jsou spuštěna až do odvolání. Příkazem je možné aktivovat další akční členy, jednotlivě je deaktivovat nebo poplach zrušit. Jednotlivé úkony jsou zpětně zprávami potvrzeny. Úkony provedené při poplachu jsou znázorněny vývojovým diagramem na obrázku 28. Konkrétní příkazy jsou vidět v příloze XX.



Obrázek 28 – Opatření provedená při poplachu

V programu je na začátku poplachu zapsán stav do paměti EEPROM, začnou blikat červené diody, aktivuje se imobilizér, tranzistorové kontakty, siréna, sepne 12 V výstup, následně se přehraje hláška „poplach“, je odeslána zpráva s podrobnostmi o narušení. Spustí se akustická zbraň, systém zjistí

současnou, případně poslední dostupnou polohu a odešle zprávu se souřadnicemi a časem jejich pořízení. Jsou vykonány všechny přednastavené úkony a systém se dostává do nekonečné smyčky. Zde je sledován čas uplynulý od spuštění poplachu a po 30 s je vypnuta siréna. Následně se čeká na pokyny. Senzory s výjimkou teploměru již nejsou vyhodnocovány. V každém běhu je nulován watchdog. Poplach je ukončen vypnutím systému, odezní všechna opatření a systém přejde do nestřeženého režimu. Poplachová smyčka je na obrázku 29. V programu se jedná o část viz příloha XXI.



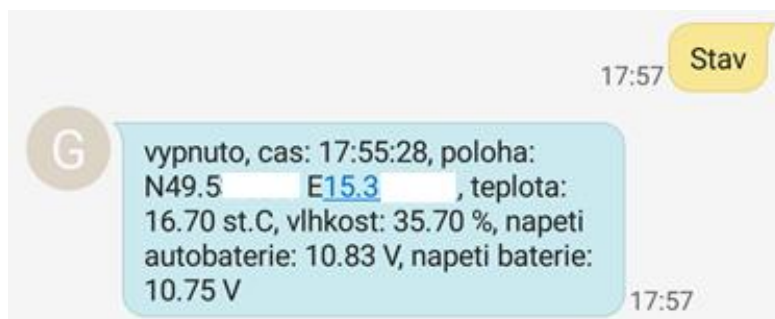
Obrázek 29 - Poplachová smyčka

Stav alarmu, aktuální čas, poloha, teplota, vlhkost a napětí baterií jsou odeslány na dotaz. Současné příkazové zkratky jsou uvedeny v tabulce 1, ale lze nastavit prakticky jakékoli znaky obsažitelné v SMS vyjma diakritiky. Je nutné zachovat velká a malá písmena i mezery mezi slovy. Jeden příkaz odpovídá jedné odeslané SMS zprávě.

Tabulka 1 - SMS zkratky pro vzdálené ovládání

Příkaz	Funkce	Odpověď
Zap	Aktivace režimu střežení	zapnuto
Vyp	Deaktivace režimu střežení	vypnuto
Poplach	Vyvolání poplachové smyčky	POPLACH!
Stav	Odešle aktuální stav	stav, čas, poloha, teplota, napětí
Led	Zapne výkonnou LED	LED zapnuta
Led Vyp	Vypne výkonnou LED	LED vypnuta
Imobilizer	Aktivuje imobilizér	imobilizer aktivovan
Imobilizer vyp	Deaktivuje imobilizér	imobilizer deaktivovan
Tran	Sepne tranzistor	tranzistor sepnut
Tran vyp	Rozepne tranzistor	tranzistor rozepnut
Play	Přehraje MP3 nahrávku	MP3 prehrana

Chybně zadaný příkaz nebo zpráva od neznámého telefonního čísla je přeposlána na registrované číslo s datem přijetí, původním textem i telefonním číslem odesílatele. Odeslané a přijaté zprávy tvoří v mobilním telefonu klasickou konverzaci. Ukázka je na obrázku 30.



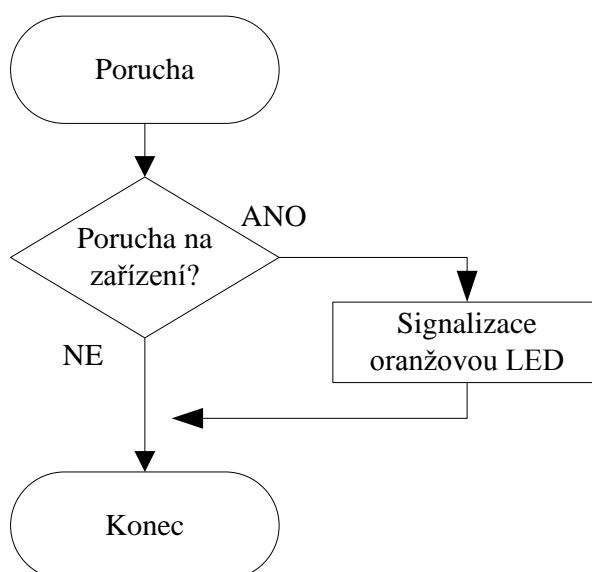
Obrázek 30 – SMS ovládání, vyžádání stavu

Informační zprávy obdrží registrované číslo v případě poplachu, vysoké teploty v kabině, při překročení akustické hladiny, vybité baterii nebo poruše. Zprávy jsou odesílány automaticky a vždy pouze jednou. Přesné znění a vysvětlení zpráv je v tabulce 2.

Tabulka 2 – Informační SMS zprávy

Stav	Text zprávy
Poplach	POPLACH!
Poplach na základě ultrazvukového senzoru	POPLACH! ultrazvukovy senzor
Poplach na základě PIR senzoru	POPLACH! PIR senzor
Poplach na základě akcelerometru, gyroskopu	POPLACH! otresy
Poplach na základě dveřního kontaktu	POPLACH! dverni spinac
Ukončení poplachu, střežení vypnuto	poplach ukoncen, vypnuto
Překročení nastavené akustické hladiny	zaznamenan zvyseny hluk v okoli automobilu!
Teplota vyšší než 50 °C	teplota v kabine auta presahla 50 st.C
Porucha či zastínění ultrazvukového senzoru	porucha ultrazvuk
Napětí záložní baterie nižší než 12,2 V	vybita zalozni baterie
Napětí záložní baterie nižší než 11 V	zalozni baterie poskozena nebo odpojena
Napětí autobaterie nižší než 12,2 V	vybita autobaterie
Napětí záložní baterie nižší než 11 V	autobaterie poskozena nebo odpojena
Přeposílání zpráv od neznámých čísel	prijata neznama zprava od: <i>cislo text: prijaty text</i>

O poruše systému stejně jako o ostatních změnách informuje SMS zpráva, na přípravku se rozsvítí oranžová LED dioda. Ta svítí za nepřítomnosti GSM signálu, při poklesu napětí na jedné z baterií, pokud není možné určit teplotu nebo vzdálenost ultrazvukovým senzorem. Jednotlivé chybové stavy jsou deklarovány v dané funkci, ta odešle zprávu s podrobnostmi o poruše. Funkce poruchy pak ovládá svit oranžové indikační LED. Poruchová funkce je na obrázku 31, program viz příloha XXII.



Obrázek 31 - Funkce porucha

5.3.4 Srovnání s komerčně dostupnými autoalarmy

Komerčně dostupné systémy jsou konečným produktem vhodným k montáži do vozidla, kdežto vytvořený systém na Arduinu byl koncipován jako funkční model s názornými funkcemi. Vhodné je tedy porovnání na základě dosažených funkcí, vybavenosti a technických řešení. Popisy funkčnosti porovnávaných systémů jsou v kapitole 4.6. Všechny autoalarmy disponují GSM komunikací a určováním polohy přes GPS souřadnice. Ovládání všech komerčních systémů je možné přes SMS zprávy, hlasovým hovorem, u některých mobilní aplikací. Rozdíly nastávají již u senzorů sledujících narušení. Problémem komerčních systémů je ve většině případů nemožnost doplnění dalších senzorů, většinou jsou omezeny na základní typy. Z vybraných autoalarmů poskytuje pouze Jablotron CA-2103 možnost rozšíření až na 24 bezdrátových senzorů. Všechny systémy sledují stav autobaterie, ale nedokáží poskytnout data z žádného doplňkového senzoru. Realizovaný alarm na Arduinu nabídne na dotaz teplotu a vlhkost uvnitř kabiny vozu nebo upozorní na zvýšený hluk, přičemž další senzory je možné doplňovat. Obecně rozšiřitelnost o jakoukoli periférii je u většiny komerčních systémů slabinou, jediný Jablotron CA-2103 nabízí možnost částečné automatizace vozu a funkci knihy jízd. Oproti tomu alarm Tytan 512 GPS dokáže vzdáleně ovládat auto skrze CAN sběrnici. Obecně jsou akční členy u komerčních systémů zaměřeny na imobilizaci vozidla a spuštění hlasitého poplachu. Není možné ovládat další opatření nebo zjistit více informací. Realizovaný systém při poplachu aktivuje přednastavená opatření, další akční členy ovládá majitel skrze telefon. Systém dokáže hlasovým hovorem spojit kabinu vozidla s mobilním telefonem majitele, případně tak nahrát konverzaci či zvuky v automobilu nebo majiteli potvrdit či vyvrátit narušení. Použitý MP3 přehrávač může narušitele vylekat přehráním například lidského hlasu nebo akustickou zbraní. Snadná rozšiřitelnost umožňuje přidání dalších akčních členů, které dokáží aktivně zasáhnout, například vyplnit kabinu vozu slzným plynem. Konstrukce funkčního modelu umožňuje masivní rozšíření o jakékoli periférie.

Realizovaný systém se skladbou senzorů může rovnat profesionálním komerčním systémům, z hlediska akčních členů je svou širokou škálou a rozšiřitelností převyšuje. Nevýhodou je absence sběrnice CAN a mobilní přehledné aplikace. Přesto je současné ovládání SMS zprávami velice detailní a umožňuje řídit veškeré funkce vzdáleně a odděleně. Z pohledu funkčnosti systém odpovídá novým trendům a požadavkům, současná konstrukce však neumožňuje nasazení do automobilu. Nejen z důvodu mechanické konstrukce, ale nutné by bylo testování v certifikovaných laboratořích a atestace pro použití ve vozidle.

Funkce a vybavenost všech popisovaných a srovnávaných autoalarmů jsou v tabulce 3. Zeleně podbarvená pole značí, že funkce je obsažena, červená pole indikuje absenci dané funkce a oranžová značí funkčnost částečnou nebo možnost doplnění. Instalační schémata komerčních autoalarmů jsou v příloze I a II.

Tabulka 3 - Porovnání parametrů a funkcí komerčních autoalarmů s Arduino MEGA 2560

Funkce	Jablotron CA-2103	Tytan DS 512 GPS	Flajzar EMA2	Arduino MEGA 2560
GSM komunikace	ANO	ANO	ANO	ANO
GPS lokalizace	ANO	ANO	ANO	ANO
Imobilizace	12 A	ANO	NE	15 A
Klíčenka / RFID	ANO	NE	ANO	ANO
PIR senzor	ANO	NE	ANO	ANO
Dveřní senzor	ANO	NE	NE	ANO
Otřesový/náklonový senzor	ANO	ANO	ANO	ANO
Ultrazvukový senzor	ANO	ANO	NE	ANO
Senzor rozbití skla	ANO	NE	NE	NE
Akustický senzor	NE	NE	NE	ANO
Bezdrátové senzory	ANO	NE	ANO	NE
CAN sběrnice	ANO	ANO	NE	NE
Ovládání automobilu	ANO	ANO	NE	ANO
Siréna interní/externí	NE/ANO	NE/ANO	NE/NE	ANO/ANO
Hlasové instrukce	NE	NE	NE	ANO
Akustická zbraň	NE	NE	NE	ANO
Vzdálený poplach	ANO	ANO	NE	ANO
Spínání spotřebičů	ANO	NE/NE	NE/NE	ANO
Kontrola autobaterie	ANO	ANO	NE	ANO
Monitoring, kniha jízd	ANO	NE	NE	NE
Ovladatelný výstup 12 V	NE	NE	NE	ANO
Osvětlení automobilu	NE	NE	NE	ANO
Záložní baterie	ANO	ANO	ANO	ANO
Telefonní spojení s kabinou vozu	NE	NE	NE	ANO
Teploměr	NE	NE	NE	ANO
Doplnění senzorů	ANO	NE	ANO	ANO
Rozšiřitelnost	NE	NE	NE	ANO

Z tabulky je patrné, že každý z porovnávaných výrobků byl konstruován pro různé účely. Mikroalarm Flajzar zaujme snadnou instalací a miniaturními rozměry, svými schopnostmi se řadí spíše k poplachovým systémům, jelikož nedokáže automobil jakkoli ochránit, pouze nahlásí majiteli narušení. Alarmy Jablotron a Tytan jsou komplexními systémy, které dokáží nejen narušení detekovat a ohlásit, ale automobil v případě nutnosti imobilizovat a spustit hlasitý poplach. Produkt Jablotronu obsahuje navíc i možnosti ovládání elektrospotřebičů či elektronickou knihu jízd.

5.3.5 Ekonomický rozbor

Realizovaný autoalarm je funkčním modelem pro názorné ukázky, svou současnou konstrukcí není vhodný k sériové výrobě. Model byl navržen a realizován v laboratorních podmínkách tudíž nelze přesně stanovit cenu za výrobu firmou. Z časové náročnosti a znalosti cen součástí je sestaven orientační odhad.

Tabulka 4 - Časová náročnost realizace

Proces	Čas (hod)	Odhad nákladů (Kč)
Návrh blokového zapojení	5	1 350
Programování, software	45	12 150
Návrh elektrického schématu	15	4 050
Návrh DPS layoutu	25	6 750
Výroba DPS	4	1 080
Osazení DPS	7	1 890
Oživení přípravku	13	3 510
Testování	35	9 450
Celkem	149	40 230

Kompletní vývoj s realizací trvaly 149 hodin práce, odhad nákladů je spíše ilustrační a vyplývá z hrubé hodinové mzdy 200 Kč. Přičtením sociálního a zdravotního pojištění v celkové výši 35 % z hrubého platu vychází náklady na pracovní sílu v částce 40 230 Kč. V odhadu není zahrnuta počáteční příprava, know-how ani průzkum trhu. Náklady na práci tvoří významnou část celkových nákladů na výrobu jednoho funkčního vzorku. Jejich význam by nebyl tak vysoký při sériové výrobě s velkým objemem, protože by se náklady rozpočítaly mezi jednotlivé výrobky. Jak je řečeno hned v úvodu tohoto rozboru, současný stav odpovídá funkčnímu vzorku, sériové výrobě by předcházelo doladění na úroveň prototypu.

Přesně stanovitelnými náklady jsou ceny součástek a materiálu, který byl potřeba k výrobě. I přes zdánlivě jednoznačné údaje nejsou ceny definitivní, nezohledňují například energie, dopravu, speciální vybavení laboratoře, amortizaci atd. Ceny jsou maloobchodní, s vyšším objemem zboží by jistě klesly.

Tabulka 5 - Náklady na materiál pro výrobu a testování

Položka	cena (Kč)
Součástky a materiál	4 461
Přípravky k leptání	258
SIM karta + kredit	400
Celkem	5 146

Celkové náklady na návrh, výrobu a testování autoalarmu byly odhadem 45 376 Kč. Jednalo se však o odhad nákladů na výrobu v laboratorních podmínkách autorem této práce. Zadání veškeré výroby firmě může vyjít na zcela jinou částku.

Příprava na sériovou výrobu, tedy přepracování do podoby prototypu by obnášelo náhradu modulů za součásti umístitelné na DPS, celkovou minimalizaci a úsporu nákladů, v neposlední řadě i výrobu krabičky. Před sériovou výrobou by bylo nutné zařízení testovat v certifikovaných laboratořích a odstranit případné nedostatky. Podmínkou použití v automobilech je získání atestu 8SD. Nutné by bylo vytvořit kompletní technickou dokumentaci. Zcela nehledě na marketing a zajištění prodejní sítě. Všechny tyto úkony by náklady na spuštění sériové výroby značně zvyšovaly.

6 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo analyzovat současná řešení zabezpečovací techniky pro automobily a schopnosti autoalarmů využívající GSM komunikaci. Následně navrhnout a realizovat funkční model zabezpečovacího systému zprostředkovávající informace a ovládání skrze SMS zprávy, centrální jednotkou měl být mikropočítač, který zajistí chod celého systému.

V práci jsou popsány metody a principy využívané k zabezpečení, jejich přednosti i nevýhody. K popisu a porovnání byly vybrány tři komerčně dostupné autoalarmy odpovídající současné technické úrovni. Na základě zadání i současně využívaných řešení byl ve snaze o inovace navrhnout systém s požadovanými vlastnostmi ze zadání. V práci je popsán detailní návrh, výběr komponent a periférií včetně jejich popisu a principu funkce. Na vývojové platformě Arduinu, konkrétně MEGA 2560 byl zrealizován nejprve na kontaktním poli systém splňující kritéria. Zpočátku byla ověřována funkčnost a dosažitelnost parametrů, spolu s tím byly sestavovány dílčí programy pro jednotlivé periferie. Zjištěním funkčnosti všech součástí a možností se skládal kompletní kód pro ovládání celku. Následovalo sestavení kompletního elektrického schématu, návrh a realizace plošného spoje. Vše v laboratorních podmínkách autorem této práce. Po realizaci proběhlo oživení a úpravy kódu, následně bylo provedeno detailní testování. Testování bylo provedeno ve více prostředích včetně reálného automobilu, zaměřeno bylo na odstranění falešných poplachů a dostatečnou citlivost snímačů. Odladění vyžadovalo vzdálené ovládání i informovanost skrze SMS zprávy. Výsledkem je funkční model zajišťující nepřetržité monitorování vozidla, zprostředkování informací či ovládání vzdáleně SMS zprávami. Model disponuje několika senzory pro vyhodnocení narušení a akčními členy pro zamezení odcizení vozidla či vylekání pachatele.

V současné podobě se funkcemi rovná profesionálním komerčním autoalarmům, možnostmi detailního ovládání a použitými periferiemi je předčí. Navíc obsahuje například teploměr, MP3 přehrávač s funkcí akustické zbraně či hlasové spojení s kabinou vozidla. Komerční autoalarmy naopak zvládají komunikaci po sběrnici CAN a výrobci k nim poskytují mobilní aplikace pro snadné a přehledné ovládání. Realizovaný systém je snadno rozšiřitelný a modifikovatelný, ovšem současné provedení neumožňuje jeho nasazení do automobilu. Sériovou výrobu a použití v automobilech by bylo možné spustit po modifikacích a certifikaci.

Návrhové a realizační práce trvaly 149 hodin, což pro ilustraci dle odhadu hrubého platu 200 Kč za pracovní hodinu činí i s poplatky za sociální a zdravotní pojištění 40 230 Kč. Náklady na materiál a přípravy k leptání plošného spoje činí dle maloobchodních cen 5 146 Kč. Celkově náklady spojené s výrobou funkčního vzorku činily 45 376 Kč.

7 Použitá literatura

- [1] WEIGEL, Ondřej. *Jak zabránit krádeži vašeho automobilu: mechanické a elektronické zabezpečení*. Praha: Computer Press, c2000. Rady a tipy pro řidiče (Computer Press). ISBN 80-7226-349-8.
- [2] *Rok zabezpečení vozidel: jak ochránit svůj automobil*. Praha: Asociace technických bezpečnostních služeb Grémium Alarm, c2010. ISBN 978-80-254-8783-9.
- [3] Ministerstvo Vnitra České republiky: *Krádeže motorových vozidel*, (2018-12-02). Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/bezpecnost-a-prevence-kradeze-motorovych-vozidel.aspx>
- [4] Ministerstvo Vnitra České republiky: *Jak si nenechat ukrást auto*, (2018-12-04). Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/jak-si-nenechat-ukrast-auto.aspx>
- [5] Raška, Martin: Identifikace a zabezpečení motorových vozidel. Bakalářská práce. Zlín: Universita Tomáše Bati ve Zlíně. (2018-11-19). Dostupné z: <https://docplayer.cz/2800082-Identifikace-a-zabezpeceni-motorovych-vozidel.html>
- [6] KŘEČEK, Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky*. Vyd. 2. [S.l.: s.n.], 2003. ISBN 80-902938-2-4.
- [7] GlassGarant: *Bezpečnostní autofolie*, (2018-12-06), Dostupné z: <https://www.glassgarant.cz/folie/autofolie/bezpecnostni-autofolie>
- [8] MaK, Imobilizéry vozidel koncernu Wolkswagen, (2019-01-29), Dostupné z: <https://motofocus.cz/technika/23862,imobilizery-vozidel-koncernu-volkswagen>
- [9] KREJČÍŘÍK, Alexandr. *SMS: strážení a ovládání objektů pomocí mobilu a SMS : GSM pagery a alarmy : princip použití, návody, příklady*. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-082-2.
- [10] Čížek, Jakub. *Jak funguje akcelerometr a gyroskop nejen ve vašem telefonu*. (2019-04-03), Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/pojdme-programovat-elektroniku-jak-vlastne-funguje-akcelerometr-a-gyroskop-nejen-ve-vasem-telefonu/jak-funguje-gyroskop/sc-3-a-194858-ch-114926/default.aspx>
- [11] Husák, Miroslav. *Perimetrická, plášťová, prostorová a předmětová ochrana*. Praha: ČVUT FEL, 2011
- [12] Zandl, Patrick. Principy fungování sítě GSM, (2019-04-08), Dostupné z: https://www.idnes.cz/mobil/tech-trendy/principy-fungovani-site-gsm.A_970825_0003060_mob_tech
- [13] Redakce: *Xmarton umožňuje ovládat auto mobilem*, (2018-12-17), Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/xmarton-umoznuje-ovladat-auto-mobilem>
- [14] Ke stažení, Jablotron. Copyright © Jablotron 2019 (2019-04-04). Dostupné z: <https://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/ke-stazeni/?level1=2140>

- [15] GPS autoalarm TYTAN DS512GPS, Levné Alarmy.cz Copyright © levnealarmy.cz (2019-04-04). Dostupné z: https://www.levnealarmy.cz/eshop/zabezpeceni-vozidel/autoalarmy/gsm-a-gps-alarmy/can-bus-gsm-gps-autoalarm-tytan-ds512gps.html?id_block=1
- [16] EMA2 s klíčenkou GSM micro autoalarm, Flajzar vývoj, výroba a prodej elektroniky (2019-03-21). Dostupné z: <https://eshop.flajzar.cz/cs/elektronika/zabezpeceni/gsm-micro-autoalarm-ema2-s-klicenkou.html>
- [17] Arduino Mega2560 Rev3. Arduino (2019-04-12). Dostupné z: <https://store.arduino.cc/mega-2560-r3>
- [18] Arduino-shop.cz: VELKOOBCHOD, MALOOBCHOD S ARDUINEM. Copyright © ECLIPSE s.r.o. (2019-04-12) Dostupné z: <https://arduino-shop.cz>
- [19] Webový magazín o ARDUINU, Arduino návody (2019-02-21). Dostupné z: <https://navody.arduino-shop.cz>
- [20] Arduino klony, projekty, rady a tipy pro vývoj HW a FW Copyright © 2019 Ing. Petr Foltýn (2019-04-15). Dostupné z: <https://www.arduinotech.cz>

8 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Mechanický kapotový kontakt.....	15
Obrázek 2 - Akcelerometr a gyroskop MPU 6050.....	16
Obrázek 3 - Infračervený pasivní senzor – PIR HC-SR501.....	16
Obrázek 4 - Ultrazvukový senzor HC-SR04.....	17
Obrázek 5 - Mikro alarm Flajzar EMA2 [16].....	21
Obrázek 6 - Vývojová platforma Arduino MEGA 2560 REV3.....	22
Obrázek 7 - Koncepce řešení elektronického zabezpečení automobilu.....	23
Obrázek 8 - Schéma napájecího zdroje s LM2576.....	24
Obrázek 9 - GPRS GSM modul SIM900.....	25
Obrázek 10 - Inicializační smyčka GSM modulu.....	25
Obrázek 11 - Příjem a odesílání SMS zpráv GSM modulem.....	26
Obrázek 12 - GPS modul NEO-7M.....	27
Obrázek 13 - Získávání polohy z GPS modulu.....	27
Obrázek 14 - Vyhodnocování dveřního kontaktu.....	28
Obrázek 15 - Vyhodnocování akcelerometru a gyroskopu MPU 6050.....	29
Obrázek 16 - Výpočet vzdálenosti nejbližší překážky.....	30
Obrázek 17 - Modul mikrofonu HW-484.....	31
Obrázek 18 - Vyhodnocování mikrofonu HW-484.....	31
Obrázek 19 - Vyhodnocování teploty vlhkosti ze senzoru AM2120.....	32
Obrázek 20 - Vyhodnocování stavu baterie.....	33

Obrázek 21 - Hlasový modul s integrovaným MP3 přehrávačem YX5200	34
Obrázek 22 - Ovládání hlasového modulu s integrovaným MP3 přehrávačem YX5200	35
Obrázek 23 - Schéma zapojení imobilizéru.....	36
Obrázek 24 - Komplettní blokové schéma realizovaného zabezpečení osobního automobilu.....	37
Obrázek 25 - Osazený plošný spoj, hotový přípravek.....	38
Obrázek 26 - Čtení z paměti EEPROM.....	39
Obrázek 27 - Vyhodnocování ovládacích tlačítek.....	40
Obrázek 28 - Opatření provedená při poplachu	41
Obrázek 29 - Poplachová smyčka	42
Obrázek 30 - SMS ovládání, vyžádání stavu.....	43
Obrázek 31 - Funkce porucha	44

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 - SMS zkratky pro vzdálené ovládání	43
Tabulka 2 - Informační SMS zprávy	44
Tabulka 3 - Porovnání parametrů a funkcí komerčních autoalarmů s Arduino MEGA 2560.....	46
Tabulka 4 - Časová náročnost realizace	47
Tabulka 5 - Náklady na materiál pro výrobu a testování	47

10 Seznam rovnic

- (1) Definice Dopplerova jevu
- (2) Výpočet rychlosti ultrazvuku
- (3) Výpočet měřené vzdálenosti ultrazvukovým senzorem
- (4) Výpočet napětíového děliče

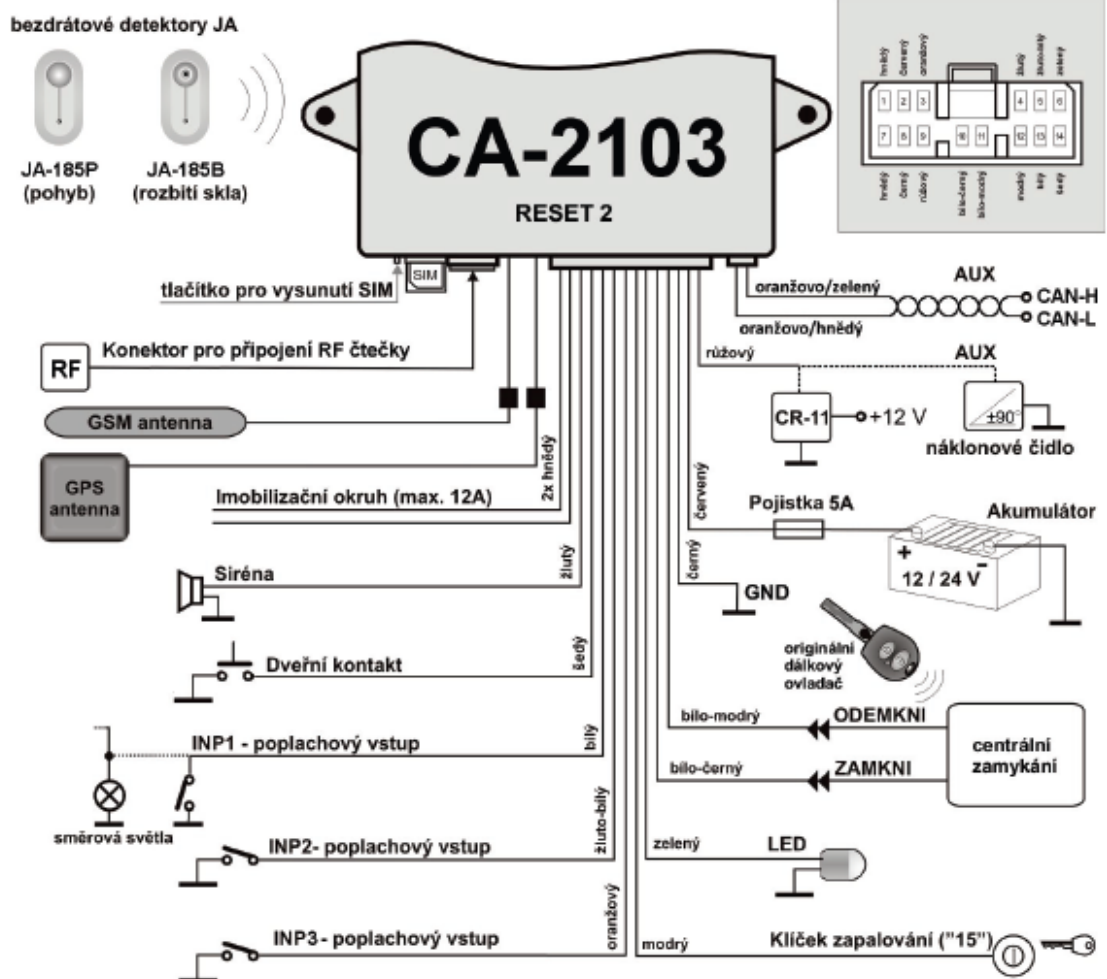
11 Seznam příloh

- Příloha I - Schéma zapojení autoalarmu Jablotron CA-2103 [14]
- Příloha II - Schéma zapojení autoalarmu Tytan DS 512 GPS [15]
- Příloha III - Komplettní elektrické schéma realizovaného systému
- Příloha IV - Předloha pro výrobu plošného spoje
- Příloha V - Deska plošného spoje před osazením
- Příloha VI - Osazovací plán DPS
- Příloha VII - Inicializační smyčka GSM modulu
- Příloha VIII - Příjem a odesílání SMS zpráv GSM modulem
- Příloha IX - Získávání polohy z GPS modulu

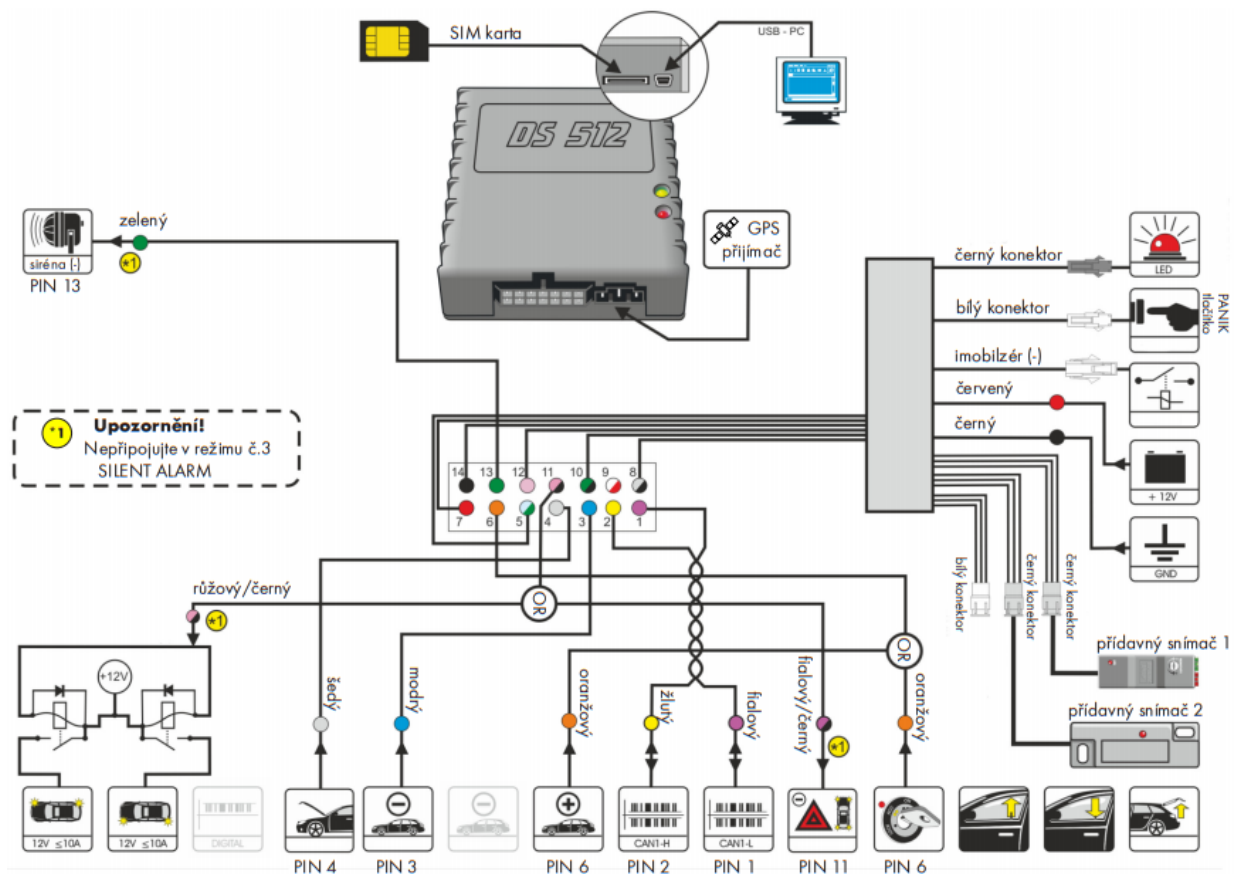
Příloha X - Vyhodnocování dveřního kontaktu
Příloha XI - Vyhodnocování akcelerometru a gyroskopu MPU 6050
Příloha XII - Výpočet vzdálenosti nejbližší překážky
Příloha XIII - Vyhodnocování ultrazvukového senzoru HC-SR04
Příloha XIV - Vyhodnocování mikrofону HW-484
Příloha XV - Vyhodnocování teploty a vlhkosti ze senzoru AM2120
Příloha XVI - Vyhodnocování stavu baterie
Příloha XVII - Ovládání hlasového modulu s integrovaným MP3 přehrávačem YX5200
Příloha XVIII - Čtení z paměti EEPROM
Příloha XIX - Vyhodnocování ovládacích tlačítek
Příloha XX - Opatření provedená při poplachu
Příloha XXI - Poplachová smyčka
Příloha XXII - Funkce porucha

12 Přílohy

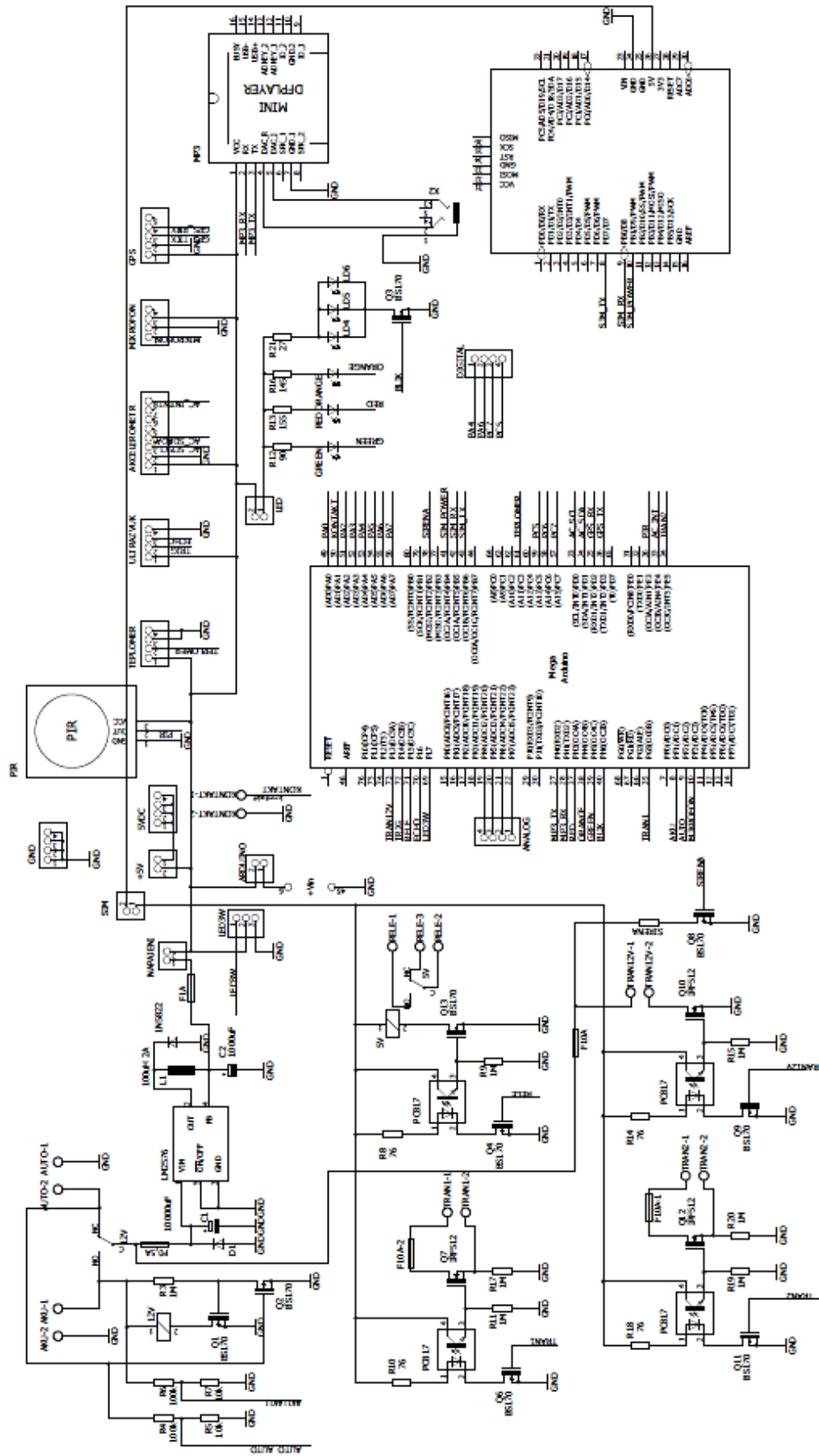
Příloha I – Schéma zapojení autoalarmu Jablotron CA-2103 [14]



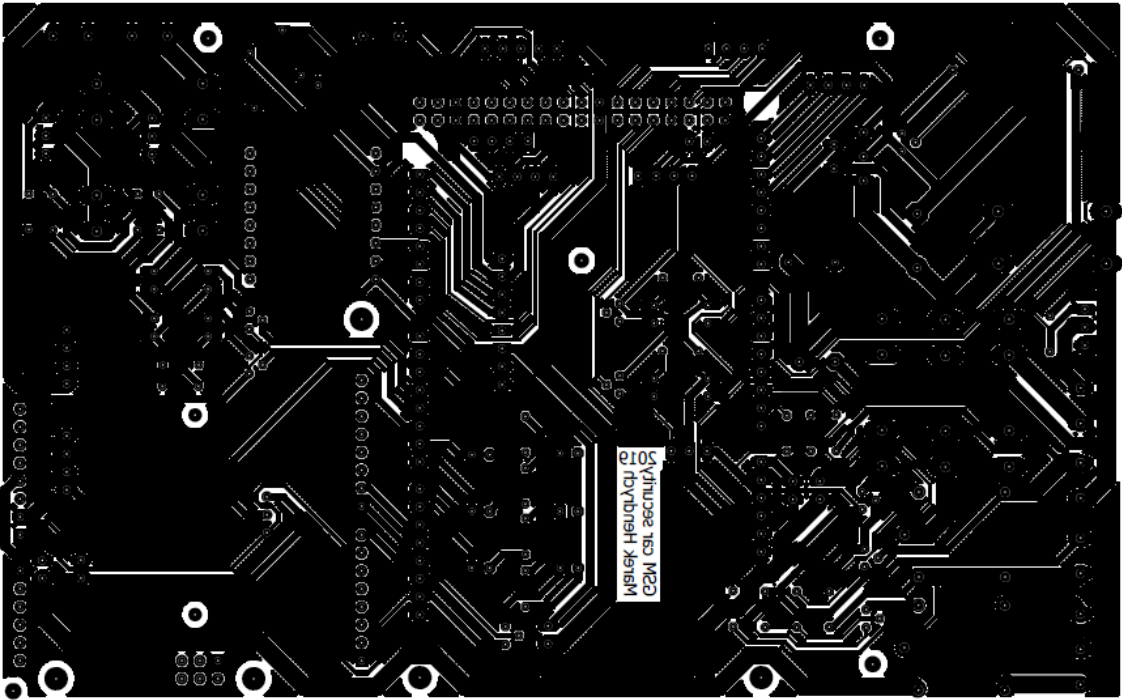
Příloha II – Schéma zapojení autoalarmu Tytan DS 512 GPS [15]



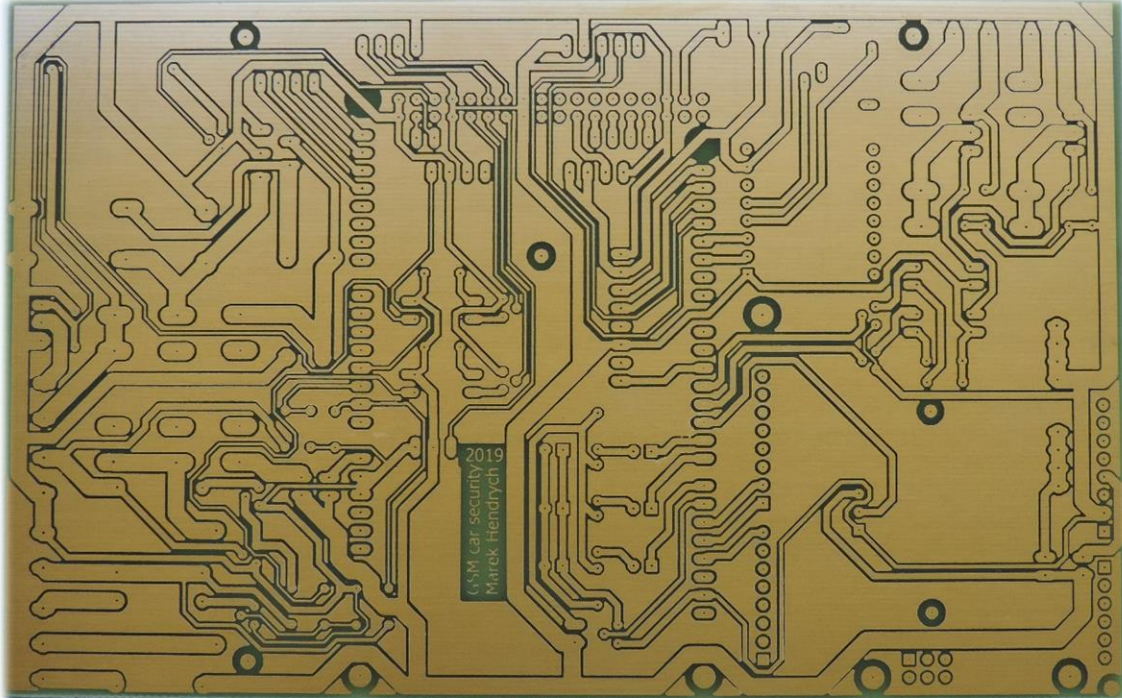
Příloha III – Kompletní elektrické schéma realizovaného systému



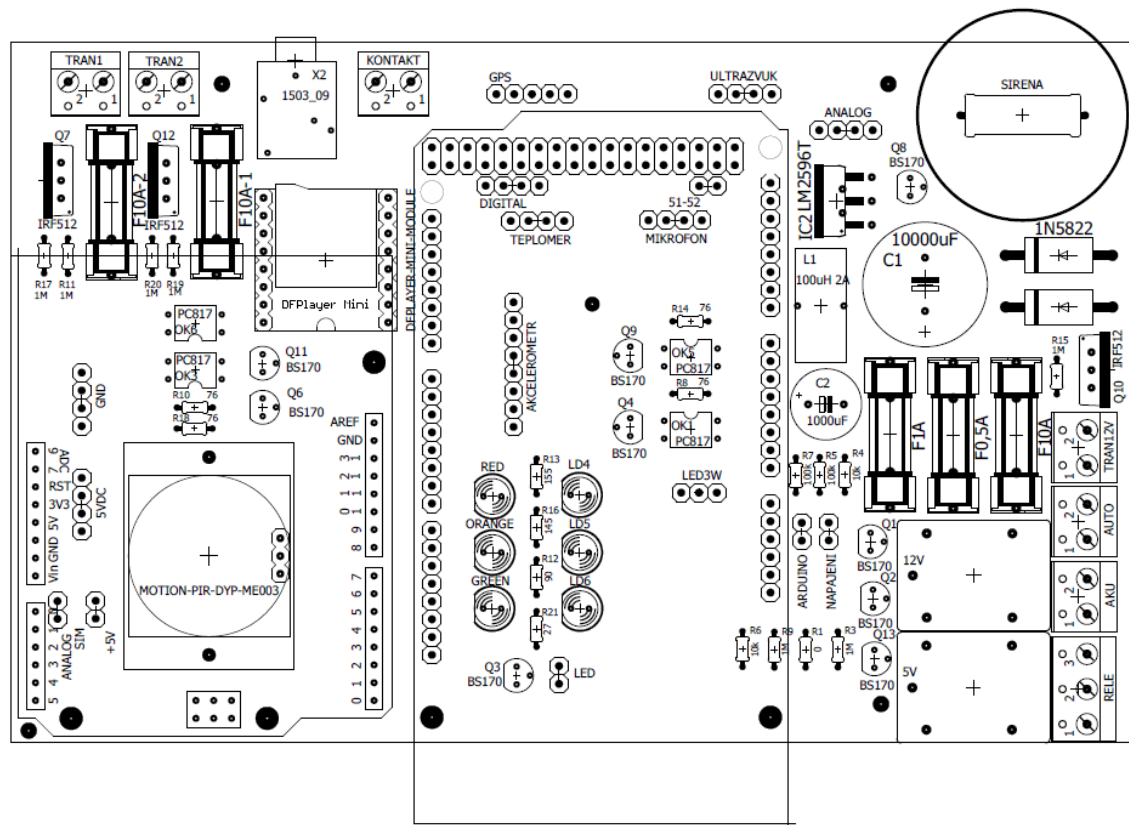
Příloha IV – Předloha pro výrobu plošného spoje



Příloha V – Deska plošného spoje před osazením



Příloha VI – Osazovací plán DPS



Příloha VII – Inicializační smyčka GSM modulu

```

while (!GSM_SIM900.init()) {
    delay(1000);
    if (!GSM_SIM900.checkPowerUp()) {
        GSM_SIM900.powerUpDown(SIM_Power);
    }
}

```

Příloha VIII – Příjem a odesílání SMS zpráv GSM modulem

```
void odeslat_zpravu() {
    SMS.toCharArray(aktualni_SMS, 160);
    GSM_SIM900.sendSMS(uzivatel, aktualni_SMS);
}

void cteni_SMS() {
    neprectene_SMS = GSM_SIM900.isSMSunread();
    if (neprectene_SMS > 0) {
        GSM_SIM900.readSMS(neprectene_SMS, aktualni_SMS, delka_SMS, telefon, cas_SMS);
        GSM_SIM900.deleteSMS(neprectene_SMS);
        if (strcmp(telefon, uzivatel) == 0) {
            if (strcmp(aktualni_SMS, "Zavolej") == 0) {
                GSM_SIM900.callUp(uzivatel);
            }
            else {
                SMS = cas_SMS; SMS += " prijata neznama zprava od: ";
                SMS += telefon; SMS += " text: "; SMS += aktualni_SMS;
                odeslat_zpravu();
            }
        }
    }
}
```

Příloha IX – Získávání polohy z GPS modulu

```
void GPS() {
    while (Serial1.available() > 0) {
        poloha.encode(Serial1.read());
        if (poloha.location.isUpdated()) {
            hodiny = (poloha.time.hour()) + 2;
            minuty = poloha.time.minute();
            vteriny = poloha.time.second();
            sirka1 = poloha.location.lat();
            sirka = String(sirka1, 6);
            delka1 = poloha.location.lng();
            delka = String(delka1, 6);
            satelity = poloha.satellites.value();
        }
    }
    GPS_info = ", cas: "; GPS_info += hodiny; GPS_info += ":";
    GPS_info += minuty; GPS_info += ":"; GPS_info += vteriny;
    GPS_info += ", poloha: N"; GPS_info += sirka;
    GPS_info += " E"; GPS_info += delka;
}
```

Příloha X – Vyhodnocování dveřního kontaktu

```
void loop() {
  if (spinac == 1) {
    SMS = "POPLACH!, dverni spinac";
    poplach();
  }
}
```

Příloha XI – Vyhodnocování akcelerometru a gyroskopu MPU 6050

```
void loop() {
  otresy();
  X1 = X; Y1 = Y; Z1 = Z;
  delay(5);
  otresy();

  if (((X1 - vibrace) > X) || ((X1 + vibrace) < X) || ((Y1 - vibrace) > Y) ||
      ((Y1 + vibrace) < Y) || ((Z1 - vibrace) > Z) || ((Z1 + vibrace) < Z)) {
    delay(1000);
    otresy();
    X1 = X; Y1 = Y; Z1 = Z;
    delay(5);
    otresy();
    if (((X1 - vibrace) > X) || ((X1 + vibrace) < X) || ((Y1 - vibrace) > Y) ||
        ((Y1 + vibrace) < Y) || ((Z1 - vibrace) > Z) || ((Z1 + vibrace) < Z)) {
      SMS = "POPLACH!, otresy";
      poplach();
    }
  }
}
```

Příloha XII – Výpočet vzdálenosti nejbližší překážky

```
void ultrazvuk() {
  digitalWrite(Trig, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(Trig, HIGH);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(Trig, LOW);

  delka_pulsu = pulseIn(Echo, HIGH);
  vzdalenost = (delka_pulsu * c) / 2 / 1000;
  c = (331.57 + 0.607 * teplota);
}
```

Příloha XIII – Vyhodnocování ultrazvukového senzoru HC-SR04

```
void loop() {
  ultrazvuk();
  if ((vzdalenost_init - 100) > vzdalenost || (vzdalenost_init + 100) < vzdalenost) {
    SMS = "POPLACH!, ultrazvukovy senzor";
    poplach();
  }
}
```

Příloha XIV – Vyhodnocování mikrofonu HW-484

```
void akustika() {
  hluk = analogRead(mikrofon);
  if ( hluk > 50 ) {
    SMS = "zaznamenan zvyseny hluk v okoli automobilu!";
    odeslat_zpravu();
  }
}
```

Příloha XV – Vyhodnocování teploty a vlhkosti ze senzoru AM2120

```
void teplota_vlhkost() {
  teplota = teplomer.readTemperature();
  vlhkost = teplomer.readHumidity();
  if (teplota > 50) {
    SMS = "teplota v kabine auta presahla 50 st.C";
    odeslat_zpravu();
  }
}
```

Příloha XVI – Vyhodnocování stavu baterie

```
void voltmetr() {
  napeti = analogRead(baterie);
  U_baterie = (((napeti * 5) / 1024) / 0.119);
  if (U_baterie < 12.2) {
    SMS = "vybita baterie";
    odeslat_zpravu();
  }
  if (U_baterie < 11 || U_baterie > 16) {
    SMS = "baterie poskozena nebo odpojena";
    odeslat_zpravu();
  }
}
```

Příloha XVII – Ovládání hlasového modulu s integrovaným MP3 přehrávačem YX5200

```
void prehravac() {  
    MP3.volume(30);  
    MP3.play(1);  
    delay(5000);  
    MP3.pause();  
}
```

Příloha XVIII – Čtení z paměti EEPROM

```
value = EEPROM.read(0);  
if (value == 70 || value == 90) {  
    digitalWrite(LED_red, LOW);  
    ZAP = 1;  
    if (value == 90) {  
        tranzistor2 = 1;  
    }  
    SMS = "POPLACH!";  
    poplach();  
}  
if (value == 50) {  
    ZAP = 1;  
}  
else {  
    VYP = 1;  
    konec3 = 1;  
}
```

Příloha XIX – Vyhodnocování ovládacích tlačítek

```
void tlacitko() {  
    stav_tlacitka1 = digitalRead(tlac1);  
    if (stav_tlacitka1 == LOW) {  
        ZAP = 1;  
    }  
    else {  
        VYP = 0;  
    }  
}
```

Příloha XX – Opatření provedená při poplachu

```
EEPROM.write(0, 70);
digitalWrite(LED_green, HIGH);
digitalWrite(LED_red_blik, HIGH);
digitalWrite(rele, HIGH);
digitalWrite(tran1, LOW);
digitalWrite(tran12V, HIGH);
digitalWrite(sirena, HIGH);
if (tranzistor2 == 1) {
digitalWrite(tran2, HIGH);
}
wdt_reset();
MP3.play(4);
odeslat_zpravu();
MP3.play(6);
delay(2000);
MP3.play(5);
GPS();
SMS += souradnice;
odeslat_zpravu();
```

Příloha XXI – Poplachová smyčka

```
do {
cteni_SMS();
cas_poplachu = millis()
if (cas_poplachu > 30) {
digitalWrite(sirena, LOW);
}
if (tranzistor2 == 1) {
digitalWrite(tran2, HIGH);
}
teplota();
wdt_reset();
} while (VYP == 0);
```

Příloha XXII – Funkce porucha

```
void porucha() {
if (por1 == 1 || por2 == 1 || por3 == 1 || por4 == 1) {
digitalWrite(LED_orange, LOW);
}
else {
digitalWrite(LED_orange, HIGH);
}
}
```