

Ovládání funkcí automobilu pomocí mikropočítače Arduino

Diplomová práce

Vedoucí práce:

prof. RNDr. Ing. Jiří Šťastný, CSc.

Bc. Lukáš Mañas

Brno 2016

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi byli během tvorby této diplomové práce oporou. Především bych chtěl poděkovat vedoucímu práce prof. RNDr. Ing. Jiřímu Šťastnému, CSc. Také bych chtěl poděkovat mým rodičům, bez kterých by pro mě studium na vysoké škole nebylo možné.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Ovládání funkcí automobilu pomocí mikropočítače Arduino**, vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmetná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 23. května 2016

Abstract

This diploma thesis describes the design and creation of a device that will enable control of selected functions of a car Škoda Octavia II. The main functions of the device are remote start of the engine and GPS car tracking. The device also enables delayed engine shutdown, turning on the windscreen blower, turning on the rear window heater and measuring the car battery voltage. All communication is performed via SMS.

Keywords

Arduino, remote start, remote control, car, GPS.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a výrobou zařízení, které bude umožňovat ovládání vybraných funkcí automobilu Škoda Octavia II. Hlavními funkcemi zařízení jsou dálkové nastartování motoru automobilu a zaměření jeho polohy pomocí systému GPS. Dále zařízení umožňuje zpožděné vypnutí motoru vozidla, zapnutí ofukování čelního skla, zapnutí vyhřívání zadního skla a změření napětí autobaterie. Komunikace se zařízením probíhá pomocí SMS.

Klíčová slova

Arduino, dálkové nastartování, dálkové ovládání, automobil, GPS.

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíl práce	12
3	Shrnutí současného stavu.....	13
3.1	Zařízení umožňující vzdálené nastartování.....	13
3.2	Vývojové desky Arduino a rozšiřující moduly	17
4	Analýza a plán realizace.....	24
4.1	Požadavky na zařízení.....	24
4.2	Analýza současného stavu	25
4.3	Plán realizace	27
5	Realizace a ověření funkčnosti.....	29
5.1	Způsob ovládání jednotlivých funkcí vozidla	29
5.2	Celkový diagram systému	31
5.3	Výběr komponent systému.....	32
5.4	Návrh zapojení	39
5.5	Návrh, výroba a osazení desky plošných spojů	49
5.6	Návrh komunikačního protokolu.....	51
5.7	Vývoj řídicího programu pro Arduino.....	53
5.8	Vývoj aplikace pro OS Android	63
5.9	Ověření funkčnosti a sestavení zařízení.....	65
5.10	Instalace zařízení do automobilu	67
6	Možnosti využití.....	71
7	Závěr	72
8	Literatura	73
9	Seznam obrázků.....	75
10	Seznam tabulek.....	77

A	Elektrické schéma zařízení	79
B	Deska plošných spojů zařízení.....	80
C	Seznam součástí zařízení a jejich ceny	81
D	Popis příkazů komunikačního protokolu.....	83

1 Úvod

Moderní automobily obsahují velké množství elektroniky, která řídí většinu funkcí vozidla. Například změna nastavení rozvodu vzduchu k jednotlivým ofukovacím otvorům dříve vyžadovala pohyb mechanického ovladače. U moderního automobilu s automatickou klimatizací je stejné změny nastavení dosaženo pouhým stisknutím tlačítka.

To umožňuje poměrně jednoduché ovládání nejrůznějších funkcí vozidla. Přesto se většina automobilek příliš nesnaží možnosti ovládání funkcí vozidla zásadně změnit. Proto jsem se rozhodl vyrobit a naprogramovat zařízení, které bude umožňovat ovládání vybraných funkcí automobilu.

Zařízení bude uživateli poskytovat možnosti, které za určitých okolností uživateli používání automobilu do jisté míry usnadní. Zařízení bude umožňovat především dálkové nastartování motoru vozidla a ovládání funkcí pro rozmrazování skel automobilu. Toho může být využito především za účelem připravení příjemných klimatických podmínek ve vozidle. Tedy v letním období k vychlazení interiéru a v zimním období k rozmrazení skel a vyhřátí interiéru. Dále bude zařízení umožňovat zaměření polohy automobilu, na základě kterého může být automobil nalezen i po jeho odcizení.

Ovládání zařízení bude probíhat prostřednictvím SMS, které bude zařízení přijímat a zpracovávat. To umožní ovládání vybraných funkcí vozidla prakticky odkudkoliv.

První část práce, kapitola 3, se věnuje shrnutí současného stavu. Jsou zde popsány vlastnosti existujících řešení, které umožňují dálkové nastartování motoru vozidla. Dále jsou zde popsány různé verze vývojových desek Arduino a několik rozšiřujících modulů. Ve druhé části práce, kapitole 4, jsou definovány požadavky na zařízení, shrnuty nedostatky existujících zařízení a popsán návrh řešení. V poslední části diplomové práce, kapitole 5, je popsána samotná realizace zařízení. Ta se skládá z volby způsobu ovládání jednotlivých funkcí vozidla, výběru komponent systému, návrhu a výroby desky plošných spojů, vývoje řídicího programu vývojové desky Arduino a vývoje aplikace pro OS Android, která umožňuje jednoduché odesílání příkazů pomocí SMS. Druhá část této kapitoly se věnuje testování funkčnosti a instalaci zařízení do automobilu.

2 Cíl práce

Cílem práce je návrh a realizace zařízení, jehož hlavními funkcemi budou dálkové nastartování motoru automobilu Škoda Octavia II a zaměření jeho polohy pomocí systému GPS. Dále bude zařízení umožňovat zpožděné vypnutí motoru vozidla a změření napětí autobaterie.

Dálkové nastartování motoru vozidla bude využíváno především za účelem připravení příjemných klimatických podmínek ve vozidle. Tedy v letním období k vychlazení interiéru a v zimním období k rozmrazení skel a vyhřátí interiéru. Dále může být funkce dálkového nastartování motoru automobilu použita v případě dlouhodobého odstavení vozidla za účelem dobití baterie automobilu. Samotné dálkové nastartování motoru vozidla bude realizováno tak, aby nemohlo dojít k nastartování motoru v případě, že je zařazen rychlostní stupeň. Současně bude zajištěno, aby s automobilem s dálkově nastartovaným motorem nebylo možné odjet bez použití klíče od vozidla.

Další funkcí zařízení bude umožnění zpožděného vypnutí motoru automobilu za účelem dochlazení motoru a především turbodmychadla. Turbodmychadlo je totiž po agresivní jízdě nebo rychlé jízdě na dálnici velmi horké a jeho okamžité zastavení může podstatně zkracovat jeho životnost.

Zařízení bude obsahovat modul pro lokalizaci automobilu pomocí systému GPS. V případě potřeby zařízení provede určení pozice vozidla a zaslání zeměpisných souřadnic, na kterých se automobil právě nachází. Této funkce může být využito především při odcizení vozidla.

Ovládání zařízení bude probíhat pomocí SMS. Samotná komunikace bude dostatečně zabezpečena, aby nemohlo dojít ke zneužití zařízení.

Řešení bude obsahovat i záložní napájení, které bude schopné zajistit provoz zařízení i po odpojení autobaterie a to po dobu minimálně několika desítek hodin. Stav autobaterie bude periodicky kontrolován. V případě odpojení autobaterie nebo jejího nadměrného vybití bude o této skutečnosti uživatel informován. Při odcizení vozidla a odpojení autobaterie bude tedy dostatek času na určení polohy automobilu.

3 Shrnutí současného stavu

V této kapitole je shrnutí současného stavu relevantní pro čtenáře této práce. Toto shrnutí se zabývá především vlastnostmi podstatnými vzhledem k této práci a nelze z něj tedy vyvozovat absolutní závěry o uvedených zařízeních.

3.1 Zařízení umožňující vzdálené nastartování

Zařízení umožňující vzdálené nastartování motoru automobilu na trhu samozřejmě již existují. Většinou se jedná o zařízení, jehož primární funkcí je zabezpečení vozidla proti krádeži a vzdálené nastartování je pouze určitou doplňkovou funkcí.

Zařízení pro dálkové nastartování motoru automobilu se dělí do dvou hlavních skupin: pro vozidla s automatickou převodovkou a pro vozidla s manuální převodovkou. Zařízení určená pro vozidla s automatickou převodovkou mohou být jednodušší, protože zde není potřeba řešit, zda je vyřazená rychlost. Tato zařízení se často vyrábí jako samostatné ovladače dálkového nastartování (bez zabezpečovacích funkcí) a jsou tak samozřejmě levnější. Jelikož se věnuji realizaci zařízení pro vozidlo s manuální převodovkou, v této práci se tímto typem zařízení nebudu zabývat.

Zařízení umožňující vzdálené nastartování motoru určená pro vozidla s manuální převodovkou by měla disponovat detekcí zařazené rychlosti. To se nejčastěji realizuje pomocí tzv. rezervačního režimu. V podstatě se jedná o zajištění vyřazené rychlosti tím, že před vypnutím motoru a opuštěním automobilu stiskneme určité tlačítko, kterým dáváme zařízení informaci o tom, že budeme chtít využít vzdáleného nastartování motoru (aktivace rezervačního režimu). Po stisku tohoto tlačítka musí být do určité doby vypnuto zapalování (motor zůstává v chodu), vozidlo musí být opuštěno a poté uzamčeno. Teprve v tuto chvíli se motor vypne a zařízení má jistotu, že rychlost není zařazena. Rezervační režim je nyní aktivní až do otevření dveří automobilu. K tomu, aby tento postup mohl být realizován, musí mít zařízení informaci o stavu dveří vozidla (otevřené/zavřené). Proto se funkce vzdáleného nastartování motoru většinou nabízí jako součást autoalarmu, který má o stavu jednotlivých dveří potřebné informace.

3.1.1 Magicar M 880 AS

Autoalarmy od společnosti Magicar jsou jedny z nejoblíbenějších alarmů na trhu. Model M 880 AS kromě standardních funkcí autoalarmu disponuje i funkcí vzdáleného nastartování motoru a funkcí dochlazování motoru a turbodmychadla (po vypnutí zapalování motor zůstává po určitou dobu běžet). Součástí autoalarmu je i dvoucestný



Obr. 1: Dálkový ovladač Magicar M 880 AS

Zdroj: Magicar M 880 AS – Magicar Security, 2015

dálkový ovladač, kterým lze autoalarm nejen ovládat, ale i kontrolovat stav automobilu. Autoalarm dále poskytuje nadstandardní množství nejrůznějších uživatelsky nastavitelných voleb.

Předpokladem pro úspěšné dálkové nastartování motoru automobilu je aktivní rezervační režim (viz předchozí odstavec) a zatažená ruční brzda. Vyčkání na dokončení žhavení dieselového motoru je řešeno nastavitelnou prodlevou mezi zapnutím zapalování a samotným startováním (3, 5, 8 nebo 12 sekund) nebo podle stavu vstupu pro žhavení. Proces startování je ukončen po přivedení napětí na vstup k tomu určený (vstup od alternátoru), nejpozději však po 5 sekundách. Motor je poté v chodu po předem nastavenou dobu (3, 5, 10 nebo 25 minut). Po otevření dveří vozidla zůstává motor v chodu ještě 20 sekund (čas pro zapnutí zapalování klíčkem). Motor se vypne také při sešlápnutí brzdového pedálu. (*Magicar M 880 AS – Magicar Security, 2015*)

3.1.2 SPY CAR SPY13

Autoalarm SPY13 od firmy SPY CAR je dalším zařízením, které umožňuje vzdálené nastartování motoru vozidla. Jedná se o jednoduché zařízení, které neposkytuje pokročilejší funkce. Ovládání autoalarmu je zajištěno jednocestným dálkovým ovladačem, z čehož vyplývá, že pomocí něj nelze zjistit stav zařízení (např. úspěšnost dálkového nastartování motoru). Autoalarm svůj stav oznamuje pouze pomocí blikání směrových světel vozidla a výstražných signálů sirény.

Předpokladem pro úspěšné dálkové nastartování motoru automobilu je zatažená ruční brzda a aktivovaný alarm. Kontrola zařazené rychlosti není realizována. Běh motoru je detekován pomocí vodiče natočeného na vysokonapětovém zapalování. Motor je po vzdáleném nastartování v chodu po dobu 12 minut. (*SPY CAR SPY13 – Autodoplňky FRO, 2016*)



Obr. 2: Dálkový ovladač SPY CAR SPY13
Zdroj: SPY CAR SPY13 – Autodoplňky FRO, 2016

3.1.3 iKey SE544start

Autoalarm SE544start od společnosti iKey kombinuje zabezpečení automobilu, přenos poplachové informace na mobilní telefon, vzdálené nastartování motoru vozidla a dochlazování motoru a turbodmychadla. Autoalarm obsahuje i GPS modul, s jehož využitím je zařízení schopné zaměřit pozici automobilu a odeslat ji v SMS. Autoalarm je možné ovládat mobilním telefonem (pomocí k tomu určené aplikace) nebo přiloženými dálkovými ovladači. Zařízení disponuje i záložní baterií, která umožňuje nahlášení výpadku napájení.

Předpokladem pro úspěšné dálkové nastartování motoru automobilu je aktivní rezervační režim a zatažená ruční brzda. Vyčkání na dokončení žhavení diesellového motoru je řešeno 10sekundovou prodlevou mezi zapnutím zapalování a samotným startováním. Běh motoru může být detekován napětím přivedeným od alternátoru, vodičem připojeným k zapalovací cívice nebo zvýšením napětí v palubní síti automobilu alespoň o 0,6 V. Motor je poté v chodu po předem nastavenou dobu (5, 15 nebo 30 minut). Pokud dojde k otevření kapoty nebo uvolnění ruční brzdy, motor bude automaticky vypnut. V případě, že by se motor vozidla nepodařilo nastartovat, provede zařízení 3 opakované pokusy nastartování o délkách 1, 2, respektive 4 sekundy. (*iKey SE544start – E-autodoplňky*, 2016)



Obr. 3: Dálkový ovladač *iKey SE544start*
Zdroj: *iKey SE544start – E-autodoplňky*, 2016

3.1.4 J-alarm MDS

Přístroj nesoucí označení MDS (modul dálkového startu) je zařízení, jehož jedinou funkcí je vzdálené nastartování motoru automobilu. V porovnání s autoalarmem se tedy jedná o velmi jednoduché zařízení. Jedinou funkcí modulu je detekce povelu pro nastartování a samotné vzdálené nastartování motoru vozidla. Výrobce zařízení v tomto případě není velká zahraniční společnost, ale firma J-alarm sídlí v Praze.

I u tohoto zařízení je předpokladem pro úspěšné dálkové nastartování aktivní rezervační režim a zatažená ruční brzda. Vyčkání na dokončení žhavení diesellového motoru je řešeno prostou 5sekundovou prodlevou mezi zapnutím zapalování a samotným startováním. Proces startování je ukončen po přivedení napětí na vstup k tomu určený (vstup od alternátoru), nejpozději však po 5 sekundách. Motor je poté v chodu do otevření dveří vozidla nebo sešlápnutí brzdového pedálu, nejdéle však 20 minut.

Aby bylo možné vzdálené nastartování provést, je nutné k tomuto modulu připojit zařízení, které mu bude zasílat povel pro vykonání vzdáleného nastartování. Tímto zařízením může být např. univerzální dálkové ovládání nebo GSM modul. (*J-alarm MDS – J-alarm Praha*, 2015)

Univerzální dálkové ovládání

S modulem vzdáleného nastartování MDS lze použít prakticky jakékoliv dálkové ovládání, které má univerzální výstup. Může to být výstup určený pro otevírání zavazadlového prostoru, univerzální výstup označovaný jako AUX atd.

Použít lze např. dálkové ovládání K-1903 LK020 LT468, které kromě ovládání centrálního zamykání disponuje i výstupem na otevírání zavazadlového prostoru. Tento výstup lze aktivovat buď 2sekundovým podržením tlačítka pro odemknutí centrálního zamykání (současně dojde k odemknutí automobilu) nebo stisknutím tlačítka přímo určeného pro tento výstup (v tomto případě k odemknutí automobilu nedojde). (*K-1903 LK020 LT468 – Levné Alarmy*, 2015)

GSM modul

Druhou možností, jak lze modul vzdáleného nastartování MDS aktivovat, je využitím GSM sítě pomocí SMS. Požadavky na zařízení jsou stejné jako v případě aktivace dálkovým ovládním – zařízení musí disponovat univerzálním výstupem, který lze dálkově ovládat (tentokrát pomocí SMS).

Vhodným zařízením je např. autoalarm DS 512 od společnosti TytanGPS. Tento autoalarm kromě standardních funkcí disponuje i GPS modulem, s jehož využitím je zařízení schopné zaměřit pozici automobilu a odeslat ji v SMS. Autoalarm je možné ovládat mobilním telefonem (jednoduchými příkazovými SMS nebo pomocí k tomu určené aplikace) nebo původními dálkovými ovladači od vozidla. Příkazové SMS zprávy jsou chráněny 5místným kódem. Zařízení umožňuje i signalizaci slabé/odpojené baterie automobilu, což je možné kvůli vestavěnému záložnímu akumulátoru.



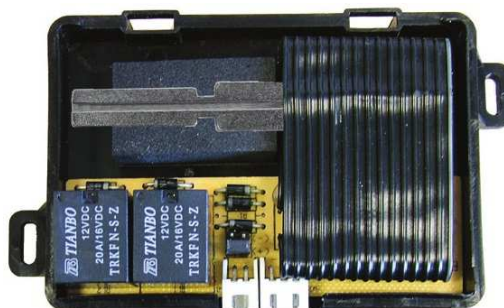
Obr. 4: Řídicí jednotka TytanGPS DS 512
Zdroj: TytanGPS DS 512 – TytanGPS, 2013

Aby mohl být tento autoalarm využitý pro aktivaci modulu vzdáleného nastartování, musí být rozšířen o modul DS 512 AUX, který systému přidává univerzální výstup. (TytanGPS DS 512 – TytanGPS, 2013)

3.1.5 Bypass modul BM8000

Prakticky všechna moderní vozidla jsou osazena tzv. imobilizérem. Jedná se o elektronické zařízení bránící běhu motoru v případě, že v těsné blízkosti spínací skříňky není klíč se správným respondérem. Respondér musí být předem spárovaný s elektronickou řídicí jednotkou motoru vozidla, jinak se motor nerozběhne (případně téměř okamžitě po nastartování zhasne).

Jakékoliv zařízení pro vzdálené nastartování motoru automobilu proto musí být doplněno o tzv. bypass modul, který funkci imobilizéru obejde. Bypass modul funguje na principu zvětšení dosahu čtení respondéru spínací skříňkou. Do bypass modulu se vloží klíč s respondérem (případně samostatný respondér) a celý modul se ve vozidle ukryje na špatně dostupné místo (aby případný zloděj nemohl respondér z modulu vyjmout, což by mu usnadnilo krádež). Modul obsahuje cívku, která zajišťuje spojení s respondérem. U spínací skříňky je umístěna druhá cívka, zajišťující předání informací z respondéru dané řídicí jednotce automobilu. Bypass modul je v činnosti pouze při vzdáleném nastartování, takže zabezpečení imobilizérem proti krádeži je nadále funkční. (Keetec BM8000 – Levné Alarmy, 2015)



Obr. 5: Bypass modul Keetec BM8000
Zdroj: Keetec BM8000 – Levné Alarmy, 2015

3.2 Vývojové desky Arduino a rozšiřující moduly

Na trhu existuje celá řada vývojových platforem od samostatných čipů po výkonné platformy umožňující běh přizpůsobeného operačního systému. Jednou z těchto vývojových platforem je Arduino.

Arduino nabízí jak malé, méně výkonné modely, tak komplexní systémy obsahující např. síťový port, HDMI nebo USB. Ne vždy je vhodné použít vyspělejší Arduino, ať už z hlediska spotřeby energie, rozměrů, hmotnosti nebo ceny. Na trhu se lze setkat i s vývojovými deskami označenými značkou Genuino. Jedná se o zcela totožné výrobky lišící se pouze logem. V USA se produkty oficiálně prodávají pod značkou Arduino, ve zbytku světa probíhá oficiální prodej pod značkou Genuino. Tato kapitola obsahuje stručný popis většiny rozšířených vývojových desek. (Warren, Adams a Molle, 2011, s. 20)

Pokud vývojová deska Arduino neposkytuje potřebné hardwarové vybavení, lze rozšířit tzv. shieldem. Těchto rozšiřujících modulů se vyrábí celá řada. V závěru kapitoly jsou ty nejpodstatnější z nich stručně popsány.

Programování Arduina je možné v jazyce C nebo C++. Nejjednodušší možností je použití knihovny Wiring, která je pro programování Arduina velmi rozšířená. (Voda, 2015, s. 11–12)

3.2.1 Arduino Uno

Arduino Uno je v současné době jednou z nejrozšířenějších a nejpoužívanějších desek. Ze všech vývojových desek je Arduino Uno nejlépe zdokumentované, a proto se jedná i o doporučenou volbu pro seznámení se s touto platformou. Tato vývojová deska obsahuje procesor ATmega328P od firmy Atmel pracující na frekvenci 16 MHz při napětí 5 V. Procesor je na desku připojen pomocí patice (většina ostatních desek má procesor pevně připájen). To umožňuje jeho jednoduchou výměnu v případě poškození (např. trvalá nefunkčnost vstupně-výstupního pinu z důvodu jeho přetížení). Kromě samotného procesoru obsahuje Arduino Uno ještě čip ATmega16U2 pro převod USB rozhraní na sériovou linku, po které je procesor schopen komunikovat. Arduino Uno dále obsahuje regulátor napětí (napájecí napětí 7–12 V převádí na potřebných 5 V), USB port typu B (komunikace s PC – převážně programování procesoru), 14 digitálních vstupně-výstupních pinů (6 z nich může pracovat jako PWM výstup), 6 analogových vstupních pinů, 1 sériovou linku a resetovací tlačítko. Co se týče paměti, Arduino Uno nabízí 32 kB FLASH paměti, 2 kB SRAM a 1 kB EEPROM. Tato vývojová deska má standardizované rozměry, takže lze velmi jednoduše spojit s většinou rozšiřujících shieldů. (Arduino – ArduinoBoardUno, 2016)

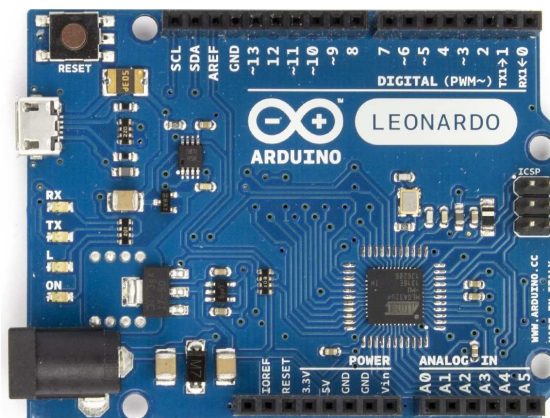


Obr. 6: Arduino Uno

Zdroj: Voda, 2015, s. 14

3.2.2 Arduino Leonardo

Arduino Leonardo je na první pohled velmi podobné jako Arduino Uno, přesto se tato vývojová deska v mnohém liší. Procesor je zde nahrazen čipem ATmega32U4 pracujícím na shodné frekvenci 16 MHz při napětí 5 V. Procesor podporuje komunikaci po USB rozhraní, takže zde není přítomen další čip, který by komunikaci zprostředkoval. To přináší snížení spotřeby energie a především možnost připojení k PC v režimu myši nebo klávesnice. Procesor ATmega32U4 dále nabízí větší množství pinů – 14 digitálních vstupně-výstupních pinů (7 z nich může pracovat jako PWM výstup) a 6 analogových vstupních pinů. Dále Arduino Leonardo nabízí větší SRAM – 2,5 kB. Vývojová deska je osazena Micro-USB portem (na rozdíl od Arduino Uno, kde je použit USB port typu B). Ostatní parametry jsou velmi podobné jako u Arduino Uno. (Arduino – ArduinoBoardLeonardo, 2016)

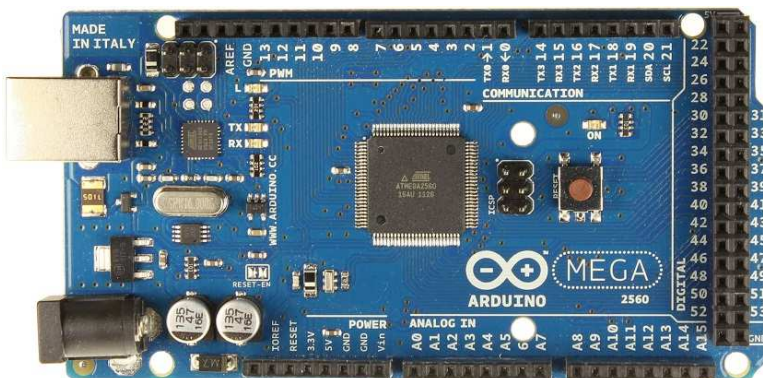


Obr. 7: Arduino Leonardo

Zdroj: Arduino – ArduinoBoardLeonardo, 2016

3.2.3 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 je jednou z rozměrově větších vývojových desek. Je založené na procesoru ATmega2560 pracujícím na frekvenci 16 MHz při napětí 5 V. Hlavní výhodou této vývojové desky jsou mnohem větší možnosti využití, ať už kvůli počtu vstupně-výstupních pinů, velikosti jednotlivých pamětí nebo počtu sériových linek. Arduino Mega 2560 nabízí 54 digitálních vstupně-výstupních pinů (15 z nich může pracovat jako PWM výstup), 16 analogových vstupních pinů a 4 sériové linky. Dále vývojová deska nabízí 256 kB FLASH paměti, 8 kB SRAM a 4 kB EEPROM. Rozměry vývojové desky jsou nezanedbatelně větší než u Arduino Uno a Arduino Leonardo (délka 102 mm místo 69 mm), ale kvůli zachování umístění konektorů je Arduino Mega 2560 kompatibilní s většinou rozšiřujících shieldů. (Arduino – ArduinoBoardMega2560, 2016)

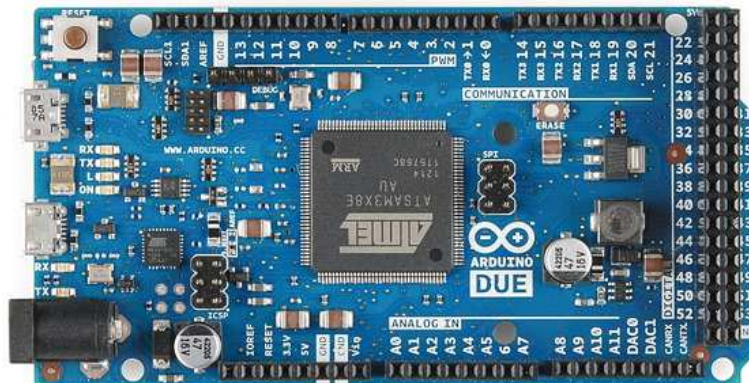


Obr. 8: Arduino Mega 2560

Zdroj: Voda, 2015, s. 16

3.2.4 Arduino Due

Arduino Due je, stejně jako Arduino Mega 2560, jednou z rozměrově větších desek. Vývojová deska Arduino Due je první Arduino deskou, která je založena na 32bitovém procesoru (ostatní desky obsahují pouze 8bitové procesory) architektury ARM.



Obr. 9: Arduino Due

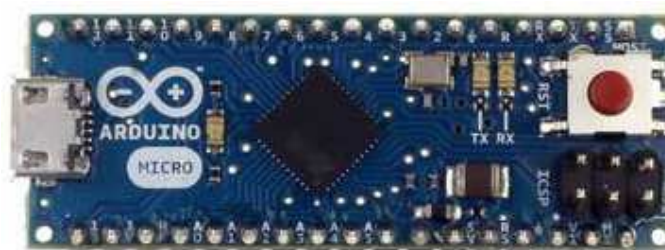
Zdroj: Arduino – ArduinoBoardDue, 2016

Konkrétně obsahuje procesor Atmel SAM3X8E

ARM Cortex-M3 pracující na frekvenci 84 MHz při napětí 5 V, který poskytuje velmi velké zvýšení výkonu. Na desce jsou 2 Micro-USB porty – jeden pro programování procesoru, druhý pro připojení zařízení (tzv. USB OTG např. klávesnice). Arduino Due nabízí 54 digitálních vstupně-výstupních pinů (12 z nich může pracovat jako PWM výstup), 12 analogových vstupních pinů a 4 sériové linky. Dále vývojová deska obsahuje 2 digitálně-analogové převodníky, které poskytují analogové výstupy. Ty lze u ostatních desek pouze částečně nahradit PWM výstupy. Vývojová deska Arduino Due nabízí 512 kB FLASH paměti a 96 kB SRAM. Rozměry a rozmístění konektorů je velmi podobné jako u Arduino Mega 2560. (Arduino – ArduinoBoardDue, 2016)

3.2.5 Arduino Micro

Arduino Micro se svými rozměry řadí mezi velmi malé vývojové desky. Tato vývojová deska obsahuje procesor ATmega32U4. Jedná se o naprosto stejný procesor, jaký je použit u desky Arduino Leonardo. Tomu odpovídají i parametry vývojové desky



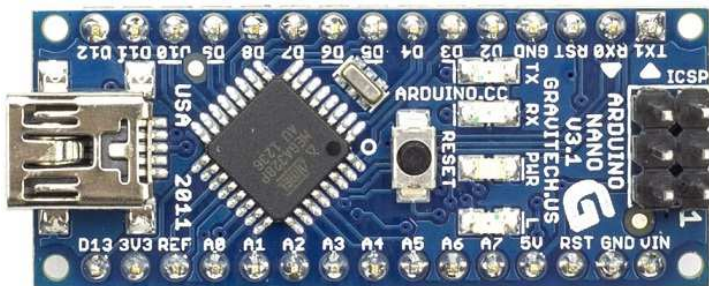
Obr. 10: Arduino Micro

Zdroj: Voda, 2015, s. 14

Arduino Micro – procesor běžící na frekvenci 16 MHz při napětí 5 V, podpora USB samotným procesorem (není třeba čipu pro převod sériového rozhraní na USB, možnost připojení k PC v režimu myši nebo klávesnice), 14 digitálních vstupně-výstupních pinů (7 z nich může pracovat jako PWM výstup), 6 analogových vstupních pinů, 1 sériová linka, resetovací tlačítko, 32 kB FLASH paměti, 2,5 kB SRAM a 1 kB EEPROM. Arduino Micro je, stejně jako Arduino Leonardo, osazeno Micro-USB portem. (Arduino – ArduinoBoardMicro, 2016)

3.2.6 Arduino Nano

Arduino Nano je další velmi malou vývojovou deskou. Rozměry má téměř shodné s Arduinem Micro. Na rozdíl od Arduina Micro je ale tato deska osazena procesorem ATmega328P, tedy stejným procesorem, jako Arduino Uno. Rozdílem je použití SMD verze, která je pevně připájena na desku. I zde



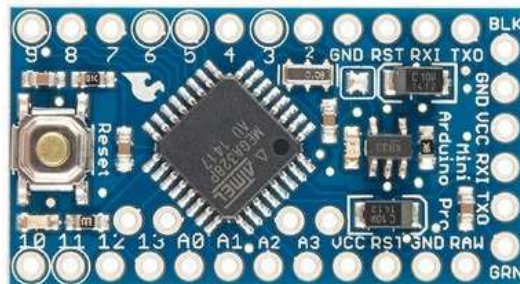
Obr. 11: Arduino Nano

Zdroj: Arduino – ArduinoBoardNano, 2016

procesor běží na frekvenci 16 MHz při napětí 5 V. Jelikož je na desce přítomen Micro-USB port, je Arduino Nano osazeno čipem FTDI FT232RL pro převod USB rozhraní na sériovou linku, po které je procesor schopen komunikovat. Vývojová deska dále obsahuje regulátor napětí (napájecí napětí 7–12 V převádí na potřebných 5 V), 14 digitálních vstupně-výstupních pinů (6 z nich může pracovat jako PWM výstup), 8 analogových vstupních pinů, 1 sériovou linku a resetovací tlačítko. Co se týče paměti, Arduino Nano nabízí 32 kB FLASH paměti, 2 kB SRAM a 1 kB EEPROM. (Arduino – ArduinoBoardNano, 2016)

3.2.7 Arduino Pro Mini

Arduino Pro Mini je nejmenším Arduinem popisovaným v této práci. Jeho rozměry jsou 33×18 mm. Stejně jako Arduino Nano, i tato Arduino Pro Mini obsahuje procesor ATmega328P. Jedná se o parametrově stejný procesor, jaký je použit u Arduina Uno. Arduino Pro Mini se vyrábí ve dvou verzích – jedna verze pracující při napětí 3,3 V s taktem procesoru 8 MHz a druhá verze pracující při napětí 5 V s taktem procesoru 16 MHz. Arduino Pro Mini dále obsahuje regulátor napětí (u 5V verze může být napájecí napětí 5–12 V, u 3,3V verze potom 3,35–12 V), 14 digitálních vstupně-výstupních pinů (6 z nich může pracovat jako PWM výstup), 8 analogových vstupních pinů, 1 sériovou linku a resetovací tlačítko. Tato vývojová deska neobsahuje USB port, komunikace s PC může probíhat po sériové lince nebo při použití externího převodníku i přes USB. Dále Arduino Pro Mini nabízí 32 kB FLASH paměti, 2 kB SRAM a 1 kB EEPROM. Arduino Pro Mini se dodává bez připájených konektorů. (Arduino – ArduinoBoardProMini, 2016)

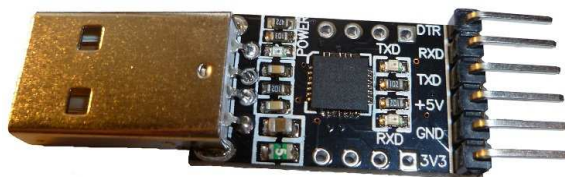


Obr. 12: Arduino Pro Mini

Zdroj: Arduino – ArduinoBoardProMini, 2016

3.2.8 Převodník USB na UART

Aby bylo Arduino Pro Mini možné připojit k počítači bez sériové linky, je nezbytné využít některý z převodníků. Rozšířeným řešením je použití převodníku s čipem CP2102. Jedná se o tzv. Single-Chip USB to UART Bridge. Tento čip v sobě obsahuje veškeré potřebné součástky. Zahrnuje i 3,3V napěťový regulátor, takže není problém ani s připojením 3,3V verze Arduina Pro Mini. Převodník dále disponuje i tzv. DTR pinem (Data Terminal Ready), který je potřebný pro automatické resetování Arduina před začátkem vlastního programování. Některé převodníky tento pin nemají a nahrávání kódu do Arduina je s nimi velmi nepraktické – v malém časovém rozpětí je na Arduinu potřeba stisknout resetovací tlačítko, jinak nedojde k nahrání kódu. (CP2102 USB to TTL Module with DTR pin – Elementz Engineers, 2016)

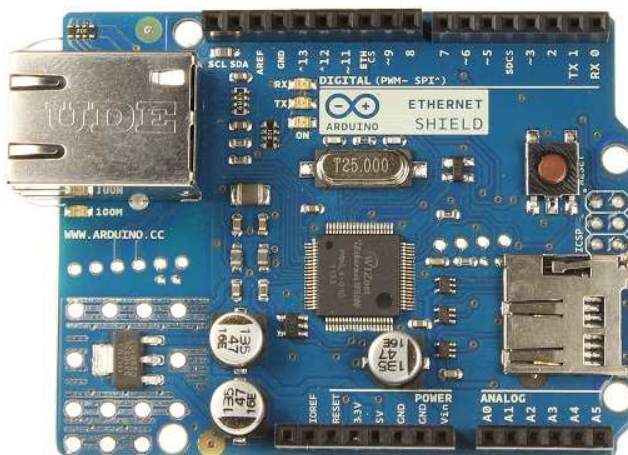


Obr. 13: Převodník USB na UART

3.2.9 Arduino Ethernet Shield

Pokud vývojová deska Arduino neposkytuje potřebné hardwarové vybavení, lze rozšířit tzv. shieldem. Těchto rozšiřujících modulů se vyrábí celá řada. Stejně jako většina jiných shieldů má i tento rozšiřující modul standardizované rozměry. To umožňuje jeho velmi jednoduché připojení k Arduino Uno, Arduino Leonardo a dalším verzím, jejichž plošný spoj a konektory dodržují tento standard. Nezna-mená to ale, že by k ostatním vývojovým deskám rozšiřující moduly připojit nešly, jen je nutné zařízení vzájemně propojit vodiči.

Jedním z rozšiřujících modulů je Ethernet Shield umožňující připojení Arduina k internetu (případně pouze k lokální síti). Samotné spojení je realizováno síťovým kabelem se standardním konektorem RJ-45. Rozšiřující modul obsahuje čip Wiznet W5100, což je tzv. Single-Chip Internet-Enabled 10/100 Mb/s Ethernet Controller. Podporuje protokoly TCP, UDP, IPv4, ICMP, ARP, IGMP a PPPoE. Rozšiřující modul dále obsahuje slot pro Micro SD kartu, na kterou lze přístupovat z vývojové desky Arduino.



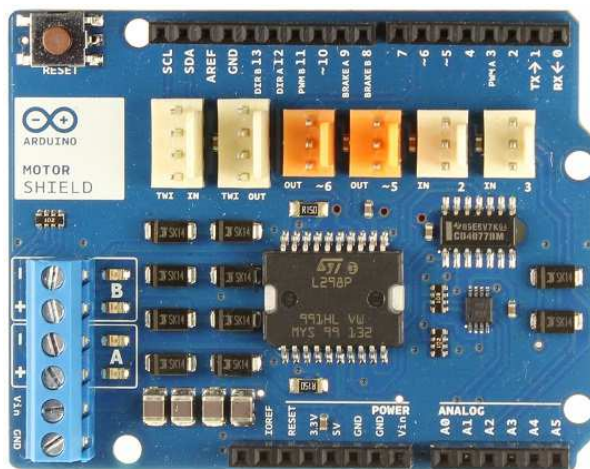
Obr. 14: Arduino Ethernet Shield

Zdroj: Arduino – ArduinoEthernetShield, 2016

Ethernet Shield je připravený i na využívání technologie Power over Ethernet (PoE), což je v podstatě napájení zařízení po datovém síťovém kabelu. Pro využití této technologie je třeba shield doplnit o PoE modul. (Arduino – ArduinoEthernetShield, 2016)

3.2.10 Arduino Motor Shield

Rozšiřující modul Motor Shield umožňuje vývojové desce Arduino řízení dvou DC motorů (motorů napájených stejnosměrným proudem) nebo jednoho krokového motoru. Motorům lze měnit směr a rychlost otáčení a to nezávisle na sobě. Dále je možné měřit odběr proudu každého z motorů. Rozšiřující modul je založen na čipu L298, což je tzv. Dual Full Bridge Driver. Napájení musí být zajištěno externím zdrojem (nelze využít napájení z Arduina). Vstupní napětí může být v rozsahu 5–12 V. Z každého kanálu může být odebrán proud až 2 A. (Arduino – ArduinoMotorShieldR3, 2016)



Obr. 15: Arduino Motor Shield

Zdroj: Arduino – ArduinoMotorShieldR3, 2016

3.2.11 Arduino GSM Shield

GSM Shield je další z rozšiřujících modulů pro vývojovou desku Arduino. Tento rozšiřující modul Arduino umožňuje provádět telefonní hovory, posílat a přijímat SMS a vytvořit připojení k internetu. Aby byl modul schopný připojení k mobilní síti, je nezbytné osazení SIM karty. Poté stačí GSM



Obr. 16: Arduino GSM Shield

Zdroj: Arduino – ArduinoGSMShield, 2016

Shield připojit k Arduinu a ovládat ho přes sériovou linku. Pro uskutečnění telefonních hovorů je ještě nutné připojit externí mikrofon a reproduktor (ovládání Arduina pomocí prozvánění lze pochopitelně realizovat i bez reproduktoru a mikrofonu). (Arduino – ArduinoGSMShield, 2016)

3.2.12 Arduino GPS Shield

V současné době neexistuje oficiální Arduino GPS Shield. To ovšem neznamená, že by určování polohy pomocí vývojové desky Arduino nešlo realizovat. Bud' jsou na trhu k dispozici neoficiální GPS Shieldy (např. Adafruit Ultimate GPS Logger Shield) nebo lze k Arduinu připojit GPS modul, který není určený přímo pro použití s touto vývojovou deskou, ale bez jakýchkoliv problémů s ní pracuje.

Takovýmto GPS modulem může být např. modul osazený čipem Ublox NEO-6M. Jedná se o velmi jednoduchý modul, jehož jedinou funkcí je zjišťování polohy na základě satelitního systému GPS. Samozřejmě pomocí něj lze zjistit i aktuální datum a čas, protože ten je nedílnou součástí systému GPS. Kromě samotných zeměpisných souřadnic modul určuje i nadmořskou výšku a rychlost pohybu.

Zapojení GPS modulu i samotná práce s ním je velmi jednoduchá. Po připojení modulu k napájení (napětí 4,3–16 V) okamžitě začíná proces zjišťování polohy. Modul každou sekundu posílá po sériové lince data ve formátu NMEA, která lze dále zpracovávat pomocí Arduina.

GPS modul se dodává společně s keramickou anténou, která poskytuje velmi dobrou citlivost. První zaměření (tzv. cold start) by mělo proběhnout do 30 sekund od zapnutí modulu. (Arduino Ublox GPS – Instructables, 2016)



Obr. 17: GPS modul Ublox NEO-6M

3.2.13 Arduino Relay Shield

Rozšiřující modul Relay Shield umožňuje vývojové desce Arduino ovládat vysoké napětí nebo zařízení s vysokým odběrem proudu. Vstupně-výstupní piny Arduina jsou totiž značně omezené – standardně jsou stavěné na napětí 0–5 V a maximální proud 40 mA. Relé umožňují spínat jak mnohem větší napětí, tak proud. Rozšiřující modul většinou obsahuje 4 relé, přičemž každé z nich je ovládané samostatným pinem Arduina. Existují i moduly obsahující 1, 2 nebo 8 relé, nejsou ale příliš rozšířené. (Noble, 2009, s. 392)



Obr. 18: Arduino Relay Shield

Zdroj: Arduino Relay Shield – Seeed Studio, 2016

4 Analýza a plán realizace

Zařízení umožňující dálkové nastartování motoru vozidla na trhu již existují, nevyhovují ale všem požadavkům, které má zařízení splňovat. Proto jsem se rozhodl vyvinout zařízení, které bude nabízet řešení pro veškeré specifické požadavky.

4.1 Požadavky na zařízení

Zařízení bude sloužit především pro ovládání některých funkcí automobilu Škoda Octavia II Combi. Jedná se o vozidlo modelového roku 2006 s dieslovým motorem využívajícím technologii Pumpe-Düse o zdvihovém objemu 1,9 litru s manuální převodovkou. Dalšími informacemi o vozidle (relevantními pro tuto práci) jsou tyto prvky výbavy: automatická dvouzónová klimatizace Climatronic, autorádio Škoda STREAM, snímač intenzity světla (automatické rozsvícení světel) a snímač deště (automatické zapnutí stěračů).

Hlavní funkcí zařízení je umožnění vzdáleného nastartování motoru automobilu. Toho bude využíváno především pro vyhřátí interiéru vozidla a rozmrazení skel v zimním období, vychlazení interiéru vozidla v letním období a případně pro udržování baterie automobilu v nabitém stavu při dlouhodobém odstavení vozidla. Pro zajištění spolehlivého a bezpečného vzdáleného nastartování motoru bude nezbytné vyvinout především rozpoznání zařazené rychlosti, nezatažené ruční brzdy nebo zapnutého zapalování (odmítnutí vzdáleného nastartování), detekci žhavení dieslového motoru (vyčkání na dokončení žhavení před samotným startováním motoru) a detekci úspěšného nastartování motoru vozidla.

Pokud bude motor automobilu vzdáleně nastartován, bude ho možné i vzdáleně vypnout. Motor nastartovaný pomocí klíčku a spínací skříňky vzdáleně vypnout nepůjde. Toto řešení je vhodné především z důvodu menšího zásahu do elektroinstalace vozidla.

Jelikož je automobil vybaven automatickým rozsvěcováním světel, docházelo by při vzdáleném nastartování motoru k jejich automatickému rozsvícení (za snížené viditelnosti). Proto bude zařízení umožňovat jejich vypnutí.

Autorádio se po zapnutí zapalování automaticky zapíná (v závislosti na stavu před vypnutím zapalování), což při vzdáleném nastartování motoru není vhodné. Proto bude zařízení umožňovat jeho vypnutí nebo alespoň ztlumení.

Dále je automobil vybaven automatickým zapínáním stěračů. Proto kdyby byl motor vzdáleně nastartován v dešti nebo v zimě, když je na čelním skle námraza, docházelo by ke zbytečnému opotřebování stěračů. Z toho důvodu bude zařízení umožňovat jejich deaktivaci.

Při vzdáleném nastartování motoru z důvodu vyhřátí interiéru a rozmrazení skel v zimním období bude velmi vhodné umožnění aktivace ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla.

Zařízení bude dále umožňovat zpožděné vypnutí motoru automobilu z důvodu dochlazení motoru a především turbodmychadla, které je po agresivní jízdě nebo rychlé jízdě na dálnici velmi horké a jeho okamžité zastavení může podstatně zkra-

covat jeho životnost. Zpožděné vypnutí motoru bude možné aktivovat stisknutím tlačítka v interiéru vozidla.

Druhou hlavní funkcí zařízení bude lokalizace automobilu pomocí satelitního systému GPS. Toho může být využito především v případě odcizení vozidla.

Další důležitou funkcí bude hlídání napětí baterie vozidla (pro případ dlouhodobého odstavení automobilu) a zároveň hlídání odpojení baterie vozidla a běh zařízení na záložní baterii (pro případ odpojení baterie po odcizení automobilu).

Veškerá komunikace bude probíhat pomocí SMS. Zprávy, které zařízení obdrží, budou nejprve autentizovány, aby nemohlo dojít k jakémukoliv zneužití. Po vykonání patřičné akce bude odeslána SMS obsahující hlášení o provedené akci a to na telefonní číslo, ze kterého byl příkaz odeslán. SMS obsahující hlášení o problémech s napájením bude odeslána na předem nastavené telefonní číslo.

Jelikož zařízení bude v provozu nepřetržitě a automobil nemá nevyčerpatelný zdroj elektrické energie, zařízení musí mít co nejmenší spotřebu. Toho bude dosaženo vhodným výběrem součástek a takovým řídicím programem vývojové desky Arduino, který bude procesor udržovat v úsporném režimu po co nejdelší čas.

Požadavky na zařízení tedy jsou:

- vzdálené nastartování motoru automobilu,
 - vypnutí světel, stěračů a rádia,
 - zapnutí ofukování čelního skla,
 - zapnutí vyhřívání zadního skla,
- vzdálené vypnutí dálkově nastartovaného motoru automobilu,
- zpožděné vypnutí motoru automobilu,
- nahlášení polohy automobilu,
- nahlášení napětí baterie automobilu a záložní baterie zařízení,
- hlídání poklesu napětí nebo odpojení baterie automobilu,
- komunikace přes síť GSM pomocí SMS,
- autentizace přijatých SMS,
- nízká spotřeba (maximálně v řádu nízkých desítek mA).

4.2 Analýza současného stavu

Funkce vzdáleného nastartování motoru automobilu je často součástí autoalarmu. Jelikož zabezpečovací funkce nejsou součástí požadavků, které by mělo zařízení splňovat, přítomnost autoalarmu řešení problému jen prodražuje. Navíc autoalarmy umožňující vzdálené nastartování motoru automobilu většinou nedisponují GSP modulem a vozidlo tedy není možné lokalizovat. Už jen fakt, že většina autoalarmů se ovládá pomocí dodaných dálkových ovladačů s dosahem maximálně několik stovek metrů, je značnou překážkou. Na jednu stranu to snižuje náklady na provoz zařízení, na stranu druhou je to v některých případech značně omezující. Výměna informací přes SMS má prakticky neomezený dosah a mobilní telefon má člověk běžně u sebe (na rozdíl od dálkového ovladače autoalarmu).

V následující tabulce je seznam některých řešení, které by alespoň částečně poskytovaly požadované funkce.

Tab. 1: Analýza zařízení umožňujících vzdálené nastartování automobilu

Zařízení	Klady a zápory	Cena
Magicar M 880 AS	<ul style="list-style-type: none"> + umožňuje vzdálené nastartování motoru + umožňuje zpožděné vypnutí motoru + umožňuje hlídání napětí baterie – nutnost aktivace rezervačního režimu – neumožňuje vypnutí světel, stěračů a rádia – neumožňuje zapnutí ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla – neumožňuje lokalizaci vozidla – komunikace pouze dálkovým ovladačem 	6.195 Kč ¹
SPY CAR SPY13	<ul style="list-style-type: none"> + umožňuje vzdálené nastartování motoru – neumožňuje zpožděné vypnutí motoru – absence kontroly zařazené rychlosti – neumožňuje hlídání napětí baterie – neumožňuje vypnutí světel, stěračů a rádia – neumožňuje zapnutí ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla – neumožňuje lokalizaci vozidla – komunikace pouze dálkovým ovladačem 	1.335 Kč ²
iKey SE544start	<ul style="list-style-type: none"> + umožňuje vzdálené nastartování motoru + umožňuje zpožděné vypnutí motoru + umožňuje hlídání napětí baterie + umožňuje lokalizaci vozidla + komunikace přes SMS – nutnost aktivace rezervačního režimu – neumožňuje vypnutí světel, stěračů a rádia – neumožňuje zapnutí ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla 	9.895 Kč ³
J-alarm MDS + TytanGPS DS 512 + TytanGPS DS 512 AUX	<ul style="list-style-type: none"> + umožňuje vzdálené nastartování motoru + umožňuje hlídání napětí baterie + umožňuje lokalizaci vozidla + komunikace přes SMS – neumožňuje zpožděné vypnutí motoru – nutnost aktivace rezervačního režimu – neumožňuje vypnutí světel, stěračů a rádia – neumožňuje zapnutí ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla 	10.446 Kč ⁴

¹ <http://www.9000.cz/autoarmy/magicar-m-880-as-can-bus>

² <http://www.mototrbo.cz/spy-car-autoalarm-s-dalkovym-startem-p14177>

³ <http://www.master-shop.cz/IKEY-7239-v.html>

⁴ <http://www.jweb.cz/modul%20dalkoveho%20startu.html>

<http://www.levnearmy.cz/eshop/zabezpeceni-vozidel/autoarmy/gsm-a-gps-alarmy/gsm-autoalarm-s-gps-antenou-ds-512-gps.html>

Jak lze vidět v předchozí tabulce, na trhu existují řešení, která splňují velkou část požadavků. Tato zařízení jsou ale velmi drahá. Levnější zařízení naopak splňují jen velmi malou část požadavků. Proto jsem se rozhodl vyvinout a otestovat zařízení, které bude nabízet řešení pro všechny specifické požadavky a to za přijatelnou cenu.

4.3 Plán realizace

První částí realizace bude volba způsobu ovládání jednotlivých funkcí automobilu a s tím spojený výběr komponent systému. Druhou částí realizace bude tvorba schématu propojení vývojové desky Arduino s ostatními částmi systému a zapojení k elektroinstalaci automobilu. Po otestování elementárních funkcí proběhne návrh, výroba a osazení desky plošných spojů. Další částí realizace bude návrh komunikačního protokolu včetně autentizace uživatele odesílajícího příkazy. Dále bude realizace pokračovat tvorbou řídicího programu pro vývojovou desku Arduino a vývojem aplikace pro OS Android, která bude umožňovat pro uživatele jednoduchou, ale zároveň bezpečnou autentizaci. Závěr realizace se bude skládat z otestování zařízení a jeho montáže do automobilu.

4.3.1 Tvorba schématu

Vývoj schématu propojení vývojové desky Arduino s ostatními částmi řešení a s elektroinstalací automobilu bude jednou z nejsložitějších částí práce.

Bude třeba vyřešit napájení zařízení – v automobilu může napětí velmi kolísat, proto bude potřeba napájení vyfiltrovat a dále napětí snížit efektivnějším způsobem, než je toho schopné samotné Arduino (obsahující lineární měnič napětí, který přebytečnou energii mění na teplo). Co se týče napájení zařízení, dále bude potřeba vyřešit zapojení záložní baterie a možnost měření napětí jak baterie automobilu, tak záložní baterie.

Druhou částí tvorby schématu bude vyřešení připojení GSM modulu a GPS modulu. GPS modul by z důvodu šetření energie měl být k napájení připojen pouze v případě, kdy je to skutečně potřeba.

Posledním problémem bude vyřešení připojení k elektroinstalaci vozidla tak, aby zařízení umožňovalo ovládat všechny požadované funkce automobilu. To bude vyžadovat nastudování zapojení elektroinstalace vozidla a dále vhodné oddělení vstupů a výstupů vývojové desky Arduino tak, aby nemohlo dojít k problémům (např. přenos rušení z elektroinstalace vozidla na vývojovou desku).

4.3.2 Návrh komunikačního protokolu

Komunikační protokol, který bude použit pro přenos informací mezi mobilním telefonem (uživatel) a zařízením s vývojovou deskou Arduino, musí umožňovat jednak přenos samotných příkazů, které budou bez zbytečného prodlení vykonány, ale také nastavení zařízení (např. nastavení telefonního čísla pro zasílání hlášení o problémech s napájením) a bezpečnou autentizaci.

4.3.3 Vývoj řídicího programu pro Arduino

Vývoj řídicího programu pro vývojovou desku Arduino bude probíhat v Arduino Software, což je oficiální integrované vývojové prostředí (tzv. IDE). Tento software nabízí jak podporu zvýrazňování syntaxe jazyka Wiring (programovací jazyk založený na C/C++, který se nejčastěji používá pro programování vývojových desek Arduino), tak možnost kompilace zdrojového kódu a jeho nahrání do procesoru vývojové desky. Dále Arduino Software nabízí tzv. sériový monitor, který umožňuje komunikaci s Arduinem po sériové lince, což se velmi hodí pro ladění kódu.

4.3.4 Vývoj aplikace pro OS Android

Aby mohla být autentizace dostatečně bezpečná a zároveň uživatelsky nenáročná, bude třeba vyvinout aplikaci pro mobilní telefon, která bude autentizaci zajišťovat. Aplikace by měla být co nejjednodušší. Měla by poskytovat pouze možnosti pro odeslání jednotlivých příkazů a jejich autentizaci. Přijímání odpovědí od zařízení může být řešeno mimo tuto aplikaci a to např. výchozí aplikací OS mobilního telefonu pro přijímání SMS. Vývoj aplikace proběhne v integrovaném vývojovém prostředí Android Studio v programovacím jazyku Java.

5 Realizace a ověření funkčnosti

První částí realizace byla volba způsobu ovládání jednotlivých funkcí automobilu a s tím spojený výběr komponent systému. Druhou částí realizace byla tvorba schématu propojení vývojové desky Arduino s ostatními částmi systému a s elektroinstalací automobilu. Po otestování elementárních funkcí proběhl návrh, výroba a osazení desky plošných spojů. Další částí realizace byl návrh komunikačního protokolu včetně autentizace uživatele odesílajícího příkazy. Dále realizace pokračovala tvorbou řídicího programu pro vývojovou desku Arduino a vývojem aplikace pro OS Android, která umožňuje pro uživatele jednoduchou, ale zároveň bezpečnou autentizaci. Závěr realizace se skládal z otestování zařízení a jeho montáže do automobilu.

5.1 Způsob ovládání jednotlivých funkcí vozidla

Na samém začátku realizace je třeba zvolit způsob ovládání jednotlivých funkcí automobilu. U moderního vozidla připadají do úvahy dvě možnosti – přímé napojení na ovladače jednotlivých funkcí (např. spínací skříňka, vypínač světel, tlačítko vyhřívání zadního skla) nebo využití sběrnice CAN. Případně kombinace obou metod.

5.1.1 Přímé napojení na jednotlivé ovladače

Při přímém napojení na ovladače jednotlivých funkcí by zařízení s vývojovou deskou Arduino v podstatě simulovalo akce, které běžně provádí člověk sedící v automobilu. Tedy otočení klíčku ve spínací skříňce, otočení vypínače světel, pohyb páčky stěračů, stisk tlačítka vyhřívání zadního skla atd. Toho by bylo dosaženo spojováním/rozpojováním vodičů, které vedou k daným ovládacím prvkům. Možností, jak tohoto dosáhnout vývojovou deskou Arduino, je několik – např. přímé připojení na pin Arduina, připojení přes tranzistor, připojení přes optočlen, připojení přes relé. Při volbě zapojení konkrétního ovladače by záleželo na velikosti napětí, velikosti spínaného proudu a případné potřeby galvanického oddělení.

Přímé napojení na ovladače jednotlivých funkcí má jak výhody, tak nevýhody. Výhodami jsou především jednoduchost a nízká cena zařízení. Nevýhodami potom jsou složitější instalace zařízení do vozidla (velké množství vodičů k připojení) a větší nároky na počet vstupně-výstupních pinů vývojové desky Arduino.

5.1.2 Připojení ke sběrnici CAN

Sběrnice CAN (Controller Area Network) je navržena pro zajištění komunikace mezi jednotlivými řídicími jednotkami v automobilu. Je to sériová datová sběrnice s maximální teoretickou rychlostí přenosu 1 Mb/s. Moderní automobily obsahují desítky řídicích jednotek, proto by bylo velmi nepraktické, kdyby se většina z nich musela navzájem propojit. Z toho důvodu je ve vozidle sběrnice CAN, na kterou

jsou řídicí jednotky připojeny a vzájemně si tak mohou vyměňovat informace. (Di Natale, 2012, s. 5)

Běžně v automobilu není jen jedna sběrnice CAN, ale je jich hned několik podle typu informací, které se přes ní přenášejí. Škoda Octavia II obsahuje sběrnici pro hnací ústrojí, sběrnici pro komfortní elektroniku, sběrnici pro infotainment, sběrnici pro panel přístrojů a sběrnici pro diagnostiku. Jednotlivé sběrnice mají různou prioritu přenosu informací a také různou rychlost přenosu (100–500 kb/s). Všechny typy sběrnic jsou spojeny v jediné řídicí jednotce, tzv. gateway. Tím je zajištěno, že jakákoliv řídicí jednotka si může vyměnit informace s jakoukoliv jinou řídicí jednotkou ve vozidle. Kromě gateway je ve vozidle jediná řídicí jednotka, která je připojena na více než jednu sběrnici. Je to tzv. řídicí jednotka elektroniky sloupku řízení, která je připojena jak na sběrnici hnacího ústrojí, tak na sběrnici komfortní elektroniky. (Škoda Auto, 2004, s. 8–12)

Např. spínací skříňka je připojena právě k řídicí jednotce elektroniky sloupku řízení. Pokud dojde k zapnutí zapalování, tato řídicí jednotka o tom vyšle zprávu na příslušné sběrnice, ze kterých si tuto informaci přečtou ostatní řídicí jednotky. Na základě této informace se jednotlivé řídicí jednotky připraví pro vykonávání požadovaných činností. Pokud dojde k dalšímu otočení klíčku v zapalování (tedy k pokynu pro nastartování motoru), je o této události opět vyslána zpráva, která je ostatními řídicími jednotkami zpracována.

Připojení vývojové desky Arduino ke sběrnici CAN má opět jak výhody, tak nevýhody. Výhodami jsou především jednoduchá instalace zařízení do vozidla (relativně malé množství vodičů k připojení) a menší nároky na počet vstupně-výstupních pinů Arduina (pro komunikaci po sériové lince stačí 2 piny). Nevýhodami potom jsou složitost řešení (je nezbytné vědět, co na sběrnici posílat – komunikační protokol není volně dostupný) a vyšší cena zařízení (pro připojení vývojové desky ke sběrnici CAN je třeba speciální modul).

5.1.3 Zvolení způsobu ovládání funkcí vozidla

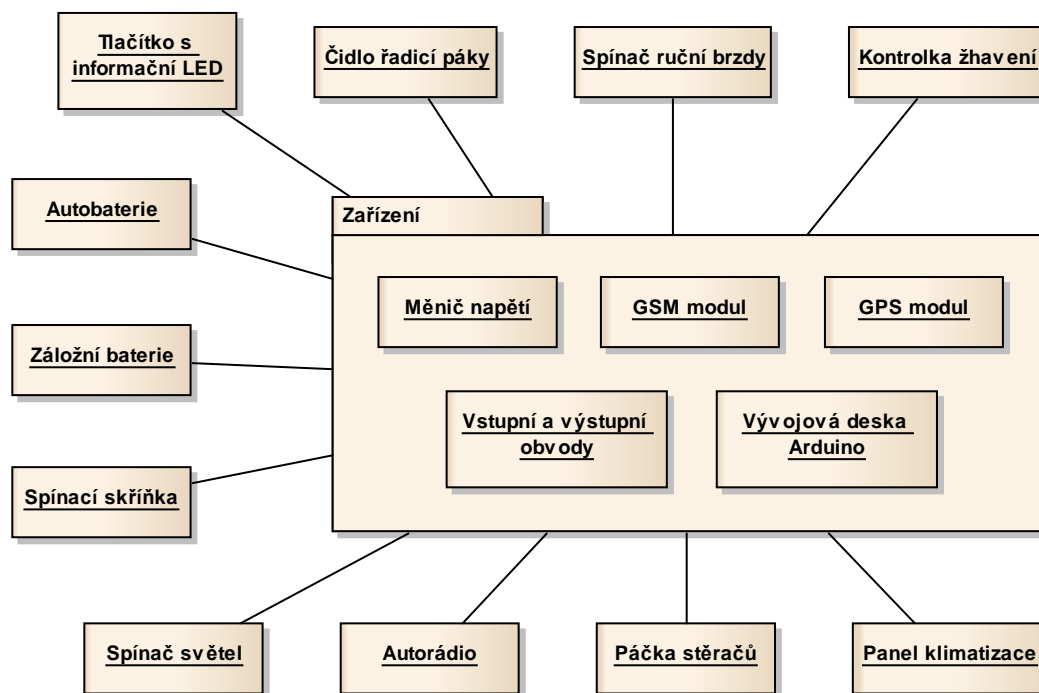
Jelikož by ovládání pomocí sběrnice CAN bylo poměrně složité (zjištění jednotlivých zpráv zasílaných na sběrnici jednotlivými řídicími jednotkami by pravděpodobně bylo poměrně náročné), zvyšovalo by cenu zařízení (zařízení by muselo obsahovat speciální modul určený pro komunikaci po sběrnici CAN) a v případě poruchy by mohlo způsobit závažné problémy (výpadek komunikace na celé sběrnici), rozhodl jsem se na sběrnici CAN nepřipojovat.

Použití přímého připojení na ovladače jednotlivých funkcí bude, co se týče vývoje, jednodušší (vše lze ovládat na základě schémat zapojení) a zároveň bezpečnější (v případě poruchy zařízení dojde nejhůře k nesmyslnému přepínání jednotlivých ovladačů, rozhodně ale nedojde k výpadku komunikace na sběrnici CAN). Zároveň bude jednodušší případné ladění, protože na ověření stavů výstupů bude stačit multimetr (ladění komunikace na sběrnici CAN by vyžadovalo přinejmenším osciloskop, spíše ale přímo zařízení umožňující čtení zpráv na sběrnici).

5.2 Celkový diagram systému

Před započítím práce na návrhu zapojení je třeba vybrat hlavní komponenty systému. Z požadavků, které má zařízení splňovat, je poměrně jednoduché zvolit, jaké části bude systém obsahovat. Výběr konkrétních komponent systému bude záležitost složitější.

Nejdůležitější částí systému je vývojová deska Arduino, která bude celé zařízení řídit. Aby bylo možné systém ovládat pomocí SMS, musí být vývojová deska rozšířena o tzv. GSM Shield (připojen pomocí sériové linky). Dále má systém umožňovat lokalizaci vozidla, což vyžaduje připojení GPS modulu (připojen také pomocí sériové linky). Aby celé zařízení mohlo spolehlivě a efektivně pracovat s napájením z palubní sítě automobilu, je třeba systém doplnit o měnič napětí, který se bude starat o snížení napětí bez zbytečných ztrát. Další komponentou systému by mohl být tzv. Relay Shield, který vývojovou desku rozšiřuje o silové výstupy (pomocí relé), které by mohly ovládat některé funkce automobilu. Posledními komponentami systému jsou čidlo pozice řadicí páky (zabraňující vzdálenému nastartování při zařazené rychlosti), záložní baterie a tlačítko s informační LED, které bude umístěné v interiéru vozidla. Zbývající části vyobrazené na celkovém diagramu systému jsou součástí automobilu, ke kterým bude zařízení připojeno.



Obr. 19: Celkový diagram systému

5.3 Výběr komponent systému

Před návrhem zapojení jednotlivých komponent systému je třeba vybrat konkrétní komponenty, které budou použity. Nejdůležitější je výběr vhodného modelu vývojové desky Arduino. V případě výběru nevhodného modelu by se celé zařízení mohlo stát nepoužitelným (např. kvůli příliš velké spotřebě elektrické energie). Další velmi důležitou součástí systému je měnič napětí, který musí změnu napětí provádět s pokud možno co nejvyšší účinností. Výběr konkrétního modelu rozšiřujícího GSM modulu je závislý především na podpoře frekvenčních pásem sítě GSM používaných v ČR. Ne všechny zahraniční moduly podporují všechna používaná frekvenční pásma. Výběr rozšiřujícího GPS modulu nebyl tak důležitý, jako výběr předcházejících komponent systému. Je to z toho důvodu, že modul bude napájen pouze v okamžiku zjišťování polohy vozidla (spotřeba elektrické energie proto není příliš podstatná). Důležitým parametrem byla v podstatě jen citlivost použitého čipu a antény na příjem dat ze systému GPS. Při výběru veškerých komponent systému byla prioritou kladena především na již zmíněnou spotřebu elektrické energie a také na pořizovací cenu.

5.3.1 Vývojová deska Arduino

Vývojová deska Arduino bude celý systém řídit a bude tak zásadně ovlivňovat možnosti celého zařízení. Jelikož bude Arduino nepřetržitě napájené a bude tedy nepřetržitě spotřebovávat elektrickou energii, při výběru velmi záleží na jeho spotřebě energie. Kapacita autobaterie je totiž omezená. Samotný mikroprocesor sice může být po většinu doby v některém z úsporných režimů, ale spotřebu energie ostatních součástí na vývojové desce tak jednoduše snížit nejde.

Dalším kritériem pro výběr vývojové desky je počet digitálních vstupně-výstupních pinů, počet analogových vstupních pinů a počet sériových linek. Digitální vstupně-výstupní piny budou použity především na ovládání jednotlivých funkcí automobilu a bude jich potřeba poměrně velké množství. Analogové vstupní piny budou použity na měření napětí baterií (1 pro baterii automobilu, 1 pro záložní baterii) a dále pro určení pozice páčky stěračů (1 pin). Nevyužitý analogový pin lze použít stejně jako digitální vstupně-výstupní pin, to znamená, že větší množství analogových vstupních pinů není nevyužitelné. Sériové linky budou potřeba 2 (1 pro GSM modul, 1 pro GPS modul). Sériová linka je na většině typů vývojových desek pouze jedna. Pomocí patřičné knihovny lze ale vytvořit tzv. softwarovou sériovou linku (obsadí 2 digitální vstupně-výstupní piny), která sice fyzickou sériovou linku v některých ohledech nezastoupí, ale na jednoduchou komunikaci (např. s GPS modulem) bude naprosto dostatečná. Proto počet sériových linek vývojové desky není až tak podstatný.

Co se týče paměťových nároků, podstatnou část zaberou řetězce, které bude zařízení odesílat v SMS (např. zprávy o provedených akcích, hlášení o problémech s napájením). Zbytek paměti musí být dostatečně velký na samotný řídicí program. Na tyto účely by mělo stačit jakékoliv Arduino.

Výkonnost použitého procesoru nebude hrát prakticky žádnou roli. Vykonávání řídicího programu nebude časově příliš složité a vykonávané akce nebudou časově nijak kritické.

Pokud jde o další komponenty vývojové desky, z hlediska úspory elektrické energie bude výhodné, když jich bude co nejméně. USB port by byl využit pouze pro programování procesoru, proto je jeho přítomnost spíše nežádoucí. Stejně tak přítomnost stavových LED. Vývojová deska bude skryta, proto by stavové LED jen zbytečně spotřebovávaly energii.

Rozměry vývojové desky nejsou příliš podstatné, vhodnější je ale použití některé z menších verzí, protože bezdůvodné zvětšování zařízení není žádoucí.

Důležitým kritériem je také cena vývojové desky. Některé verze lze z čínského trhu objednat velmi levně, jiné desky lze objednat jedině od oficiálních distributorů za řádově vyšší částky.

Arduino Pro Mini

Jako vývojovou desku jsem zvolil Arduino Pro Mini, protože je pro použití v tomto systému téměř ideální.

Nabízí 14 digitálních vstupně-výstupních pinů, 8 analogových vstupních pinů a 1 sériovou linku, což by mělo být dostatečné. Dále vývojová deska nabízí „standardních“ 32 kB FLASH paměti, 2 kB SRAM a 1 kB EEPROM. To je dáno použitím mikroprocesoru ATmega328P, který je použit i v nejznámější desce Arduino Uno, což zaručuje bezproblémovou spolupráci s dostupnými rozšiřujícími moduly. Vývojová deska Arduino Pro Mini jinak neobsahuje příliš dalších komponent, což je také výhodou. Přebytečnými komponentami jsou napěťový regulátor a LED signalizující připojení napájení. Obě tyto komponenty půjdou ale poměrně jednoduše vyřadit z provozu, proto jejich přítomnost nevádí. Rozměry vývojové desky jsou pouhých 33×18 mm, takže zařízení nebude zbytečně zvětšovat. (Arduino – ArduinoBoardProMini, 2016)

Jelikož je tato deska poměrně rozšířená, není problém ji velmi levně objednat z čínského trhu. Cena vývojové desky nepřesahuje 40 Kč a poštovné se neplatí. (Arduino Pro Mini – AliExpress, 2015)

Po výběru a zakoupení vývojové desky jsem provedl měření spotřeby elektrické energie, abych se přesvědčil, zda je Arduino Pro Mini pro tento systém použitelné. Výsledky měření jsou zapsány v následující tabulce. Vývojová deska po odpojení napěťového regulátoru a LED signalizující připojení napájení v úsporném režimu spotřebovává pouhých 27 μ A, což je pro autobaterii zcela zanedbatelné.

Tab. 2: Spotřeba elektrické energie Arduina Pro Mini

Stav Arduina Pro Mini (měřeno při napětí 5 V)	Odebíraný proud
V nečinnosti s regulátorem a LED	11,09 mA
V úsporném režimu s regulátorem a LED	3,29 mA
V úsporném režimu bez regulátoru ale s LED	3,26 mA
V úsporném režimu bez regulátoru a LED	27 μ A

5.3.2 GSM Shield

Rozšiřující modul GSM Shield bude zajišťovat jedinou funkci – komunikaci přes SMS. A to jak přijímání zpráv, tak jejich odesílání. Poté co se do rozšiřujícího modulu vloží SIM karta a připojí se napájení, dojde k automatickému připojení k síti GSM. V tomto pohotovostním stavu bude modul po celou dobu a okamžitě tak bude přijímat příchozí SMS.

Komunikace mezi vývojovou deskou a rozšiřujícím modulem bude probíhat po sériové lince. Samotnou komunikaci zajišťují tzv. AT příkazy (AT je zkratka pro slovo ATTENTION, která přechází jednotlivým příkazům). Detailní popis komunikačního protokolu lze získat od výrobce čipu osazeného na rozšiřujícím modulu.

Jednou z nejdůležitějších vlastností GSM Shieldu je velikost spotřeby elektrické energie. Spotřeba může dosahovat až proudu 1 A. Nicméně tato spotřeba může nastat jen při určitých situacích – např. odesílání SMS nebo připojování k síti GSM. Proto nemá smysl vypínání rozšiřujícího modulu a kontrolování příchozích SMS jen jednou za několik minut. Energie potřebná pro připojení k síti GSM by byla vyšší než energie spotřebovaná na udržování v pohotovostním režimu. (Arduino – ArduinoGSMShield, 2016)

GSM Shield SIM900

Jelikož všechny GSM Shildy potřebují pro udržování v pohotovostním režimu víceméně stejné množství energie, vybral jsem takový rozšiřující modul, který byl dobře dostupný na čínském trhu.

Jednou z možností byl GSM Shield osazený čipem SIM900 od společnosti SIMCom. Tento čip je tzv. Quad-Band (podpora komunikace na frekvencích 850, 900, 1800 a 1900 MHz), což by mělo zaručovat funkčnost po celém světě. Rozšiřující modul GSM Shield SIM900 sice obsahuje 3 informační LED, zapínací tlačítko, volič zdroje napájení, několik nepotřebných konektorů a pouzdro na záložní baterii (na zadní straně



Obr. 20: GSM Shield SIM900

Zdroj: GSM Shield SIM900 – AliExpress, 2015

desky plošných spojů), ale všechny tyto nadbytečné součástky lze bez problému odstranit. Slot pro SIM kartu se nachází na zadní straně desky plošných spojů a je určený pro MiniSIM kartu. Součástí balení je i anténa, takže kromě SIM karty není třeba k rozšiřujícímu modulu nic přikupovat. Cena rozšiřujícího modulu nepřesáhla 400 Kč, poštovné se neplatilo. (GSM Shield SIM900 – AliExpress, 2015)

Po výběru a zakoupení rozšiřujícího modulu jsem opět provedl měření spotřeby elektrické energie, abych se přesvědčil, zda je GSM Shield SIM900 pro tento systém použitelný. Výsledky měření jsou zapsány v následující tabulce. Rozšiřující modul po odpojení všech 3 informačních LED v pohotovostním režimu spotřebo-

vává 25 mA, což z něj dělá energeticky nejnáročnější komponentu systému. Nicméně je třeba si uvědomit, že tento proud modul odebírá při napětí 5 V, kdežto baterie automobilu dodává proud při napětí přes 12 V. Kdyby měnič napětí pracoval se 100% efektivitou, rozšiřující modul by z palubní sítě automobilu odebíral jen přibližně 10 mA. Měnič napětí se 100% efektivitou samozřejmě neexistuje, ale z palubní sítě automobilu bude zcela jistě odebíráno podstatně méně než 25 mA.

Tab. 3: Spotřeba elektrické energie GSM Shieldu SIM900

Stav GSM Shieldu SIM900 (měřeno při napětí 5 V)	Odebíraný proud
Odpojený od sítě GSM s informačními LED	7 mA
V pohotovostním režimu s informačními LED	29 mA
V pohotovostním režimu bez informačních LED	25 mA

5.3.3 GPS modul

GPS modul nebude sloužit k ničemu jinému, než k zjištění aktuální polohy automobilu. Toto zjišťování bude probíhat pouze po obdržení příkazu pro zjištění aktuální polohy. Z hlediska využití elektrické energie proto nemá smysl GPS modul neustále napájet. Napájení bude zapnuto jen po dobu samotného zjišťování polohy. Z toho důvodu není spotřeba GPS modulu nijak zásadní.

GPS modul by měl především splňovat rychlé první zaměření (tzv. cold start). Co se týče zjištěných údajů o poloze automobilu, GPS modul by měl poskytovat přinejmenším zeměpisné souřadnice a rychlost vozidla. Komunikace s modulem bude probíhat po sériové lince.

GPS modul NEO-6M

GPS modulem splňujícím výše uvedené požadavky je např. modul osazený čipem NEO-6M od společnosti Ublox. S tímto modulem nebude problém zjistit aktuální zeměpisné souřadnice vozidla, jeho nadmořskou výšku a rychlost. První zaměření by mělo proběhnout do 30 sekund od zapnutí modulu (za ideálních podmínek).

Tento modul je, stejně jako předchozí komponenty systému, dobře dostupný na čínském trhu. Cena modulu včetně dopravy, která byla v tomto případě zpoplatněna, nepřesáhla 300 Kč. (GPS module NEO-6M – AliExpress, 2015)

5.3.4 Měnič napětí

Měnič napětí je velmi důležitou komponentou systému. Vývojová deska Arduino Pro Mini sice měnič napětí obsahuje, ale jedná se o tzv. lineární měnič napětí, který přebytečnou energii jednoduše promění na teplo. To je u tohoto zařízení, které se má dlouhodobě napájet z baterie, zcela nevhodné. Zařízení bude pracovat na napětí 5 V a napájení bude, pro jednoduchost, 12 V. Ve skutečnosti bude napětí vyšší, protože autobaterie s napětím 12 V je považována za téměř vybitou. Plně nabitá autobaterie by měla mít napětí větší než 12,6 V. Čím je napětí vyšší, tím je lineární měnič napětí méně vhodný. Navíc při nastartovaném motoru a dobíjení autobate-

rie bude napětí větší než 14 V. Nad tím ale není nutné uvažovat, protože efektivita napájení zařízení při nastartovaném motoru vozidla nehraje žádnou roli. Takže zařízení bude pracovat na napětí 5 V a napájení bude 12 V. To by při použití lineárního měniče znamenalo, že při odběru proudu 1 A bude měnič odebírat také 1 A, přičemž rozdíl napětí se promění v teplo. Zařízení by tedy spotřebovávalo 5 W a měnič by odebíral 12 W. Ztrátový výkon lineárního stabilizátoru by v tomto případě byl 7 W. Účinnost by tedy byla pouhých 42 %. (Ve skutečnosti by byla ještě nižší. Pokud by byla autobaterie plně nabitá a tím bylo napětí vyšší, účinnost by nedosahovala ani 40 %.) Z tohoto důvodu je použití jakéhokoli lineárního regulátoru napětí naprosto nevhodné.

Proto jsem se rozhodl použít spínaný měnič napětí. Jelikož bude docházet ke snižování napětí, bude použit tzv. step-down měnič. Tyto měniče vynikají snižováním napětí s nízkými ztrátami. Jsou efektivnější než lineární měniče, které celý rozdíl vstupního a výstupního napětí přeměňují na teplo.

Na trhu je dostupné velké množství step-down měničů, které se vzájemně liší efektivitou procesu snižování napětí. Rozhodl jsem se zakoupit několik step-down měničů a vybrat z nich ten nejvhodnější. Prvním testovaným step-down měničem byla nabíječka telefonu do autozásuvky Nokia DC-17 obsahující čip XL4001E1. Druhý byl samostatný step-down měnič s čipem MP1584. Posledním testovaným zařízením byl modul obsahující step-down měnič KIS-3R33S.

Měnič napětí MP1584

Nejlépe si vedl step-down měnič osazený čipem MP1584. Tento měnič by měl být schopný dodávat proud 3 A. Výstupní napětí lze regulovat v rozsahu 0,8–20,0 V. Vstupní napětí může být v rozsahu 4,5–28,0 V, mělo by však být alespoň o 3 V větší než požadované výstupní napětí. Cena tohoto měniče napětí nepřesahuje 30 Kč, přičemž poštovné se neplatí. (DC-DC Converter MP1584 – eBay, 2016)

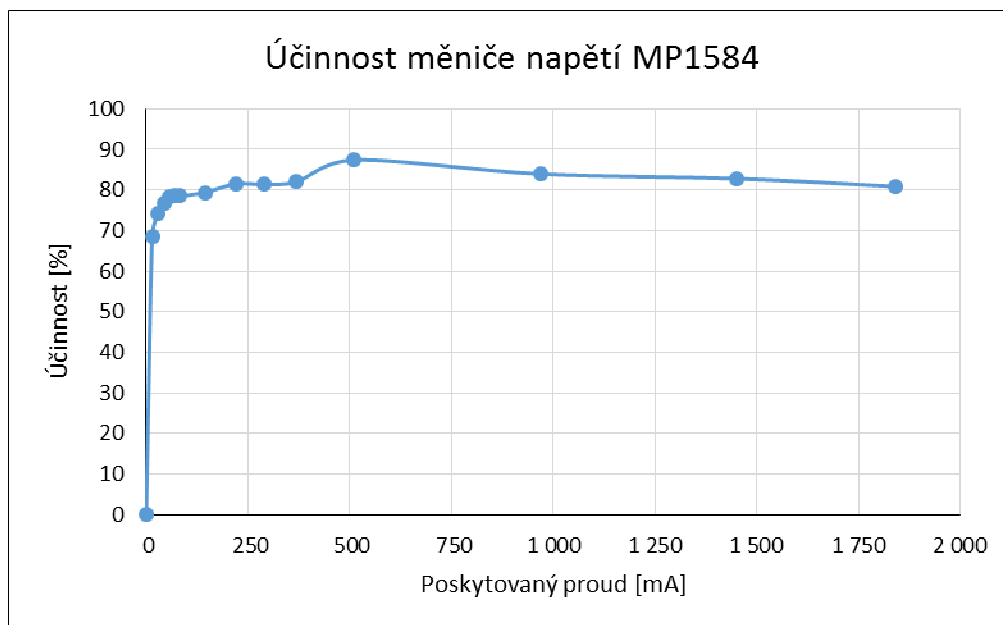
Výstupní napětí lze regulovat pomocí potenciometru osazeného na desce plošných spojů. Tento potenciometr jsem nahradil děličem napětí, kterým je výstupní napětí měniče pevně nastaveno na 5,27 V.

Jednou z předností tohoto měniče je velmi malá spotřeba v případě tzv. běhu naprázdno, pouhých 183 μ A. Ostatní testované měniče mají v tomto režimu řádově větší spotřebu. Dalším kladem je relativně malý pokles výstupního napětí při zvyšování zátěže. Výstupní napětí bez zátěže bylo nastaveno na 5,27 V a po celou dobu měření (zatížení proudem až 1840 mA) nekleslo pod 5 V. Např. měnič použitý v nabíječce Nokia DC-17 při zatížení proudem 890 mA udržel výstupní napětí pouhých 4,81 V. Co se týče efektivity, step-down měnič s čipem MP1584 dosahuje také velmi dobrých výsledků. Již při dodávání 15 mA dosahuje účinnosti přibližně 70 %. Při dodávání 200 mA už je účinnost přes 80 % a dále stoupá. Při dodávání přibližně 500 mA dosahuje měnič své nejlepší 87% účinnosti. Při dalším zatěžování měniče



Obr. 21: Měnič napětí MP1584

účinnost klesá. Zatížení proudem 2 A znamená účinnost přibližně 80 %. Celkový průběh účinnosti tohoto spínaného měniče je velmi dobrý. S lineárními měniči, jejichž účinnost se mění v podstatě jen v závislosti na velikosti vstupního a výstupního napětí, je účinnost spínaných měničů prakticky neporovnatelná. Průběh účinnosti měniče napětí MP1584 je znázorněn v následujícím grafu.



Obr. 22: Účinnost měniče napětí MP1584

5.3.5 Relay Shield

Nejjednodušší možností, jak pomocí vývojové desky Arduino ovládat různá zařízení, která se nedají připojit přímo na digitální vstupně-výstupní piny Arduina je použitím Relay Shieldu. Důvodů, proč se dané zařízení nedá připojit přímo k Arduinu, může být několik. Např. vyšší napětí zařízení (většina Arduin pracuje při napětí 5 V a větší napětí na pinu je nepřijatelné), velký odběr proudu (typicky Arduino zvládá proud maximálně 40 mA na pin) nebo nutnost galvanického oddělení.

Z důvodů minimalizace rozměrových nároků zařízení a možnosti individualizace zapojení jsem se rozhodl rozšiřující modul Relay Shield nevyužít. Místo něj použiji jednotlivá relé osazená přímo do navržené desky plošných spojů. Budou použity 2 typy relé – s 1 přepínacím kontaktem (relé SRD-05VDC-SL-C) nebo se 2 přepínacími kontakty (relé HRS2H-S-DC5V-N).



Obr. 23: Relé SRD-05VDC-SL-C



Obr. 24: Relé HRS2H-S-DC5V-N

5.3.6 Čidlo pozice řadicí páky

Poslední komponentou systému, kterou bylo nutné vybrat před návrhem zapojení zařízení, bylo čidlo pozice řadicí páky. Rozhodoval jsem se mezi třemi způsoby detekce – mechanickou, optickou nebo magnetickou.

Mechanická detekce by spočívala ve spojení obvodu v případě vyřazené rychlosti. Realizována by byla přesnou montáží vhodné pružiny, která by se řadicí páky dotýkala pouze v pozici neutrálu. Od pružiny i od řadicí páky by vedly vodiče, které by v případě spojení signalizovaly vyřazenou rychlost a tedy možnost vzdáleně nastartovat. Pokud by samotná řadicí páka nebyla vodivá, byl by na ni v místě dotyku s pružinou navinut tenký plech, ke kterému by byl připojen vodič. Tento způsob detekce jsem prakticky vyzkoušel. Bohužel se neosvědčil. Problémem byla oxidace kontaktních ploch, která by způsobovala neustálou signalizaci zařazené rychlosti. Nevýhodou bylo i to, že kontakt řadicí páky a pružiny byl při řazení často slyšitelný.

Druhým způsobem je optická detekce. Tato detekce by byla realizována pomocí zdroje světelného paprsku a fotorezistoru. Světelný paprsek by byl na fotorezistor nasměrován tak, aby v jeho trajektorii byla řadicí páka v poloze neutrálu a zároveň v jeho trajektorii nebyla v případě zařazené rychlosti. Jinými slovy, při zařazené rychlosti by intenzita osvětlení fotorezistoru byla velká, při vyřazené rychlosti by naopak byla velmi malá. Tento způsob jsem se rozhodl nerealizovat. Problémem by mohlo být postupné zanášení součástek prachem. Nevýhodou je i nutnost připojení dvou součástek.

Dalším způsobem je použití magnetické detekce. Na řadicí páce bude připevněn magnet, který bude v dosahu Hallovy sondy pouze v případě, že je řadicí páka v poloze neutrálu. Rozhodl jsem se pro využití tohoto způsobu detekce zařazené rychlosti, protože se mi zdá nejspolehlivější a poměrně jednoduchý na realizaci. Nejdůležitější bude pevné upevnění jak Hallovy sondy, tak magnetu, aby při vibracích, vznikajících za jízdy, nedošlo k jejich pohybu. Pokud by některá ze součástek změnila svou polohu, došlo by k tomu, že by se magnet nedostal do dosahu Hallovy sondy ani v případě vyřazené rychlosti. To by znamenalo, že by se motor vozidla nedal vzdáleně nastartovat. Tento způsob detekce zařazené rychlosti je tedy bezpečný.

Modul s Hallovou sondou A3144

Hallová sonda lze k Arduinu velmi jednoduše připojit pomocí modulu k tomu určenému. Ten zajišťuje především napájení sondy a převod naměřené analogové hodnoty intenzity magnetického pole na digitální hodnotu. Tedy pouze na informaci, zda magnet je nebo není přítomen. Použit bude modul obsahující Hallovu sondu A3144. Jako magnet bude použit neodýmový magnet délky 8 mm o průměru 6 mm.



Obr. 25: Modul s Hallovou sondou A3144

5.4 Návrh zapojení

Vývoj schématu propojení vývojové desky Arduino s ostatními částmi řešení a s elektroinstalací automobilu bylo jednou z nejsložitějších částí práce.

Nejprve bylo třeba vyřešit napájení zařízení. V automobilu může napětí velmi kolísat, proto je potřeba napájení vyfiltrovat a poté ho snížit efektivním způsobem. Co se týče napájení zařízení, bylo potřeba vyřešit i zapojení záložní baterie a možnost měření napětí jak baterie automobilu, tak záložní baterie.

Druhou částí tvorby schématu bylo vyřešení připojení GSM modulu a GPS modulu. GPS modul je z důvodu šetření energie k napájení připojen pouze v případě, kdy je to skutečně potřeba.

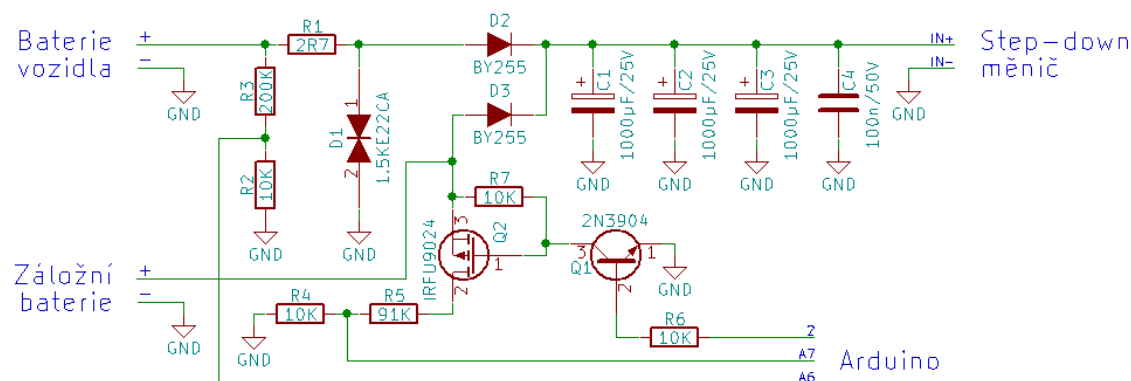
Posledním problémem bylo vyřešení připojení k elektroinstalaci vozidla tak, aby zařízení umožňovalo ovládat všechny požadované funkce automobilu. To vyžadovalo nastudování zapojení elektroinstalace vozidla a vhodné oddělení vstupů a výstupů vývojové desky Arduino tak, aby nemohlo dojít k problémům (např. přenos rušení z elektroinstalace vozidla na vývojovou desku).

Elektrické schéma celého zařízení je k dispozici v příloze A.

5.4.1 Napájení zařízení

Napětí v palubní síti automobilu může za určitých okolností značně kolísat. Při startování dochází ke značnému poklesu napětí (především se starší autobaterií), zapnutí stěračů vyvolává velké napěťové špičky, porucha jedné z usměrňovacích diod v alternátoru může být příčinou velmi nestabilního napětí atd. Proto je nutné napětí ještě před přivedením na step-down měnič vyfiltrovat. Rezistor R1 společně s kondenzátory C1, C2, C3 a C4 tvoří tzv. RC člunek, který vyhlazuje vstupní napětí. Dioda D2 slouží k zabránění proudění elektrické energie zpět do palubní sítě automobilu, takže kondenzátory poskytují energii jen měničů napětí. Transil D1 chrání kondenzátory a měnič napětí před napěťovými špičkami.

Připojení záložní baterie je řešeno pomocí diody D3. Paralelním zapojením diod D2 a D3 je docíleno toho, že se zařízení napájí z té baterie, která má větší napětí. Toto zapojení zajišťuje prakticky okamžité přepnutí napájení na záložní baterii.

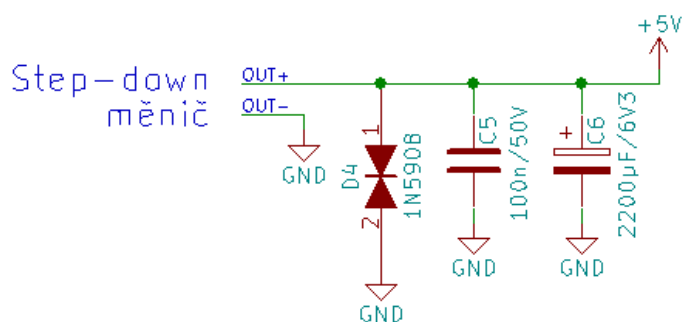


Obr. 26: Schéma filtrování napájení před měničem, připojení záložní baterie a měření napětí baterií

Přímé měření napětí baterií pomocí vývojové desky Arduino není možné, protože maximální napětí, se kterým je Arduino schopné pracovat, je 5,5 V. Proto jsou pro měření napětí jednotlivých baterií použity děliče napětí. Měření autobaterie zajišťuje dělič napětí skládající se z rezistorů R2 a R3. Tento dělič musí být připojen ještě před rezistorem R1, protože na tomto rezistoru je při provozu zařízení určitý úbytek napětí (závislý na příkonu zařízení), který by negativně ovlivňoval měření. Vývojová deska bude umožňovat měřit napětí jen do 1,1 V. Při tomto nastavení je totiž přesnost měření podstatně vyšší, než při měření napětí s rozsahem až do 5 V. Důvodem je využití integrovaného regulátoru napětí v procesoru, který poskytuje referenční hodnotu napětí 1,1 V. Proto je dělič napětí nastaven tak, aby napětí snižoval v poměru 1 : 21. To zajišťuje možnost měření napětí v rozsahu 0,0–23,1 V. V palubní síti automobilu se běžně tak vysoké napětí nevyskytuje (pokud nebereme v úvahu krátkodobé napěťové špičky), proto je tento rozsah vyhovující. Maximální napětí, které může být na vstupu děliče je 115 V, což je více než bezpečné. Na vstupu vývojové desky totiž může být napětí až 5,5 V, přičemž napětí větší než 1,1 V nebude změřeno správně. Dělič napětí bude z palubní sítě vozidla neustále odebírat proud 57 μA . To je naprosto zanedbatelné, protože jak zařízení, tak samotný automobil z autobaterie odebírají řádově větší proud.

Měření napětí záložní baterie je realizováno velmi podobným způsobem. Záložní baterie nebude nikdy dosahovat takového napětí, jaké se může objevit v palubní síti automobilu (na záložní baterii se nevyskytují napěťové špičky). Proto může být dělič napětí nastaven tak, aby napětí snižoval pouze v poměru 1 : 10,1. Vývojová deska bude v tomto případě schopna měřit napětí v rozsahu 0,0–11,1 V a bude chráněna až do napětí 55 V. Dělič napětí by ze záložní baterie neustále odebíral proud 89 μA . To je v případě záložní baterie nepřijatelné, proto bude dělič napětí připojen pouze v okamžiku měření napětí. Připojení je zajištěno tranzistorem Q1 a Q2, které budou ovládány jedním digitálním výstupním pinem Arduina.

Po vyfiltrování napětí je napájení přivedeno na step-down měnič, který napětí sníží na 5,27 V (naprázdno, při zatížení napětí mírně klesne). Výstupní napětí je dále filtrováno pomocí kondenzátorů C5 a C6, což značně zvyšuje stabilitu systému. Transil D4 zajišťuje ochranu zařízení v případě poruchy měniče napětí, při které by se na výstupu měniče mohlo objevit vyšší než přípustné napětí.

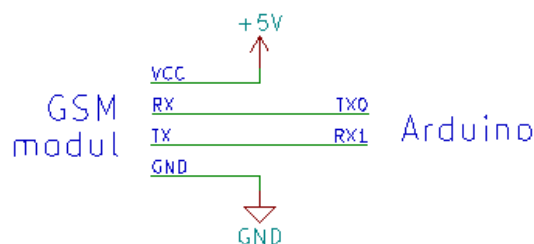


Obr. 27: Schéma filtrování napájení za měničem

5.4.2 Zapojení GSM modulu

Připojení GSM modulu k vývojové desce Arduino je poměrně jednoduché. GSM modul je nutné připojit k napájení a k sériové lince vývojové desky. Jelikož bude GSM modul v provozu neustále, může být napájení přivedeno přímo od měniče napětí.

Sériová linka bude připojena k hardwarové sériové lince vývojové desky, která je dostupná přes piny označené TX0 a RX1. Jedná se současně o digitální vstupně-výstupní piny 0 a 1, které tedy nebudou dále využitelné.

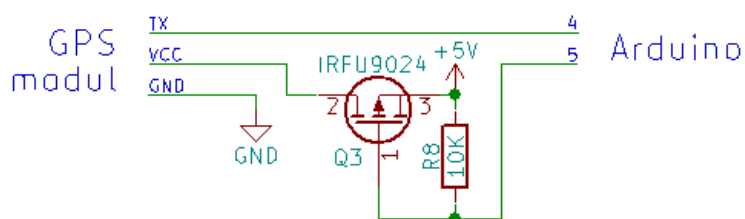


Obr. 28: Schéma zapojení GSM modulu

5.4.3 Zapojení GPS modulu

Na rozdíl od GSM modulu není nepřetržitě napájení GPS modulu žádoucí. Proto je napájení pro GPS modul přivedeno přes tranzistor Q3, který bude po většinu času provozu v nepropustném stavu. GPS modul bude napájen pouze v případě požadavku na určení pozice automobilu. Tranzistor bude ovládán digitálním vstupně-výstupním pinem 5. Pokud bude výstupem logická hodnota 0, bude GPS napájen, jinak bude vypnut.

Sériová linka bude zapojena tak, že bude možné pouze číst data odesílaná GPS modulem. Odesílání dat z vývojové desky do GPS modulu není potřebné. TX pin GPS modulu bude spojen s digitálním vstupně-výstupním pinem 4 vývojové desky, který bude pomocí patřičné knihovny využíván jako RX pin softwarové sériové linky.



Obr. 29: Shéma zapojení GPS modulu

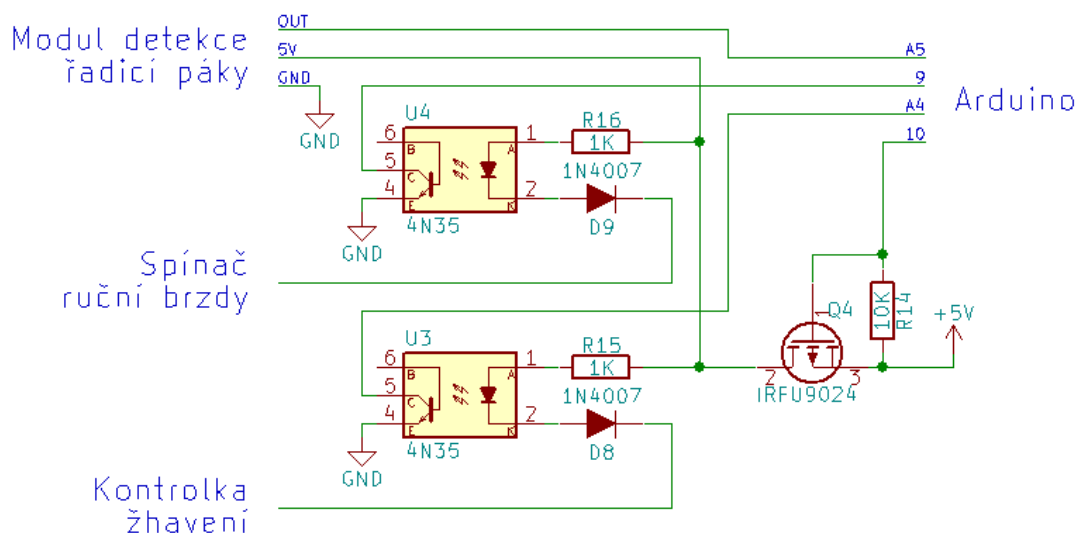
5.4.4 Detekce stavu řadicí páky, ruční brzdy a žhavení

Detekce stavu řadicí páky je realizována pomocí modulu s Halloovou sondou. Sonda je umístěna tak, aby magnet přichycený k řadicí páce byl v jejím dosahu pouze v případě vyřazené rychlosti. Pokud je magnet v dosahu sondy, je na výstupu modulu logická hodnota 0, jinak logická hodnota 1.

Detekce stavu ruční brzdy je provedena připojením ke spínači ruční brzdy, který je umístěn v interiéru vozidla. Vodič vedoucí od tohoto spínače je v případě zatažené ruční brzdy připojen na kostru vozidla, jinak je odpojen. Jelikož je tento vodič připojen k panelu přístrojů, které pracují s napětím 12 V, není možné vodič připojit přímo na digitální vstupně-výstupní pin Arduina. Proto je vodič galvanicky oddělen pomocí optočlenu U4.

Obvod pro detekci aktivního žhavení motoru je řešen podobně jako u detekce stavu ruční brzdy. Jelikož žhavení probíhá i poté, co je kontrolkou signalizováno ukončení žhavení, není možné informaci o probíhající žhavení získat přímo ze žhavicích svíček. Délku žhavení před startováním motoru určuje řídicí jednotka motoru. Z řídicí jednotky motoru je do panelu přístrojů informace o žhavení přenášena přes sběrnici CAN. Nejjednodušší je proto ukončení žhavení zjišťovat přímo z kontrolky na panelu přístrojů. Signalizace je řešena pomocí LED, jejíž anoda je přes rezistor zapojena na stálých 12 V. V případě čekání na žhavení motoru je na katodu LED přivedena kostra automobilu. Jelikož je LED připojena k napětí 12 V, není možné vodič připojit přímo na digitální vstupně-výstupní pin Arduina. Proto je vodič galvanicky oddělen pomocí optočlenu U3.

Pro detekci stavu řadicí páky, ruční brzdy i žhavení je potřeba jednotlivé komponenty připojit k napájení. Pokud by byly k napájení připojeny nepřetržitě, zbytečně by zvyšovaly spotřebu elektrické energie celého zařízení. Proto jsou k napájení připojeny pomocí tranzistoru Q4 pouze v případě, že systém vyžaduje informaci o stavu řadicí páky, ruční brzdy nebo žhavení.



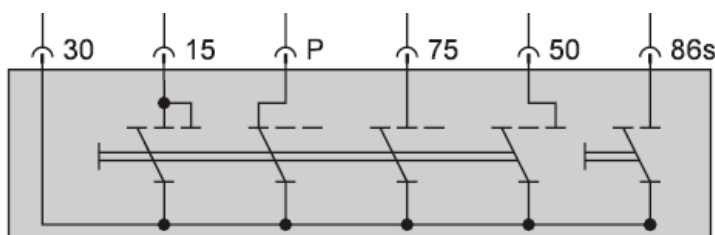
Obr. 30: Schéma detekce stavu řadicí páky, ruční brzdy a žhavení

5.4.5 Ovládání spínací skříňky automobilu

Ovládání spínací skříňky automobilu řeší dva problémy – detekci zapnutého zapalování klíčkem od vozidla a samotné dálkové startování motoru vozidla. Detekce zapnutého zapalování klíčkem bude využívána před započítím ovládání spínací skříňky. Pokud by zapalování již bylo zapnuto, řídicí jednotka sloupku řízení by dostávala informace, které není schopna zpracovat a do paměti závad by proto přidala nový záznam o chybě. Nejprve tedy proběhne ověření, zda již není zapalování zapnuto. Pokud by tomu tak bylo, dálkové nastartování motoru vozidla nebude možné. Teprve po tomto ověření dojde k zapnutí zapalování a následnému nastartování motoru vozidla. Detekce zapnutého zapalování klíčkem od vozidla bude dále využita pro vypnutí dálkového ovládání běhu motoru. Poté, co bude zapalování zapnuto klíčkem od vozidla, dojde k zastavení ovládání spínací skříňky zařízením a motor tedy poběží v závislosti na pozici klíčku ve spínací skříňce.

Na následujícím obrázku je schéma spínací skříňky vozidla Škoda Octavia II. V zapojení jsou přítomny svorky:

- 30 – stálé napětí,
- 15 – spínané napětí,
- P – napětí při vypnutém zapalování,
- 75 – spínané napětí vypínané při startování motoru,
- 50 – startovací napětí,
- 86s – napětí vypínané po vytažení klíčku.



Obr. 31: Schéma spínací skříňky vozidla Škoda Octavia II

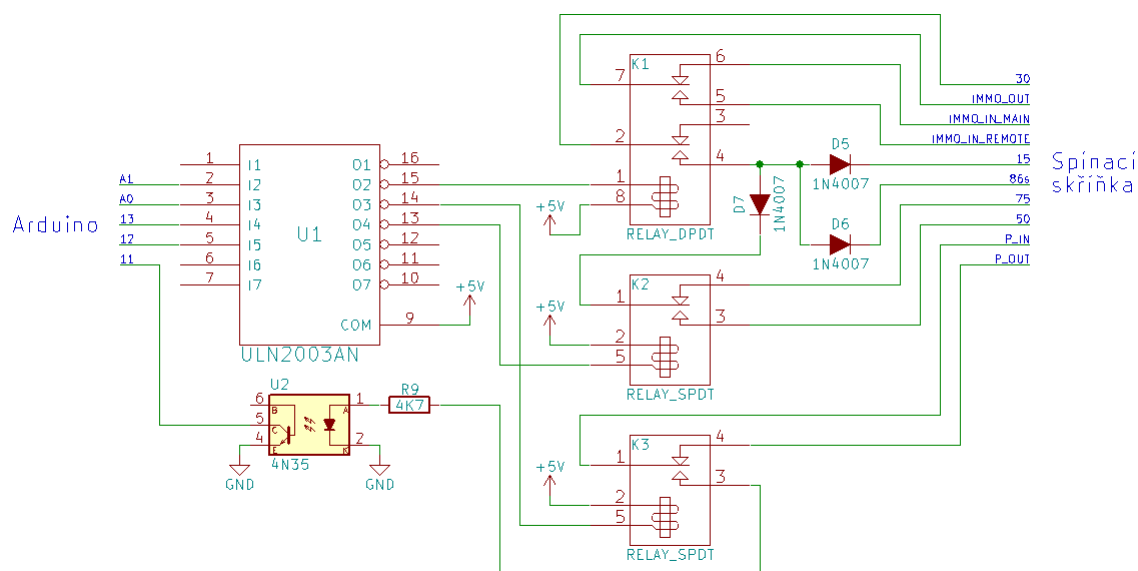
Detekce zapnutého zapalování je realizována připojením na svorku P. Tedy na svorku, na kterou je v případě vypnutého zapalování přivedeno 12 V. Vzhledem k tomuto napětí není možné vodič připojit přímo na digitální vstupně-výstupní pin Arduina. Proto je vodič galvanicky oddělen pomocí optočlenu U2.

Ovládání spínací skříňky vývojovou deskou je zajištěno třemi relé. Relé K1 spíná napětí na svorky 15 a 86s (po celou dobu dálkového ovládání motoru) a zároveň přivádí napětí na relé K2. Relé K2 napětí přepíná buď na svorku 75 (před a po nastartování motoru) nebo na svorku 50 (při startování motoru). Relé K3 odpojuje svorku P od svorky 30 (po celou dobu dálkového ovládání motoru) a připojuje výstup ze spínací skříňky k optočlenu U2. To umožňuje detekci zapnutí zapalování klíčkem i při vzdáleně zapnutém zapalování vývojovou deskou Arduino.

Relé K1 navíc přepíná mezi cívkou imobilizéru umístěnou na spínací skříňce a cívkou ukrytou v interiéru vozidla, v jejímž dosahu je respondér spárovaný s ří-

dící jednotkou motoru automobilu. Tím je zajištěna deaktivace imobilizéru při dálkovém startování motoru vozidla. V pohotovostním stavu je k imobilizéru připojena cívka umístěná na spínací skříňce, proto je zabezpečení imobilizérem proti neoprávněnému nastartování motoru vozidla nadále funkční.

Jelikož mají relé velkou spotřebu elektrické energie, nelze je připojit přímo na digitální vstupně-výstupní piny vývojové desky. Pro napájení relé je proto použito tranzistorové pole U1, které obsahuje 7 párů tranzistorů v Darlingtonově zapojení. To vývojové desce umožňuje nezávisle ovládat až 7 relé. Vstupy pro jednotlivé páry tranzistorů jsou vedeny přes $2,7\text{k}\Omega$ rezistory, což umožňuje připojení tranzistorového pole přímo na digitální vstupně-výstupní piny. Výstupy tranzistorového pole jsou osazeny diodami, které chrání součástky obvodu při vypínání relé. Při vypínání relé totiž nastává přechodový jev, při kterém se v obvodu indukuje napětí opačné polaroty, které může být až $10\times$ větší než napájecí napětí relé. Proto můžou být relé připojena přímo na výstupy tranzistorového pole.



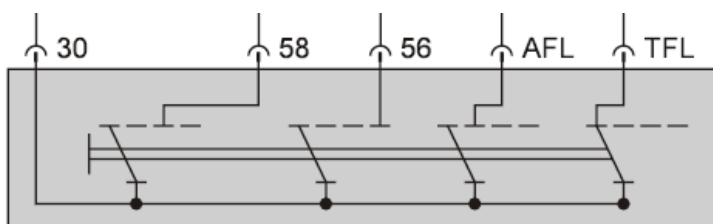
Obr. 32: Schéma ovládní spínací skříňky

5.4.6 Vypnutí světel a ztišení autorádia

Jelikož je automobil vybaven automatickým rozsvěcováním světel, docházelo by při vzdáleném nastartování motoru vozidla k jejich automatickému rozsvícení (za snížené viditelnosti). Proto má vývojová deska možnost ovládat spínač světel. Ovládní je značně omezené, umožňuje pouze vypnutí světel. Vypnutí je realizováno pomocí relé K4, při jehož aktivaci dojde k odpojení spínače světel a k přivedení napětí na svorku TFL. Pokud by došlo k pouhému odpojení spínače, příslušná řídicí jednotka by detekovala chybu ovládní světel a automaticky by je z bezpečnostních důvodů rozsvítila. O této skutečnosti by navíc do paměti závad řídicí jednotka přidala nový záznam o chybě.

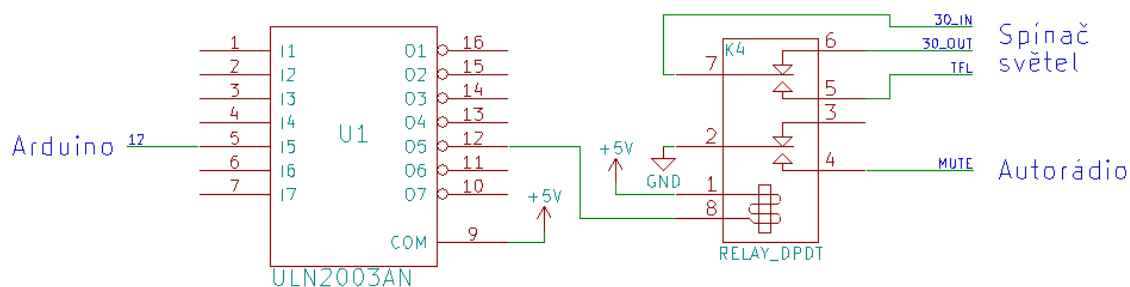
Na následujícím obrázku je schéma spínače světel vozidla Škoda Octavia II. Pro zjednodušení schéma neobsahuje ovládání světel do mlhy, které pro tento systém není podstatné. V zapojení jsou přítomny svorky:

- 30 – stálé napětí,
- 58 – svorka obrysových světel,
- 56 – svorka hlavních světel,
- AFL – svorka automatických světel (rozsvěcování světel v závislosti na intenzitě okolního světla, rychlosti automobilu a činnosti stěračů),
- TFL – svorka vypnutých světel (slouží pro kontrolu funkčnosti spínače světel a vedení k němu).



Obr. 33: Schéma spínače světel vozidla Škoda Octavia II

Ovládání autorádia je složitějším problémem. Originální rádio je připojené pouze na stálé napájení (neoriginální rádia bývají typicky připojena jak na stálé, tak na spínané napájení) a na sběrnici CAN. Originální rádio proto nelze jednoduše vypnout. Prosté odpojení stálého napájení autorádia není ideálním řešením, protože by docházelo k zápisu chyb do paměti závad. Vypnutí rádia by proto vyžadovalo připojení na sběrnici CAN. Z těchto důvodů jsem zvolil prosté ztlumení zvuku autorádia, které je realizováno připojením příslušného pinu rádia na kostru automobilu pomocí relé K4. Tedy stejného relé, které ovládá vypnutí světel automobilu. Pouhé ztišení autorádia je dobrým řešením, protože reproduktory nevydávají žádný zvuk a případné přehrávání z CD je po dobu ztišení pozastaveno (včetně přehrávání z CD měniče umístěného v zavazadlovém prostoru).



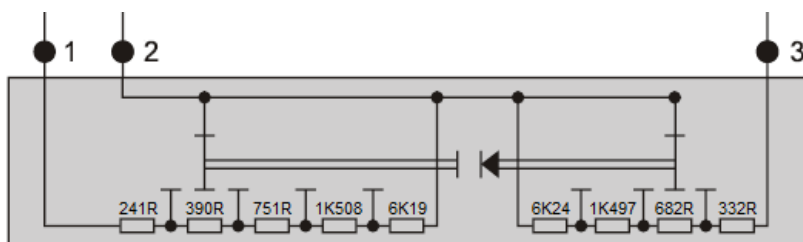
Obr. 34: Schéma ovládání vypnutí světel a ztišení autorádia

5.4.7 Vypnutí stěračů

Jelikož je automobil vybaven automatickým zapínáním stěračů, docházelo by při vzdáleně nastartovaném motoru v dešti nebo v zimě (když je na čelním skle námraza) ke zbytečnému opotřebování stěračů. Z toho důvodu zařízení umožňuje vypnutí stěračů.

Ovládání stěračů vývojovou deskou Arduino se skládá ze 2 částí – vypnutí stěračů a monitorování polohy páčky stěračů. Na rozdíl od vypínání světel a ztišení rádia není možné automatické zapínání stěračů aktivovat okamžitě po otočení klíčku ve spínací skříňce. Je to z toho důvodu, že při přepnutí stěračů do automatického režimu dojde k jednomu setření, což by bylo velmi nepraktické. Proto je nezbytné stěrače nechat vypnuté i po otočení klíčku ve spínací skříňce a dále monitorovat polohu páčky stěračů. Zapnutí stěračů bude provedeno později v závislosti na poloze páčky stěračů.

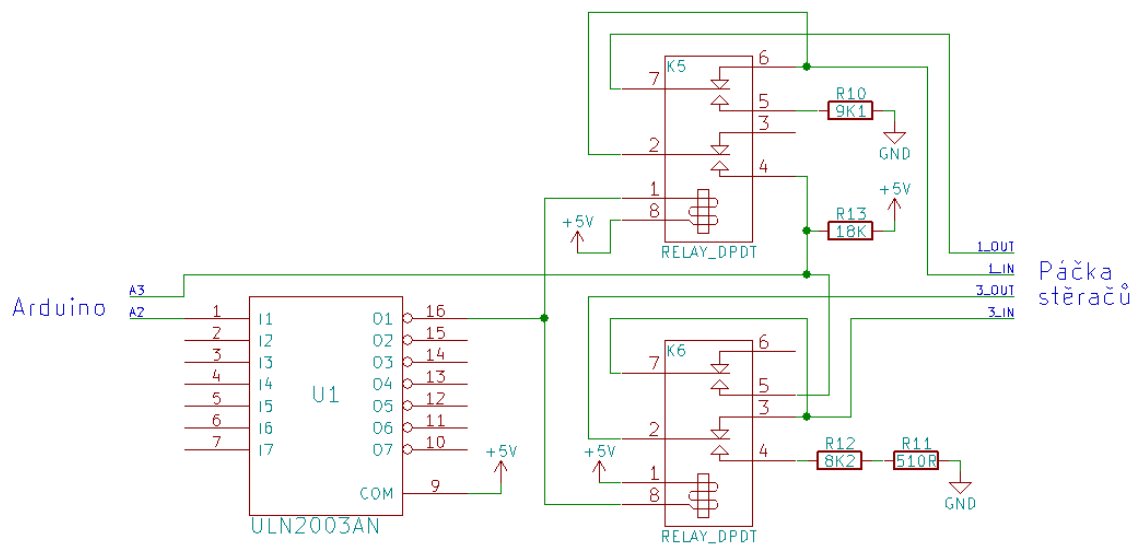
Na následujícím obrázku je schéma páčky stěračů vozidla Škoda Octavia II. Páčka stěračů funguje na principu dvou děličů napětí. Jeden dělič mění napětí v závislosti na vertikální poloze páčky, druhý napětí mění v závislosti na horizontální poloze páčky. Pin č. 2 je připojen na kostru vozidla. Pin č. 1 slouží pro ovládání stěračů čelního skla (změna odporu v závislosti na vertikální poloze páčky). Pin č. 3 slouží pro ovládání stěrače zadního skla a ostřikovačů (změna odporu v závislosti na horizontální poloze páčky).



Obr. 35: Schéma páčky stěračů vozidla Škoda Octavia II

Vypnutí stěračů je realizováno pomocí relé K5 a K6. Relé K5 odpojuje pin č. 1 páčky stěračů od řídicí jednotky sloupku řízení a zároveň k této řídicí jednotce připojuje přes rezistor R10 kostru vozidla. Velikost odporu $9100\ \Omega$ odpovídá odporu páčky v poloze vypnuto, proto dojde k vypnutí stěračů čelního skla. Relé K6 provádí stejným způsobem vypnutí stěrače zadního skla. Tentokrát je kostra vozidla k řídicí jednotce připojována přes dva sériově zapojené rezistory R11 a R12, jejichž celkový odpor je potřebných $8710\ \Omega$.

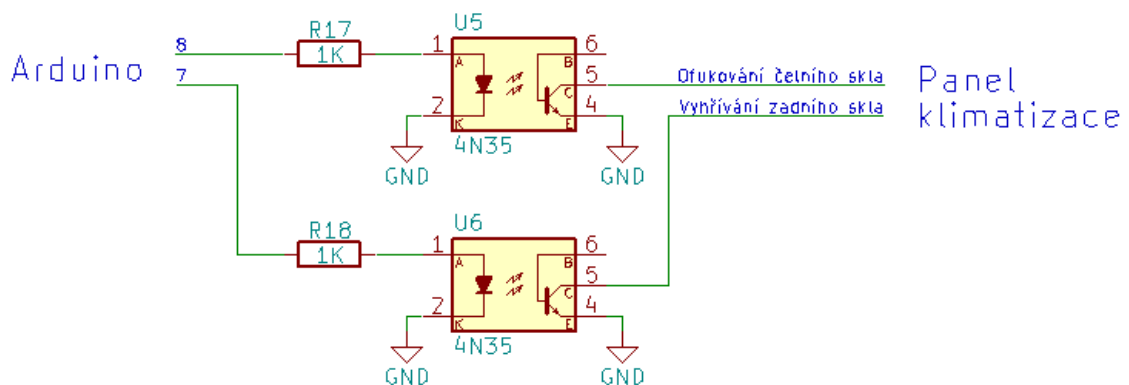
V době vypnutí stěračů jsou piny č. 1 a 3 paralelně připojeny k rezistoru R13 na který je přivedeno napětí 5 V. Toto zapojení tvoří dělič napětí, pomocí kterého může vývojová deska Arduino určit polohu páčky stěračů. Odpor rezistoru R13 je $18\ \text{k}\Omega$, což znamená snižování napětí přibližně v poměru 1 : 5 (poloha páčky při vypnutých stěračích) až 1 : 130 (poloha páčky při jednorázovém setření čelního skla a ostřikování čelního skla). Měřené napětí bude tedy přibližně 0,04–1,00 V.



Obr. 36: Schéma ovládní vypnutí stěračů

5.4.8 Ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla

Aby se v zimním období urychlilo rozmrazování skel automobilu, vývojová deska umožňuje zapnutí ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla. Obě funkce jsou řízeny tlačítky na panelu automatické klimatizace. Jedná se o jednoduché spínače bez aretace, které na patřičné piny mikroprocesoru automatické klimatizace v době stisku přivádí kostru automobilu. Vzhledem k rozdílnému napětí panelu klimatizace a vývojové desky není možné mikroprocesory propojit přímo. Proto jsou pro ovládní použity optočleny U5 a U6, které spojení galvanicky oddělují. To poskytuje ideální ochranu obou mikroprocesorů. Mezi vývojovou desku a optočleny jsou zapojeny rezistory R17 a R18, které chrání LED optočlenu před proražením.



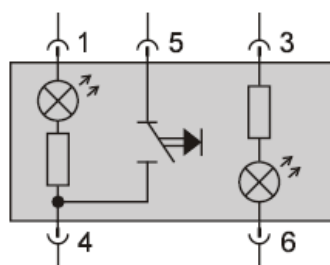
Obr. 37: Schéma ovládní ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla

5.4.9 Zapojení tlačítka s informační LED

Zařízení bude ovládáno jednak mobilním telefonem pomocí SMS, ale také tlačítkem v interiéru vozidla. Aby tlačítko nenarušilo design interiéru automobilu, bude použito originální tlačítko pro vypínání systému start-stop, které v automobilu doposud není. Tlačítko bude umístěno před řadicí pákou pod panelem automatické klimatizace vedle tlačítek pro vypínání systému ASR a provedení základního nastavení systému sledování tlaku vzduchu v pneumatikách.

Tlačítko obsahuje kromě zelené LED pro podsvícení za snížené viditelnosti i žlutou LED, která bude využita jako informační LED pro signalizaci stavu zařízení.

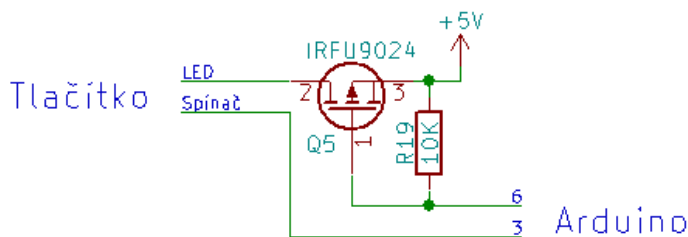
Na následujícím obrázku je schéma tlačítka pro vypínání systému start-stop vozidla Škoda Octavia II. Na pin č. 4 bude přivedena kostra vozidla. Piny č. 5 a 1 budou spojeny se zařízením a budou sloužit k ovládání zařízení, respektive k rozsvěcování informační LED. Piny č. 3 a 6 sloužící k napájení LED pro podsvícení tlačítka budou připojeny na vodiče pro podsvícení jednoho ze sousedních tlačítek.



Obr. 38: Schéma tlačítka systému start-stop vozidla Škoda Octavia II

Spínač bude připojen přímo na pin č. 3 vývojové desky Arduino. Pokud bude tlačítko stisknuto, bude na digitálním vstupně-výstupním pinu logická hodnota 0. Jinak bude logickou hodnotu 1 zajišťovat vnitřní pull-up rezistor. Pin č. 3 může být nastaven jako vstup externího přerušování, což bude u tlačítka vhodnou implementací.

Informační LED bude z důvodu proudového omezení digitálních vstupně-výstupních pinů vývojové desky připojena přes tranzistor Q5. Pokud bude na pinu č. 6 logická hodnota 0, bude informační LED svítit, jinak bude zhasnutá. Jelikož tento pin podporuje pulzní šířkovou modulaci (tzv. PWM), bude možné i řízení intenzity svícení LED.



Obr. 39: Schéma zapojení tlačítka s informační LED

5.5 Návrh, výroba a osazení desky plošných spojů

Po dílčím otestování jednotlivých částí systému jsem mohl začít s návrhem, výrobou a osazením desky plošných spojů (dále jen DPS).

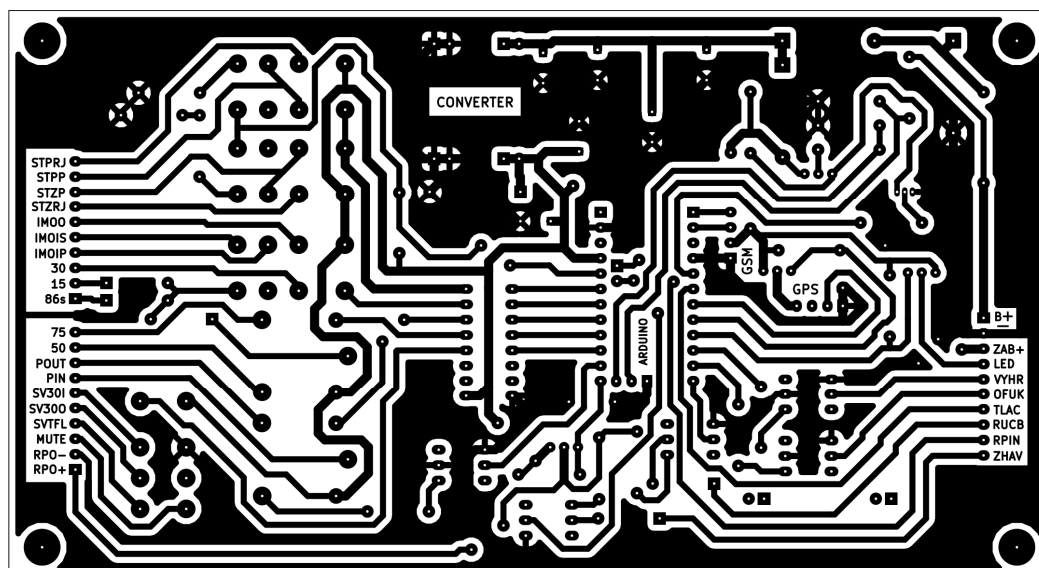
5.5.1 Návrh desky plošných spojů

První částí návrhu bylo určení některých parametrů DPS. Mezi tyto parametry patřily především počet vrstev DPS a její rozměry. Počet vrstev jsem omezil na pouhou jednu vrstvu, protože výroba jednovrstvé DPS je nejjednodušší a nejlevnější řešení. Rozměry DPS musí odpovídat zvolené krabičce, do které bude celé zařízení vloženo. Vybral jsem plastovou konstrukční krabičku U-KP52 U o rozměrech 180×102×37 mm. Tato krabička je dostatečně velká a zároveň nebude problém s jejím ukrytím do interiéru vozidla. Maximální rozměry DPS, která se do krabičky vlezle, jsou 172×94 mm, což jsou současně rozměry mnou navržené DPS.

Stejně jako pro tvorbu schémat, i pro návrh DPS jsem použil softwarovou sadu KiCad EDA. Jedná se o volně dostupný multiplatformní software, který disponuje všemi mnou požadovanými funkcemi.

DPS obsahuje tři 10pinové konektory, kterými bude zařízení spojeno s elektronikou automobilu, čidlem pozice řadicí páky a tlačítkem s informační LED. Dále jsou na DPS konektory pro připojení měniče napětí, vývojové desky Arduino, GSM modulu a GPS modulu. Veškeré další součástky budou na DPS přímo připájené.

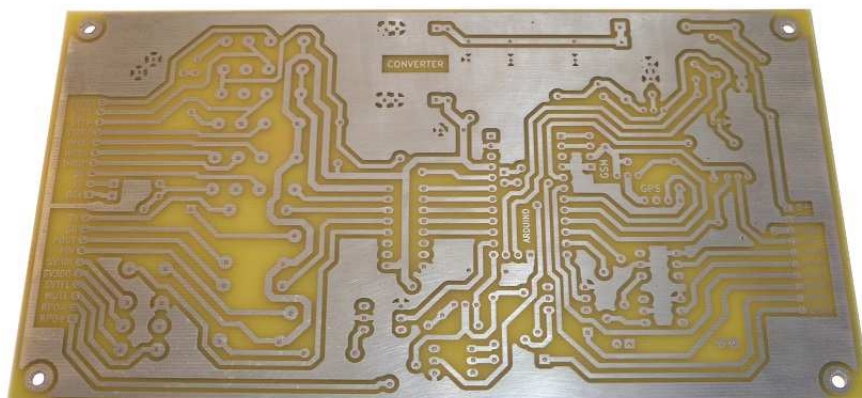
Na následujícím obrázku je navržená DPS v měřítku 1 : 1,25. V příloze B je k dispozici ve skutečné velikosti.



Obr. 40: Navržená deska plošných spojů

5.5.2 Výroba desky plošných spojů

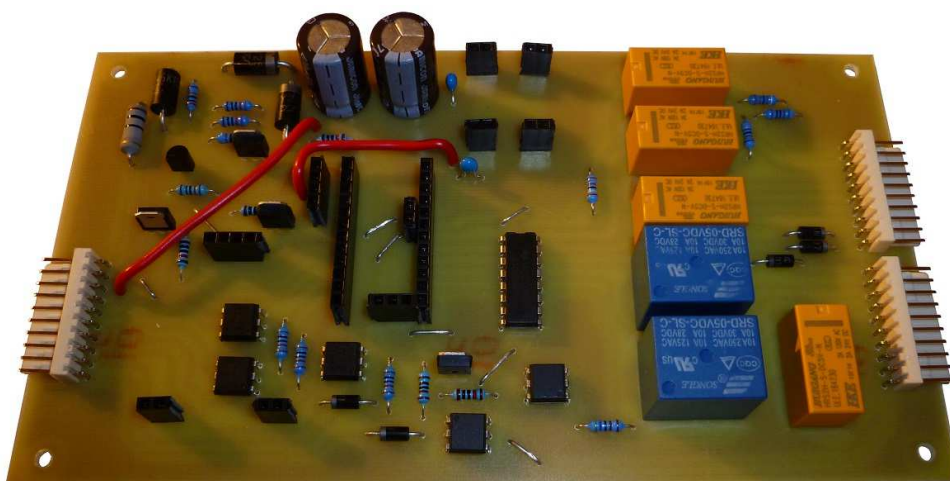
Vzhledem k obtížnosti DPS (poměrně velké rozměry a velký počet vrtaných otvorů) jsem DPS nechal vyrobit. Dodavatelem byl pan Tomáš Ráček, který se zabývá prototypovou výrobou DPS (<http://vyrobadps.webnode.cz>). Dodání DPS bylo i přes kusovou výrobu velmi levné a velice rychlé (DPS byla vyrobena do 2 dnů). Výroba jednostranné DPS o rozměrech 172×94 mm, vrtání 268 otvorů a chemické cínování vyšlo i s poštovným na 247 Kč.



Obr. 41: Vyrobena deska plošných spojů

5.5.3 Osazení desky plošných spojů

Osazení DPS jsem provedl sám. Seznam součástek včetně jejich cen je k dispozici v příloze C. Celkové náklady na součástky potřebné pro výrobu zařízení byly 1772 Kč. Velká část součástek byla nakoupena přímo z čínského trhu, proto je cena značně závislá na aktuální kupní síle české koruny. V ceně nejsou započítané náklady na kabely, které budou potřeba při instalaci do vozidla.



Obr. 42: Osazená deska plošných spojů

5.6 Návrh komunikačního protokolu

Komunikační protokol, který bude použit pro přenos příkazů mezi mobilním telefonem a zařízením umístěným v automobilu, musí především umožňovat vzdálené nastartování a zhasnutí motoru vozidla, nahlášení polohy vozidla a nahlášení napětí baterií. Součástí příkazu pro nastartování motoru vozidla musí být i informace, zda má dojít k vypnutí světel a ztlumení rádia, vypnutí stěračů, zapnutí ofukování čelního skla nebo zapnutí vyhřívání zadního skla. Dále musí komunikační protokol umožňovat nastavení a smazání telefonního čísla, na které bude zařízení odesílat hlášení o problémech s napájením.

Komunikační protokol také musí umožňovat bezpečnou autentizaci odesílatele příkazu, aby nemohlo dojít ke zneužití zařízení. Při návrhu zabezpečení je vhodné brát do úvahy i možnost odchyčení a přečtení obsahu SMS, protože šifrovací algoritmus A5 používaný sítí GSM se již nepovažuje za bezpečný.

Komunikační protokol bude používán jen pro odesílání příkazů z mobilního telefonu do zařízení. Zařízení bude na příkazy odpovídat prostými SMS dobře čitelnými pro uživatele.

5.6.1 Zabezpečení komunikace

Samotné příkazy jsou odesílány v SMS ve formě otevřeného textu. Zabezpečení komunikace je zajištěno autentizací odesílatele příkazu. Pro autentizaci je použit tzv. HMAC (Keyed-Hash Message Authentication Code), což je autentizační kód zprávy, který je vypočítán pomocí kryptografické hašovací funkce. Jako hašovací funkce je použit algoritmus SHA-256, který je jedním z nejsilnějších algoritmů pro implementaci hašovací funkce. Vstupem hašovací funkce je text zprávy a tajný šifrovací klíč, který je známý jak odesílateli zprávy, tak jejímu příjemci. K samotnému příkazu je tedy přidán vypočítaný HMAC, čímž je zpráva podepsána. Zařízení si proto může být jisté tím, že tuto zprávu vytvořil oprávněný uživatel a že zprávu nikdo neupravil.

Toto řešení ještě neposkytuje dobré zabezpečení, protože v případě odchyčení obsahu zprávy má útočník k dispozici jak samotný příkaz, tak odpovídající HMAC. Útočník v tuto chvíli nemůže příkaz upravit, ale může ho zopakovat. Proto je ještě před výpočtem HMAC k příkazu přidáno pořadové číslo, které se s každým odeslaným příkazem inkrementuje. Zařízení si pamatuje pořadové číslo posledního přijatého příkazu, a pokud následující příkaz nemá správné pořadové číslo, je považován za neplatný.

Zabezpečená komunikace tedy probíhá takto:

- vygenerování příkazu mobilním telefonem,
- přidání pořadového čísla příkazu,
- vypočítání a přidání HMAC příkazu,
- přenos zprávy z mobilního telefonu do zařízení,
- ověření HMAC,
- ověření pořadového čísla příkazu,
- vykonání příkazu.

Z důvodu autentizace příkazu musí mít zařízení k dispozici tajný šifrovací klíč a pořadové číslo následujícího příkazu. Šifrovací klíč je do zařízení uložen v okamžiku programování vývojové desky Arduino a může být změněn pouze přeprogramováním vývojové desky. Pořadové číslo následujícího příkazu začíná zařízení počítat od 1 a inkrementuje ho až do 999.999.999. Poté je pořadové číslo opět nastaveno na 1.

Kdyby SMS s příkazem nebyla doručena, došlo by k nesouladu počítadel pořadového čísla mobilního telefonu a zařízení. Proto je tolerováno i pořadové číslo až o 3 větší, než jaké bylo očekáváno. Tím je umožněna ztráta až 3 po sobě jdoucích SMS s příkazem, aniž by došlo k problému s pořadovým číslem příkazu. Kdyby i přesto došlo k nesouladu počítadel, komunikační protokol umožňuje nastavení počítadla pořadového čísla v zařízení. V případě odchycení dvou po sobě jdoucích SMS, přičemž první z nich obsahuje příkaz pro nastavení pořadového čísla, by mohlo dojít ke zneužití. Útočník by totiž pomocí první SMS mohl nastavit pořadové číslo a pomocí druhé SMS zopakovat příkaz. Proto musí být nastavení počítadla pořadového čísla v zařízení potvrzeno stisknutím tlačítka v interiéru vozidla. Toto potvrzení musí být provedeno do 3 sekund od obdržení příkazu.

Výše zmíněným postupem je dosaženo velmi bezpečného ovládání zařízení. Podobná zařízení dostupná na trhu jsou zpravidla zabezpečena pouze PIN kódem přidaným k příkazu. Tato zařízení mohou být jednoduše zneužita pomocí odchycení jediné SMS obsahující správný PIN kód.

5.6.2 Komunikační protokol

Každá zpráva, která má být zpracována zařízením umístěným ve vozidle, musí být v následujícím tvaru.

```
<hmac>,<id>,<command>
```

První částí zprávy je autentizační kód HMAC skládající se pouze ze znaků 0–9 a a–f, jehož délka je vždy 64 znaků. Druhou částí zprávy je pořadové číslo příkazu, jehož hodnota je v rozsahu 1–999.999.999. Poslední částí zprávy je samotný příkaz. V případě příkazu pro dálkové nastartování motoru automobilu může příkaz obsahovat až 4 doplňkové povely, které zařízení vykoná v souvislosti se samotným nastartováním motoru vozidla. Následuje seznam všech podporovaných příkazů. Popis jednotlivých příkazů je k dispozici v příloze D.

```
<hmac>,<id>,start [,lightsOffRadioMute][,wipersOff]
                                     [,windshieldHeating][,rearWindowHeating]
<hmac>,<id>,stop
<hmac>,<id>,location
<hmac>,<id>,voltage
<hmac>,<id>,setTelephoneNumber
<hmac>,<id>,delTelephoneNumber
<hmac>,<id>,synchronize
```

5.7 Vývoj řídicího programu pro Arduino

První fází vývoje řídicího programu byla tvorba vývojového diagramu. Při navrhování byl kladen důraz na bezpečnost při používání zařízení a nízký odběr elektrické energie.

Vývojová deska Arduino musí zajišťovat přečtení příchozí SMS s příkazem, autentizaci odesílatele SMS, vykonání příslušné akce a zaslání SMS s hlášením odesílateli příkazu. Za tímto účelem vývojová deska řídí činnost rozšiřujících modulů a ovládá vstupní a výstupní obvody. Řídicí program musí také reagovat na stisknutí tlačítka v interiéru vozidla, na základě kterého provádí např. aktivaci zpožděného vypnutí motoru vozidla. Dále vývojová deska Arduino provádí periodickou kontrolu napětí autobaterie a v případě poklesu napětí zasílá na předem nastavené telefonní číslo SMS s varováním.

Z důvodu minimalizace odběru elektrické energie udržuje řídicí program vývojovou desku po většinu doby provozu v úsporném režimu POWER-DOWN, ve kterém je spotřeba elektrické energie mikroprocesoru nejnižší možná. V tomto režimu jsou aktivní pouze části vývojové desky umožňující vystoupení z tohoto úsporného režimu a to tzv. Watchdog Timer, TWI Address Match a externí přerušování na pinech 2 a 3. Z úsporného režimu přechází vývojová deska do činnosti v pravidelných intervalech nebo po stisknutí tlačítka v interiéru vozidla.

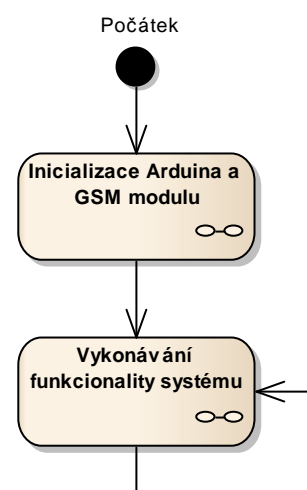
Programování vývojové desky Arduino je možné v jazyce C nebo C++. Nejjednodušší možností je použití knihovny Wiring, která je pro programování Arduina velmi rozšířená. Tato knihovna umožňuje velmi jednoduchou práci se vstupně-výstupními piny, sériovou linkou a dalšími částmi vývojové desky. Proto jsem řídicí program vyvíjel právě s využitím této knihovny.

5.7.1 Základ řídicího programu

Při využití knihovny Wiring jsou základem řídicího programu vždy dvě funkce. Provádění těchto funkcí zajišťuje samotná knihovna, což psaní programu pro vývojovou desku Arduino zjednodušuje. Tyto funkce musí být pojmenovány `setup()` a `loop()`. První z dvojice funkcí se běžně využívá pro inicializaci Arduina. Může být použita ale i na cokoli jiného, co se nemá provádět opakovaně. Funkce je spuštěna pouze jednou a to okamžitě po zapnutí vývojové desky. Druhá funkce obvykle obsahuje program pro vykonávání požadovaných činností. Vykonávání této funkce se neustále opakuje, činnost vývojové desky tedy nikdy nekončí.

Funkci `setup()` jsem využil pro inicializaci vývojové desky Arduino a GSM modulu, kterou je nutné provést vždy po zapnutí zařízení.

Funkce `loop()` následně zajišťuje vykonávání veškerých činností zařízení.



Obr. 43: Základ programu

5.7.2 Inicializace vývojové desky a GSM modulu

Inicializaci vývojové desky Arduino a GSM modulu je nutné provést vždy po zapnutí zařízení. Nejprve dochází k nastavení samotné vývojové desky a následně k inicializaci GSM modulu.

Inicializace vývojové desky začíná nastavením módu digitálních vstupně-výstupních pinů, ve kterém budou pracovat. Dostupné jsou módy OUTPUT, INPUT a INPUT_PULLUP. Mód INPUT_PULLUP kromě nastavení pinu jako vstup uvede v činnosti vnitřní pull-up rezistor, který určuje výchozí hodnotu vstupu (logická hodnota 1). V módu INPUT není výchozí hodnota definovaná.

Následuje nastavení výchozích hodnot výstupních pinů a nastavení referenční hodnoty analogového měření (měření v rozsahu 0–1,1 V).

Dále dochází k nastavení časovače č. 1, který umožňuje blikání informační LED umístěné v tlačítku zařízení.

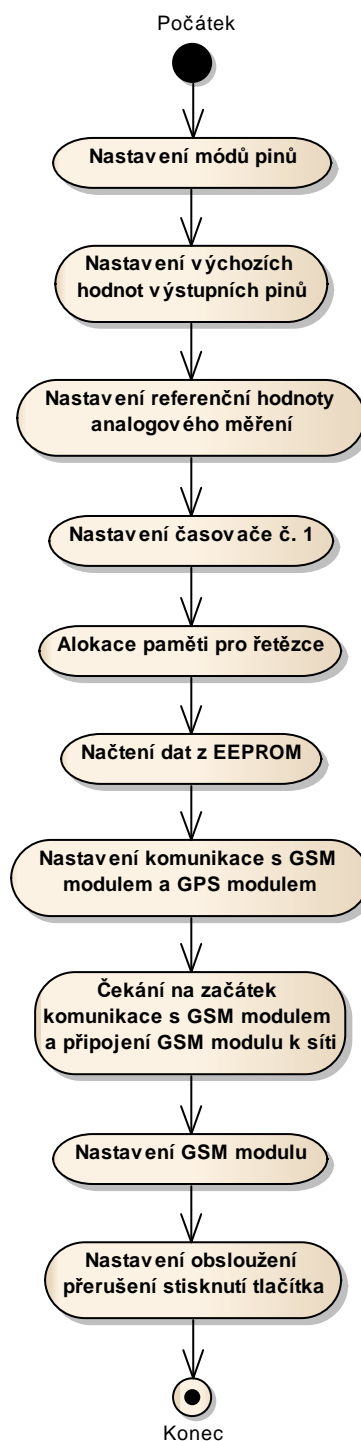
Inicializace pokračuje alokací paměti pro řetězce, která předchází fragmentaci operační paměti, ke které by docházelo v případě změny délky řetězce za běhu programu.

Dalším krokem je načtení pořadového čísla následujícího příkazu a telefonního čísla pro odeslání hlášení o problémech s napájením z paměti EEPROM. V této paměti jsou tato data uchována i po výpadku napájení.

Jedním z posledních kroků inicializace vývojové desky je nastavení sériových linek. Tedy hardwarové sériové linky pro komunikaci s GSM modulem a softwarové sériové linky pro komunikaci s GPS modulem. Komunikace s GSM modulem probíhá rychlostí 19.200 Bd, komunikace s GPS modulem potom rychlostí 9.600 Bd.

Poté, co je navázána komunikace s GSM modulem a modul se úspěšně připojí k síti, dochází k nastavení potřebných parametrů, tedy především textového formátu čtení SMS.

Posledním krokem inicializace je nastavení obsluhy přerušení vyvolaného stisknutím tlačítka zařízení v interiéru vozidla. Přerušení provádí opuštění úsporného režimu POWER-DOWN a nastavení příznaku stisknutí tlačítka.



Obr. 44: Inicializace systému

5.7.3 Hlavní smyčka řídicího programu

Vykonávání veškerých činností zařízení zajišťuje neustále se opakující smyčka řídicího programu.

Pokud systém právě neovládá některou z funkcí automobilu (např. není dálkově nastartovaný motor), přechází Arduino do úsporného režimu POWER-DOWN. V tomto režimu je po dobu 1 minuty nebo do stisknutí tlačítka zařízení.

V případě, že tlačítko nebylo stisknuto a poslední kontrola napětí baterie vozidla proběhla před více než 1 hodinou, je nyní kontrola stavu autobaterie provedena.

Nyní je vykonána kontrola příchozích SMS. Za tímto účelem Arduino komunikuje s GSM modulem, který byl po celou dobu připojen k síti a přijímal jakékoliv příchozí SMS. Kontrola příchozích SMS je tedy prováděna jednou za minutu a v případě potřeby lze urychlit stisknutím tlačítka zařízení.

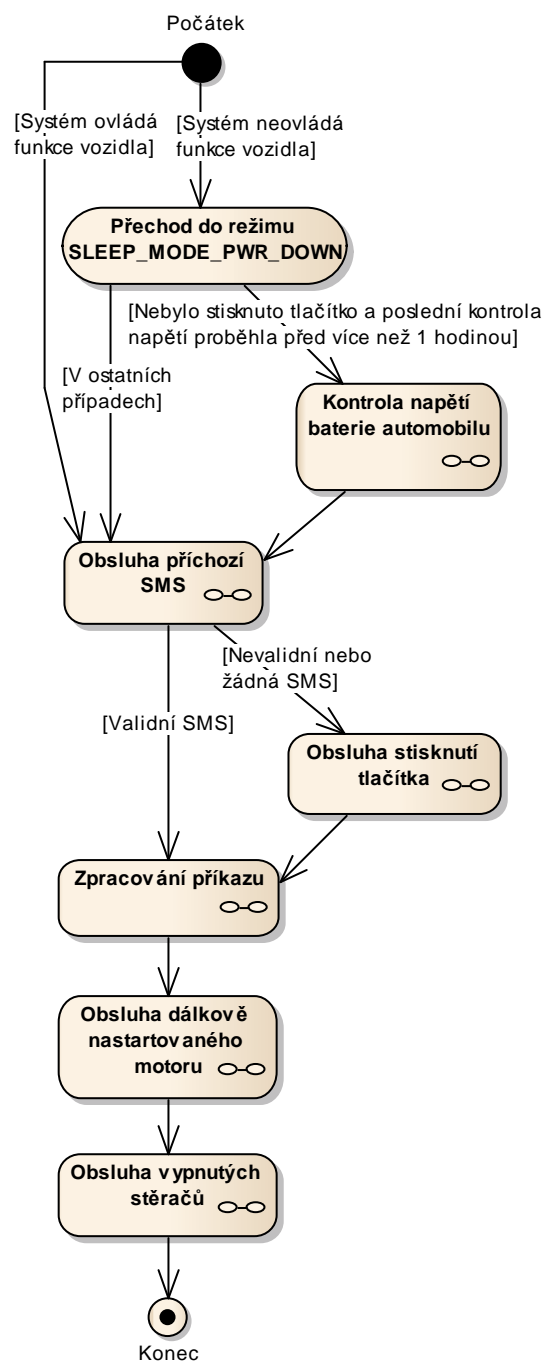
Pokud nebyla přijata validní SMS, tedy SMS obsahující podporovaný příkaz se správným autentizačním kódem a pořadovým číslem, je nyní ověřeno, zda nebylo stisknuto tlačítko. Stisknutí tlačítka by v tomto případě bylo vyhodnoceno jako pokyn k provedení určité akce (např. zpožděného vypnutí motoru vozidla).

Další částí hlavní smyčky programu je zpracování požadovaného příkazu, který byl určen na základě příchozí SMS nebo stisknutím tlačítka zařízení. Pokud nepřišla validní SMS ani nebylo stisknuto tlačítko, nedojde ke zpracování žádného příkazu (což nastane ve většině průchodů smyčkou).

Následujícím krokem je obsluha vzdáleně nastartovaného motoru vozidla. Zde dochází např. ke kontrole pozice řadicí páky a ruční brzdy, aby vozidlo nebylo schopné jízdy bez vložení klíčku do zapalování.

Poslední činností provedenou v hlavní smyčce řídicího programu je obsluha aktivního vypnutí stěračů, při které dochází především k monitorování páčky stěračů, aby v případě potřeby mohly být stěrače aktivovány.

Po dokončení této posloupnosti akcí dochází k jejímu opakování.



Obr. 45: Hlavní smyčka programu

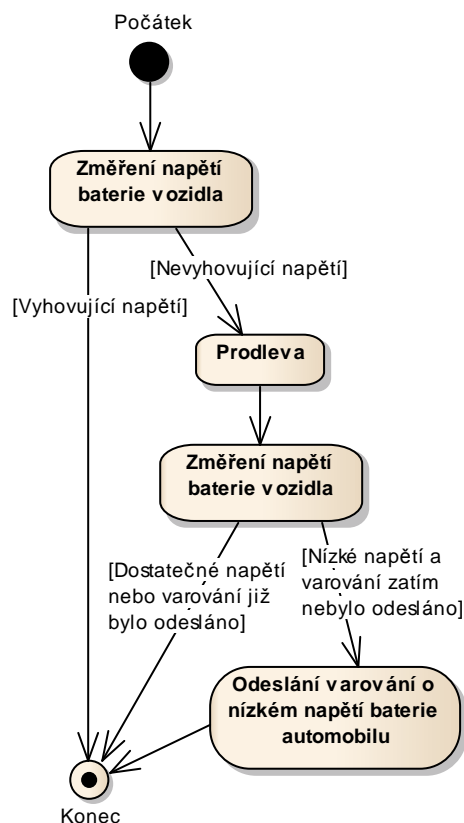
5.7.4 Kontrola napětí baterie automobilu

Kontrola napětí baterie vozidla je prováděna přibližně jednou za hodinu. Prvním krokem kontroly stavu baterie je změření napětí autobaterie. Pokud je zjištěn nevyhovující stav baterie (napětí menší než 12,1 V), dochází po 10 sekundách k opakovanému měření napětí. Opakované měření je nezbytné z důvodu možnosti provedení prvního měření při vykonávání některé proudově náročné činnosti vozidla (např. při běžném startování motoru). Kdyby opakované měření nebylo provedeno, mohlo by dojít k nepravdivému nahlášení nízkého napětí autobaterie.

Pokud je i při druhém měření zjištěn nevyhovující stav autobaterie, dojde k nahlášení problému s napájením. Pokud je napětí baterie menší než 10,2 V, je odesláno varování o přepnutí na napájení ze záložní baterie. Pokud je při další kontrole autobaterie zjištěn stejný stav, k odeslání varování už nedochází. Po zvýšení napětí autobaterie alespoň na 10,5 V dojde k odeslání hlášení s informací o přepnutí na napájení z baterie automobilu. Zařízení je ve skutečnosti napájeno z té baterie,

kteřá má právě vyšší napětí. Může se proto stát, že je odeslána chybná informace. Spolehlivým řešením by bylo vždy měřit napětí nejen autobaterie, ale i napětí záložní baterie a provádět porovnání. Při tomto způsobu kontroly napájení by ovšem docházelo k nepatrnému vybití záložní baterie. Z důvodu maximalizace životnosti záložní baterie jsem se proto rozhodl využít metodu kontroly napájení popsanou výše. Pro záložní napájení bude použito 6 lithiových tužkových baterií. Lithiové baterie jsou pro toto použití velmi vhodné, protože jsou schopné dobře fungovat i v silných mrazech a mají dlouhou životnost (velmi nízké samovybití). Každá baterie má při plné kapacitě (zhruba 3 Ah) napětí přibližně 1,7 V. To znamená, že při jejich sériovém zapojení bude napětí záložní baterie přibližně 10,2 V (kapacita zůstává zhruba 3 Ah).

Pokud napětí autobaterie není menší než 10,2 V, ale je menší než 12,1 V, je odesláno varování o příliš nízkém napětí baterie automobilu. To uživateli vozidla poskytuje možnost dlouhodobého odstavení automobilu, aniž by se musel obávat přílišného vybití autobaterie. Po obdržení varování o příliš nízkém napětí baterie může uživatel provést dálkové nastartování motoru a tím baterii dobít. Pokud je při další kontrole autobaterie zjištěn stejný stav, k odeslání varování už nedochází. Po zvýšení napětí autobaterie alespoň na 12,5 V dojde k opětovné aktivaci hlášení o příliš nízkém napětí baterie vozidla.



Obr. 46: Kontrola napětí autobaterie

5.7.5 Obsluha příchozí SMS

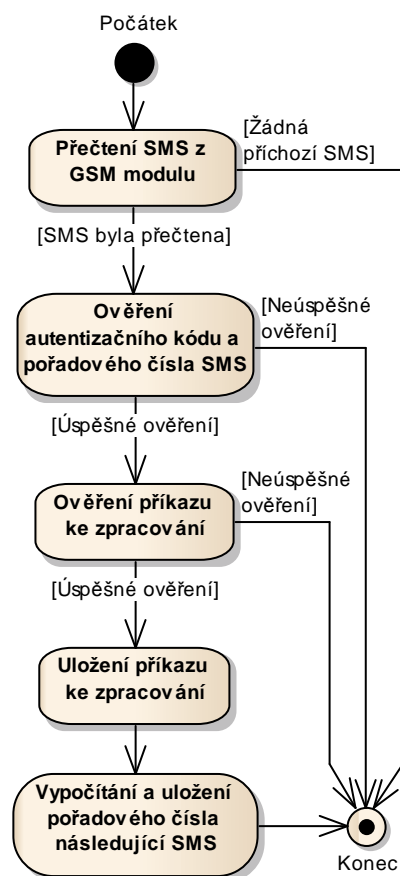
Kontrola příchozích SMS probíhá po každém opuštění úsporného režimu POWER-DOWN, tedy přibližně jednou za minutu. Mezi přijetím SMS a jejím zpracováním je tedy určitá prodleva. Délka setrvání Arduina v úsporném režimu byla zvolena tak, aby byla kvůli šetření elektrické energie co nejdélejší, ale zároveň ne tak dlouhá, aby uživatel musel na vykonání příkazu čekat příliš dlouho.

Obsluha příchozí SMS začíná jejím přečtením z GSM modulu. Pokud nebyla doručena žádná SMS, nejsou další části obsluhy SMS realizovány.

Dalším krokem je ověření autentizačního kódu a pořadového čísla příkazu. Ověření pořadového čísla je prosté porovnání s hodnotou uloženou v paměti Arduina, přičemž je tolerováno pořadové číslo až o tři větší (kvůli případnému nedoručení SMS s příkazem). Pro ověření autentizačního kódu je použita knihovna umožňující vypočítání kódu HMAC s hašovací funkcí SHA-256, jejímž autorem je James Coliz.

Po autentizaci SMS dochází k ověření a uložení příkazu ke zpracování. Samotné zpracování je realizováno v další části hlavní smyčky programu.

Posledním krokem obsluhy příchozí SMS je výpočet a uložení pořadového čísla následující SMS. Pořadové číslo právě zpracovávané SMS stačí inkrementovat o 1 a v případě, že by se číslo dostalo mimo rozsah (1–999.999.999) pořadové číslo nastavit na 1. Pořadové číslo je poté uloženo do EEPROM, aby bylo uchováno i v případě výpadku napájení.

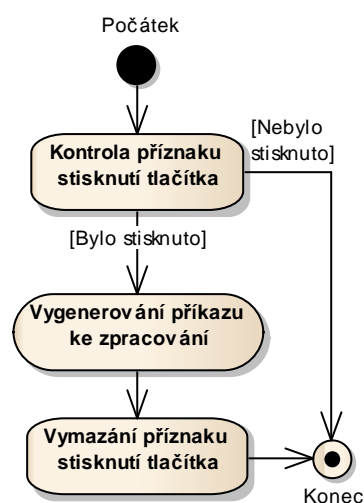


Obr. 47: Obsluha příchozí SMS

5.7.6 Obsluha stisknutí tlačítka

K obsluze stisknutí tlačítka dojde, pouze pokud nebyla obdržena SMS s validním příkazem. To znamená, že pokud je stisknutím tlačítka opuštěn úsporný režim a následně je z příchozí SMS přečten příkaz, nedochází k vykonání akce na základě stisknutí tlačítka, ale v závislosti na příkazu obdrženém v SMS.

Obsluha stisknutí tlačítka provádí kontrolu nastavení příznaku stisknutého tlačítka. Příznak je nastaven v obsluze přerušení vyvolaného stisknutím tlačítka. Tlačítko tedy nemusí být stisknuto právě v okamžiku obsluhy stisknutého tlačítka.



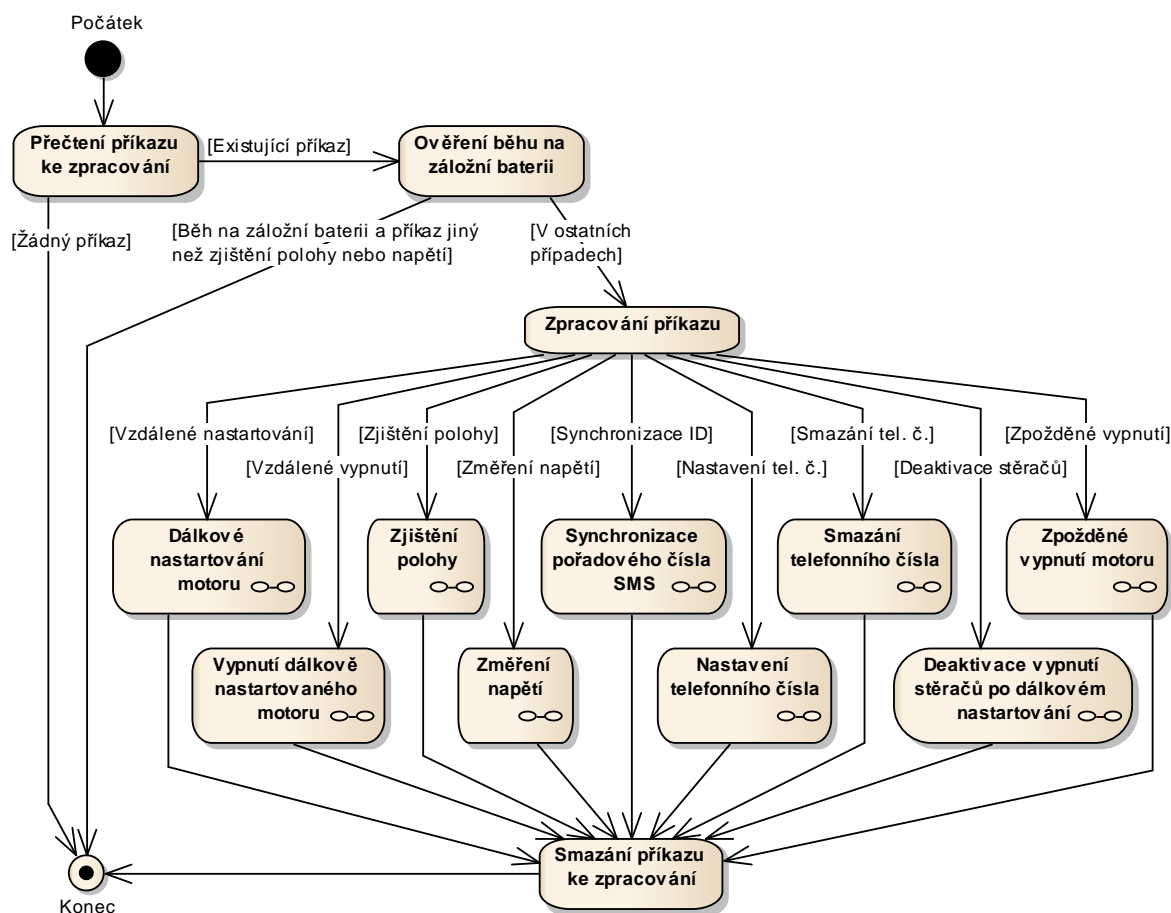
Obr. 48: Obsluha stisknutí tlačítka

5.7.7 Zpracování příkazu

Funkce pro zpracování požadovaného příkazu je spuštěna v každém průchodu hlavní smyčkou programu. Pokud nebyla obdržena SMS s validním příkazem ani nebylo stisknuto tlačítko zařízení, nedochází ke zpracování žádného příkazu a funkce je ukončena. V ostatních případech je v paměti Arduina uložen kód příkazu, který bude nyní vykonán.

Nejprve dojde k ověření, zda zařízení není napájeno ze záložní baterie. Pokud tomu tak je, dojde k vykonání příkazu pouze v případě, že se jedná o zjištění polohy vozidla nebo změření napětí baterií. Zpracování ostatních příkazů nemá při odpojené autobaterii opodstatnění a pouze by vybijelo záložní baterii.

Po kontrole napájení je přistoupeno k samotnému provedení požadovaného příkazu. Součástí obsluhy provedení každého příkazu je jak vykonání příslušných akcí, tak poslání hlášení odesílateli příkazu. V tomto hlášení jsou informace o tom, zda byl příkaz úspěšně vykonán, případně důvod, proč k vykonání příkazu nedošlo.



Obr. 49: Zpracování příkazu

5.7.8 Dálkové nastartování motoru

Zpracování příkazu pro dálkové nastartování motoru vozidla je rozděleno do dvou funkcí. První funkce se stará o činnosti přímo spojené s vývojovou deskou Arduino, druhá funkce zajišťuje samotné nastartování motoru.

Nejprve dochází k ověření, zda zařízení už neovládá některou z funkcí vozidla. Poté dojde k aktivaci blikání informační LED, která po nastartování motoru zůstane nepřerušovaně svítit (nebo v případě neúspěšného nastartování motoru zhasne).

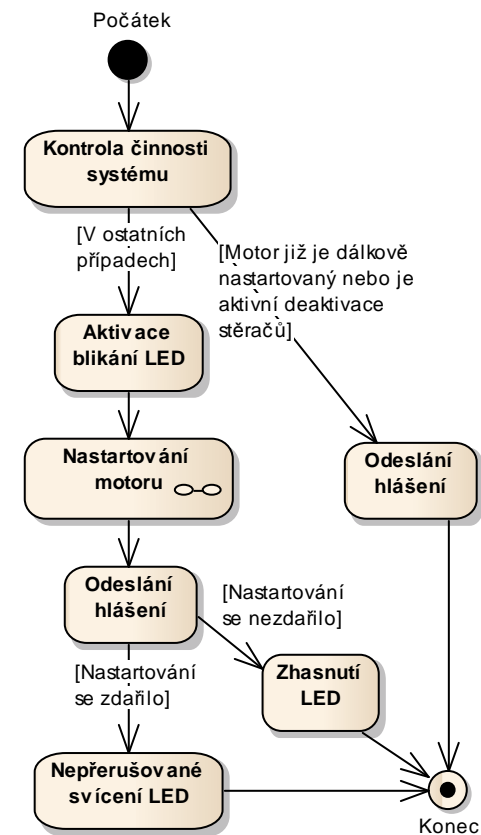
Činnosti prováděné před dálkovým nastartováním motoru i samotné nastartování jsou znázorněny v diagramu na následující straně. Před samotným nastartováním motoru je třeba, z důvodu zajištění stability systému a zabezpečení proti pohybu vozidla, provést několik kontrol. Nejprve dochází k ověření napětí autobaterie. Pokud je napětí baterie menší než 11,8 V, není dálkové nastartování motoru umožněno. Tím je zajištěna stabilita systému během startování motoru, protože dálkové startování s příliš vybitou autobaterií není vůbec umožněno.

Po kontrole napětí autobaterie dochází k zapnutí napájení obvodů pro kontrolu zařazené rychlosti, nezatažené ruční brzdy a aktivního žhavení motoru. Nyní dochází nejprve ke kontrole zařazené rychlosti a poté ke kontrole nezatažené ruční brzdy. Pokud je zařazen některý z převodů nebo není zatažena ruční brzda, nebude dálkové nastartování motoru vozidla provedeno, o čemž bude uživatel informován pomocí SMS. Tím je automobil zabezpečen proti pohybu.

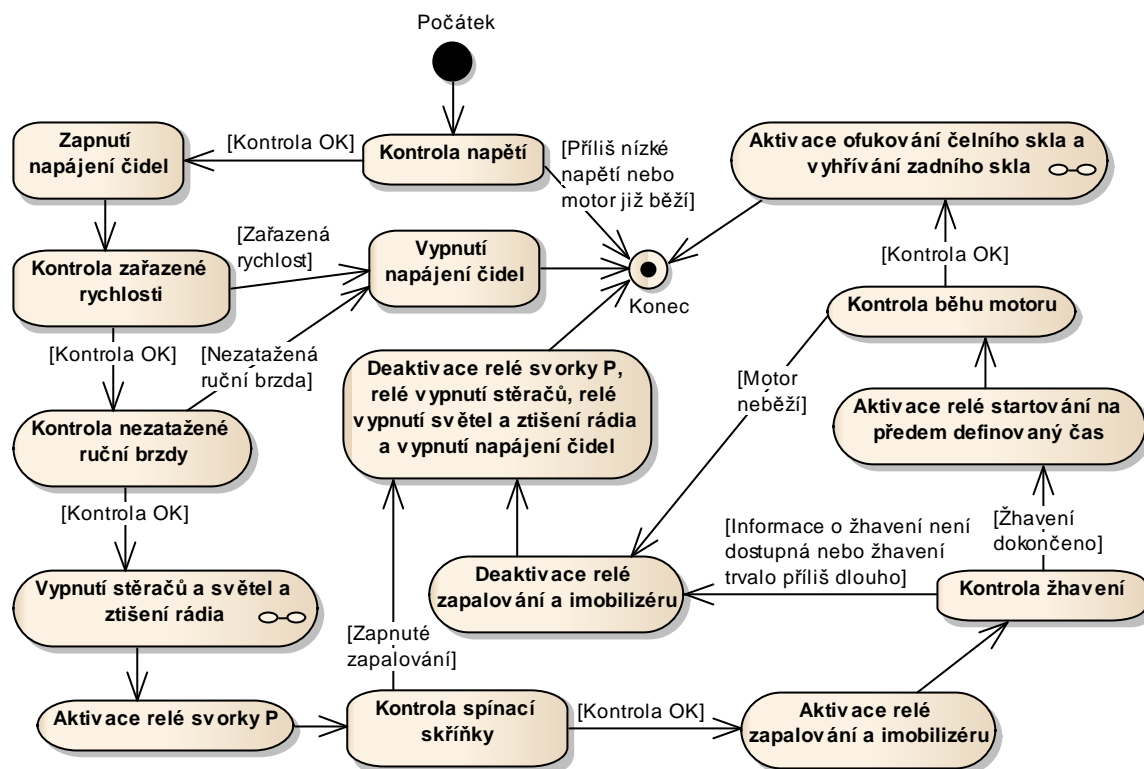
Pokud bylo součástí příkazu vypnutí světel a ztišení rádia nebo vypnutí stěračů, jsou potřebné akce vykonány nyní, ještě před ovládním spínací skříňky. Z důvodu zjednodušení diagramu zde tyto akce nejsou zachyceny.

Nyní může dojít k ovládní spínací skříňky. Nejprve je aktivováno relé svorky P, což umožňuje provést kontrolu, zda zapalování není již zapnuté. Pokud kontrola skončí úspěšně, je aktivováno relé zapalování a imobilizéru. Tím dojde k zapnutí zapalování a započítí žhavení motoru. Po dokončení žhavení je na 2,5 sekundy aktivováno relé startování. Aktivace po dobu delší než nutnou pro nastartování motoru nevádí, jelikož řídicí jednotka motoru statér automaticky vypne. Po vypnutí relé startování následuje 7sekundová prodleva, po které je provedena kontrola běhu motoru (napětí v palubní síti vozidla musí být větší než 13 V).

Proces dálkového nastartování motoru vozidla je ukončen aktivací ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla (pokud to bylo součástí příkazu).



Obr. 50: Dálkové nastartování motoru



Obr. 51: Nastartování motoru

Vypnutí stěračů, vypnutí světel a ztišení rádia

Funkce provádějící vypnutí stěračů, vypnutí světel a ztišení rádia je poměrně jednoduchá. Nejprve proběhne kontrola, zda SMS obsahovala příkaz pro vypnutí světel a ztišení rádia. Pokud ano, je aktivováno příslušné relé, které ovládá vypnutí spínače světel a ztišení rádia. Toto relé zůstává aktivní tak dlouho, dokud je aktivní relé zapalování a imobilizéru.

Poté proběhne kontrola, zda SMS obsahovala příkaz pro vypnutí stěračů. Pokud ano, jsou aktivována relé zajišťující jejich vypnutí, což zároveň umožňuje sledování pozice páčky stěračů. Nyní je zkontrolována pozice páčky stěračů. Pokud se páčka nachází v pozici vypnuto, jsou relé opět deaktivována. Jinak relé zůstávají aktivní až do okamžiku vypnutí motoru nebo než je páčka stěračů přepnuta do pozice vypnuto.

Aktivace ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla

Na začátku této funkce proběhne kontrola, zda SMS obsahovala příkaz pro zapnutí ofukování čelního skla. Pokud ano, dojde k aktivaci výstupu připojenému k patřičnému tlačítku na panelu automatické klimatizace vozidla. Výstup je aktivován po dobu 0,3 sekundy, tím je simulováno běžné stisknutí tlačítka.

Další částí funkce je kontrola, zda SMS obsahovala příkaz pro zapnutí vyhřívání zadního skla. Zapnutí vyhřívání je provedeno stejným způsobem jako zapnutí ofukování čelního skla, přičemž mezi zapnutími je 1sekundová prodleva.

5.7.9 Obsluha dálkově nastartovaného motoru

Pokud je motor vozidla dálkově nastartován, je při každém průchodu hlavní smyčkou řídicího programu vykonána funkce pro obsluhu dálkově nastartovaného motoru.

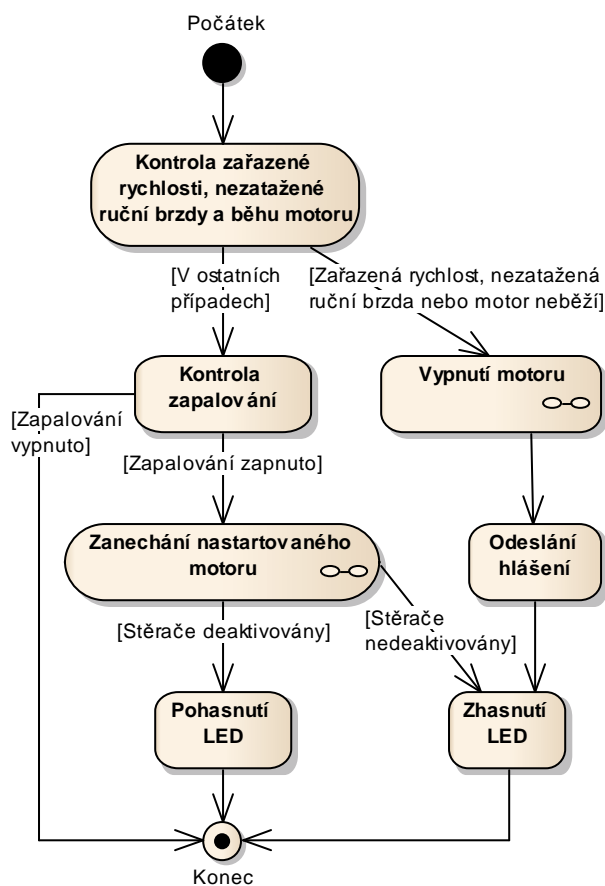
Na začátku obsluhy probíhá kontrola, zda nedošlo k zařazení rychlosti, povolení ruční brzdy nebo zhasnutí motoru. Pokud k něčemu z toho došlo, okamžitě dojde k zavolání funkce pro vypnutí motoru vozidla a odeslání oznámení v SMS. Zařazení rychlosti nebo povolení ruční brzdy by mohlo znamenat pokus o odcizení vozidla. Neočekávané vypnutí motoru může být způsobeno např. nedostatkem paliva nebo poruchou.

Dále obsluha pokračuje kontrolou spínací skříňky. Pokud bylo klíčem zapnuto zapalování, dojde k zavolání funkce pro zanechání nastartovaného motoru vozidla. Po jejím vykonání již motor běží v závislosti na klíčku ve spínací skříňce. Zařízení nadále ovládá pouze vypnutí stěračů (pokud to bylo součástí příkazu v SMS).

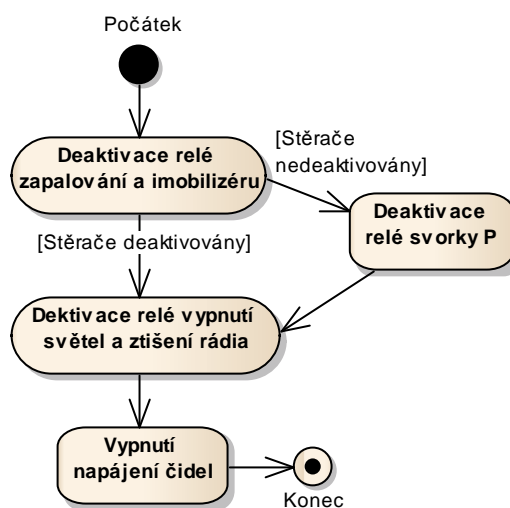
Pokud je zapalování vypnuté, je obsluha dálkově nastartovaného motoru ukončena a motor zůstává v chodu.

Zanechání nastartovaného motoru

Funkce pro zanechání nastartovaného motoru zajišťuje především vypnutí obvodů ovládajících motor. Nejprve dojde k deaktivaci relé zapalování a imobilizéru. Kdyby nebylo klíčem zapnuto zapalování, došlo by nyní k vypnutí motoru. Pokud není v činnosti vypnutí stěračů, může být deaktivováno i relé svorky P, jinak musí zůstat aktivované, aby mohla nadále probíhat kontrola stavu spínací skříňky. Na závěr je deaktivováno relé vypnutí světel a ztišení rádia a je vypnuto napájení vstupních obvodů.



Obr. 52: Obsluha dálkově nastartovaného motoru



Obr. 53: Zanechání nastartovaného motoru

Vypnutí motoru

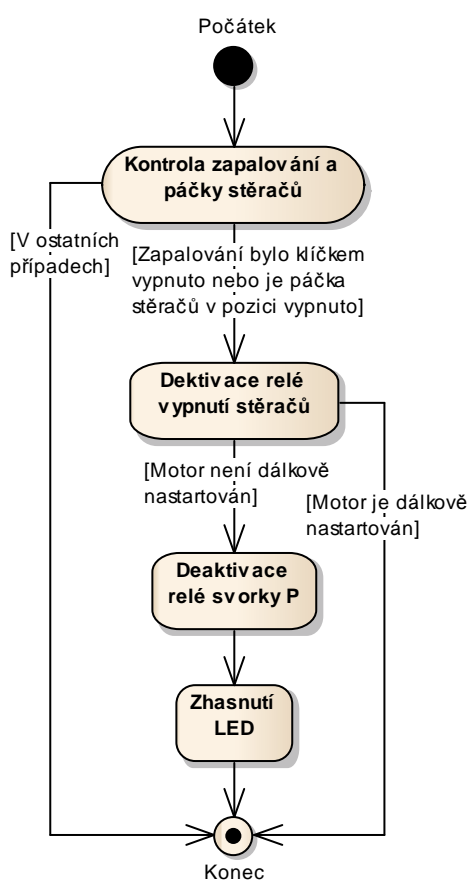
Funkce zajišťující vypnutí dálkově nastartovaného motoru vozidla se skládá z prosté posloupnosti příkazů, která postupně vypíná jednotlivá relé. Nejprve je deaktivováno relé zapalování a imobilizéru. Tím dochází k vypnutí motoru vozidla. Dále je deaktivováno relé svorky P, po čemž již není možné kontrolovat stav spínačů skříňky. Dalším krokem je deaktivace relé pro vypnutí stěračů a světel a ztišení rádia. Na závěr funkce vypíná napájení obvodů pro kontrolu zařazené rychlosti, nezatažené ruční brzdy a aktivního žhavení motoru. Tím je proces vypnutí dálkově nastartovaného motoru vozidla ukončen.

5.7.10 Obsluha vypnutých stěračů

Pokud je v činnosti vypnutí stěračů, je při každém průchodu hlavní smyčkou řídicího programu vykonána funkce pro obsluhu vypnutých stěračů.

Na začátku obsluhy probíhá kontrola, zda nedošlo k vypnutí zapalování nebo k přepnutí páčky stěračů do pozice vypnuto. Pokud k něčemu z toho došlo, může být vypnutí stěračů vyřazeno z činnosti. Jestliže došlo k vypnutí zapalování, došlo i k vypnutí motoru vozidla, a proto nemá další udržování stěračů ve vypnutém stavu opodstatnění (zapalování je vypnuto, stěrače jsou proto vypnuty). Jestliže došlo k přepnutí páčky stěračů do pozice vypnuto, musí být činnost stěračů opět povolena, aby při následném zapnutí pomocí páčky stěračů došlo aktivací stírání skel vozidla.

Opětovné povolení činnosti stěračů je provedeno deaktivací relé vypnutí stěračů. Pokud motor právě není dálkově nastartován, je navíc deaktivováno relé svorky P, které zůstalo po zanechání motoru v chodu záměrně aktivní (kvůli možnosti kontroly stavu spínačů skříňky), a zhasnuta informační LED, která indikovala aktivní vypnutí stěračů.



Obr. 54: Obsluha vypnutých stěračů

5.7.11 Další funkce zařízení

V této kapitole byly popsány nejdůležitější a nejkomplicovanější části řídicího programu. Kompletní diagram řídicího programu vývojové desky Arduino je k dispozici na přiloženém CD.

5.8 Vývoj aplikace pro OS Android

Z důvodu výpočtu autentizačního kódu každého příkazu je nutné vytvořit aplikaci, která bude uživateli poskytovat snadný způsob jak se zařízením komunikovat. Prosté napsání SMS obsahující autentizační kód, pořadové číslo a samotný příkaz je vzhledem ke složitosti výpočtu autentizačního kódu prakticky nemožné.

Proto jsem se rozhodl vytvořit aplikaci pro mobilní telefon s operačním systémem Android. Cílem aplikace je umožnění intuitivního odesílání jednotlivých příkazů, přičemž SMS budou automaticky doplněny o autentizační data (autentizační kód a pořadové číslo příkazu).

Pro vývoj aplikace bylo využito Android Studio, což je oficiální vývojové prostředí aplikací pro operační systém Android.

5.8.1 Hlavní okno aplikace

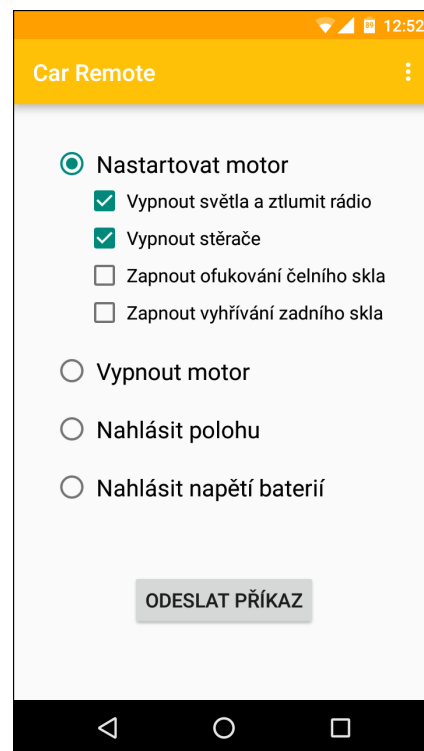
Na hlavním okně aplikace jsou k dispozici nejčastěji používané příkazy. Jedná se o příkazy pro dálkové nastartování motoru vozidla, vypnutí dálkově nastartovaného motoru vozidla, zjištění polohy automobilu a změření napětí baterií (jak autobaterie, tak záložní baterie zařízení). Po otevření aplikace je vždy aktivní příkaz pro dálkové nastartování motoru vozidla, protože se pravděpodobně bude jednat o nejčastěji používanou volbu. Vybraný příkaz tedy není nijak ukládán.

Volba pro dálkové nastartování motoru vozidla může být rozšířena o další příkazy, kterými jsou vypnutí světel a ztišení rádia, vypnutí stěračů, zapnutí ofukování čelního skla a zapnutí vyhřívání zadního skla. Výběr těchto voleb je uchovávan i po zavření a novém otevření aplikace, jelikož výběr těchto voleb se nebude měnit příliš často. První dvě volby budou pravděpodobně aktivní neustále, následující dvě volby budou aktivní po celé zimní období a naopak neaktivní po celé letní období.

Poslední částí hlavního okna aplikace je tlačítko pro odeslání příkazu. Po jeho stisknutí a následném potvrzení dojde k vygenerování textu SMS a jejího odeslání na předem nastavené telefonní číslo.

5.8.2 Odeslání příkazu

Před samotným odesláním příkazu v SMS je potřeba vykonat několik činností. Nejprve je nutné na základě pořadového čísla a označených voleb vygenerovat text SMS, ve kterém prozatím chybí autentizační kód. Následně je na základě vygenero-



Obr. 55: Hlavní okno aplikace

vaného textu vypočítán autentizační kód, který je platný právě pro tento příkaz. Vypočítaný kód je poté přidán k textu zprávy a SMS je odeslána.

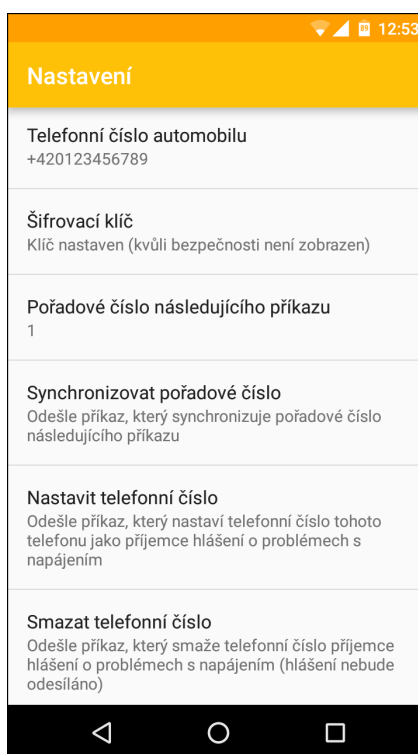
Jak odeslání, tak doručení SMS je kontrolováno a uživatel je o úspěšnosti provedených operací informován krátkým textem v malém vyskakovacím okně, které je po omezenou dobu zobrazeno na displeji mobilního telefonu (tzv. toast).

Pro odeslání příkazu je nezbytné předchozí nastavení telefonního čísla zařízení umístěného v automobilu a nastavení šifrovacího klíče. Oba parametry lze nastavit v nastavení aplikace.

5.8.3 Nastavení aplikace

V nastavení aplikace je možné upravovat telefonní číslo zařízení umístěného ve vozidle, šifrovací klíč používaný pro výpočet autentizačního kódu a pořadové číslo následujícího příkazu. Šifrovací klíč musí být nastaven ve shodě s klíčem, který byl uložen do vývojové desky Arduino při jejím programování. Jinak nebude autentizace odesílatele příkazu úspěšná. Pořadové číslo je ve výchozím stavu nastaveno na 1. Zařízení je před prvním použitím nastavené tak, že akceptuje příkaz s tímto pořadovým číslem (nebo až o tři vyšší). Pokud dojde k nesouladu počítadel nebo chce uživatel pořadové číslo z nějakého důvodu změnit, může být sladění počítadel provedeno pomocí volby synchronizace pořadového čísla. Po potvrzení příkazu dojde k nastavení počítadla zařízení podle počítadla v mobilním telefonu.

Dále lze z obrazovky nastavení aplikace provést nastavení telefonního čísla, na které bude zařízení odesílat hlášení o problémech s napájením. Telefonní číslo nelze zvolit. Uloženo bude telefonní číslo, ze kterého byl příkaz odeslán (tedy telefonní číslo zařízení, na kterém je aplikace právě používána). Zařízení si pamatuje vždy pouze poslední telefonní číslo, ze kterého byl příkaz odeslán. Smazání dříve uloženého telefonního čísla je možné poslední volbou v nastavení aplikace (v tom případě nebudou hlášení o problémech s napájením odesílána).



Obr. 56: Nastavení aplikace

5.8.4 Příjem zpráv ze zařízení

Příjem zpráv, které zařízení odesílá ať už v reakci na obdržení příkaz nebo v souvislosti s problémy s napájením, probíhá standardní aplikací operačního systému Android. Aplikace k příjmu SMS nemá přístup a nijak je tedy neovlivňuje.

5.9 Ověření funkčnosti a sestavení zařízení

Po výběru komponent, návrhu a výrobě desky plošných spojů a naprogramování procesoru vývojové desky Arduino je možné celé zařízení sestavit a ověřit jeho funkčnost.

5.9.1 Ověření funkčnosti

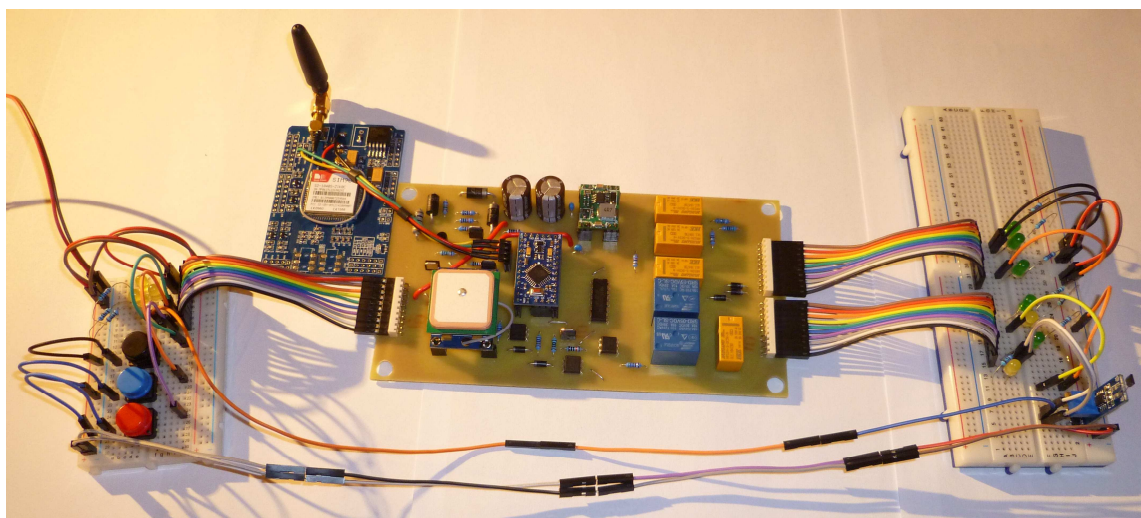
Před samotným sestavením zařízení bylo provedeno ověření funkčnosti všech částí systému. Za tím účelem bylo nutné simulovat veškeré vstupy a zobrazovat stav všech výstupů. Pro testovací účely jsem zvolil propojení s dvěma nepájivými kontaktními poli. Zapojení je zachyceno na následujícím obrázku.

Uprostřed obrázku je navržená deska plošných spojů osazená naprogramovanou vývojovou deskou Arduino, GSP modulem a měničem napětí. GSM modul není osazen přímo na desce plošných spojů, ale je k ní připojen pomocí čtyř vodičů. Po sestavení zařízení bude deska plošných spojů i GSM modul umístěn ve společné plastové konstrukční krabici.

V levé části obrázku se nachází menší z dvojice nepájivých kontaktních polí, které k zařízení připojuje tři LED, tři tlačítka a napájení z laboratorního zdroje. Tlačítka slouží k simulaci stavu ruční brzdy, žhavení motoru a tlačítka zařízení, které bude umístěno v interiéru vozidla. LED slouží k zobrazování stavu výstupů pro ovládání ofukování čelního skla, vyhřívání zadního skla a informační LED, která bude umístěna v tlačítku zařízení.

V pravé části obrázku je větší z dvojice nepájivých kontaktních polí, které obsahuje sedm LED a modul s Hallovou sondou. LED umožňují zobrazení stavu výstupů pro ovládání spínací skříňky, vypnutí stěračů a světel a ztišení rádia. Modul s Hallovou sondou bude nainstalován u řadicí páky a bude určovat její stav.

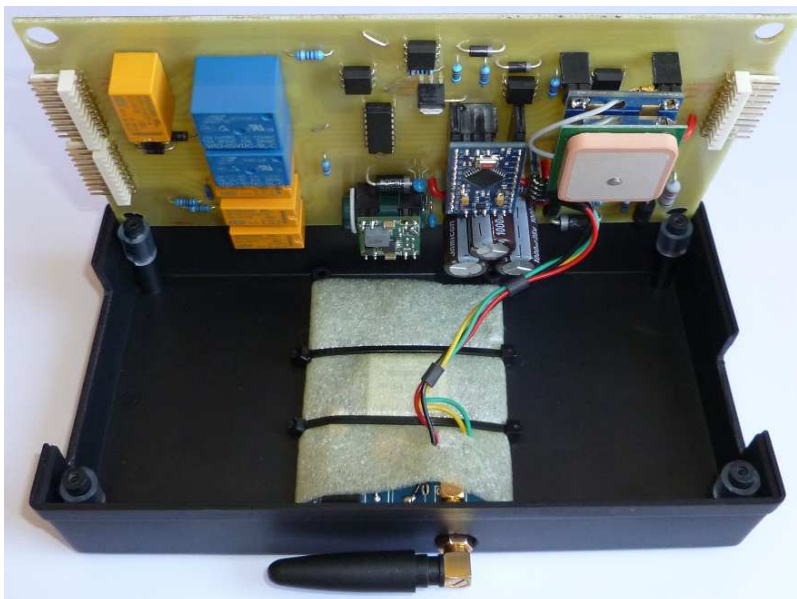
S využitím tohoto zapojení bylo možné otestovat řídicí program Arduina a všechny části navrženého zapojení. Testování neodhalilo žádné chyby. Závěrečné ověření funkčnosti musí být provedeno až v samotném automobilu.



Obr. 57: Testování zařízení

5.9.2 Sestavení zařízení

Po otestování všech částí zařízení byla deska plošných spojů se všemi komponentami umístěna do plastové konstrukční krabičky. Krabička byla nejprve upravena tak, aby bylo možné připojení konektorů k desce plošných spojů a antény ke GSM modulu. Celé zařízení obsahuje tři 10pinové konektory, kterými bude zařízení spojeno s jednotlivými částmi vozidla. Na následujících obrázcích je zachyceno uspořádání komponent uvnitř konstrukční krabičky a také pohled na celé zařízení.



Obr. 58: Uspořádání komponent uvnitř konstrukční krabičky



Obr. 59: Hotové zařízení

5.10 Instalace zařízení do automobilu

Po sestavení celého zařízení je možné provést připojení k palubní síti automobilu, upravit nastavení vozidla a ověřit činnost jednotlivých funkcí.

5.10.1 Zapojení zařízení

Zařízení je k palubní síti vozidla nutné připojit na několika místech. Vzhledem k omezenému prostoru jsem se rozhodl demontovat celou palubní desku vozidla. To umožňuje snadný přístup ke všem potřebným vodičům.

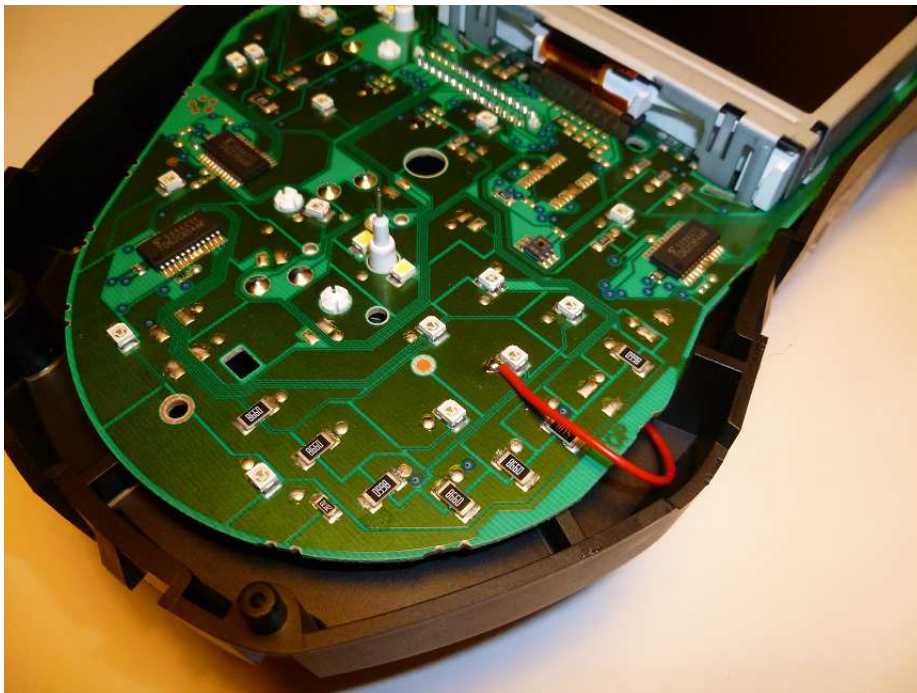


Obr. 60: Demontovaná palubní deska vozidla Škoda Octavia II

Napájení zařízení je přivedeno přes pojistku umístěnou v pojistkovém boxu v přístrojové desce, která je přímo spojená s baterií vozidla. Vodiče pro ovládání zapalování vozidla jsou připojeny přímo ke spínací skříňce a vodiče umožňující vypnutí stěračů přímo k páčce stěračů. Vypnutí světel vozidla je možné připojením vodičů ke spínači světel, ztlumení rádia umožňuje vodič připojený k pinu rádia k tomu určenému.

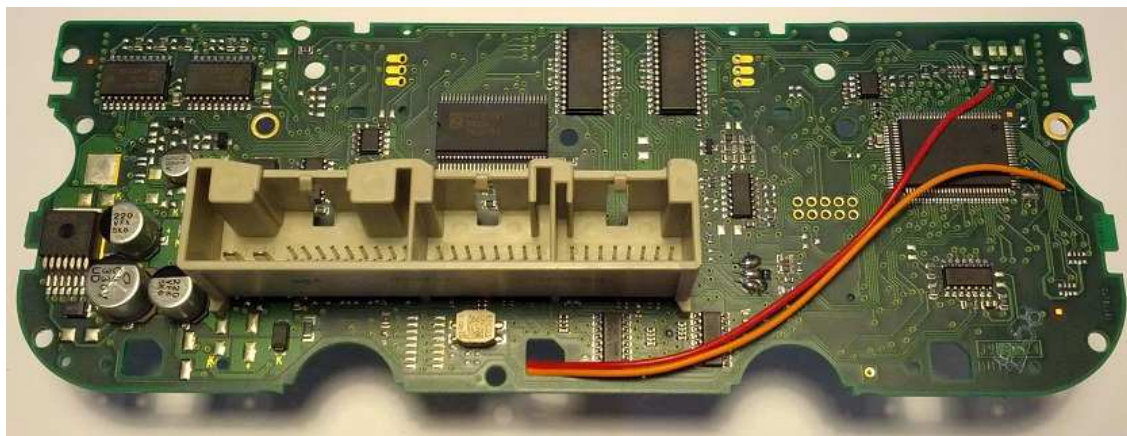
Z předchozího odstavce je patrné, že ovládání jednotlivých funkcí automobilu je zajištěno přímým ovládním jednotlivých spínačů daných funkcí. Zařízení tedy pouze předává pokyny patřičným řídicím jednotkám vozidla, které následně zajistí samotné vykonání daných funkcí.

Detekce nezatažené ruční brzdy a aktivního žhavení motoru je umožněna připojením k přístrojové desce. Přístrojová deska získává informaci o žhavení po sběrnici CAN, takže bylo nezbytné vodiče připojit přímo na kontrolku žhavení. Jiným možným způsobem by bylo připojení na sběrnici CAN, čemuž jsem se ale chtěl vyhnout.



Obr. 61: Připojení ke kontrolce žhavení

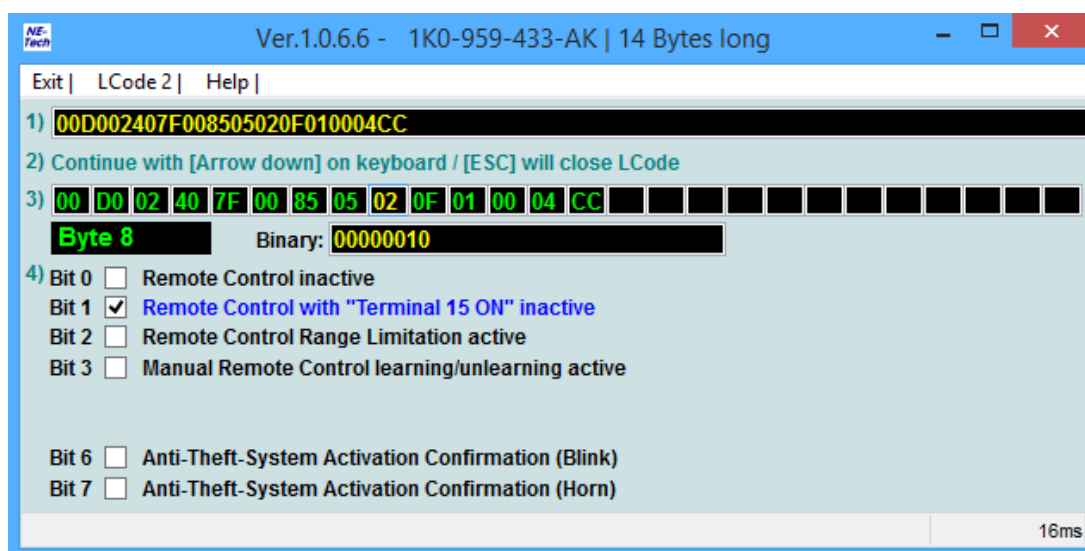
Ovládání ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla umožňuje panel automatické klimatizace. Zařízení je proto připojeno přímo ke vstupům mikroprocesoru tohoto panelu. Tyto vstupy jsou běžně ovládány stiskem náležitých tlačítek v interiéru automobilu. Po aktivaci funkce se panel postará o její bezprostřední aktivaci a po 10 minutách o její automatickou deaktivaci.



Obr. 62: Připojení ke spínačům ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla

5.10.2 Úprava nastavení vozidla

Ve výchozím nastavení je automobil nastaven tak, aby dálkové ovládání vozidla fungovalo pouze při vypnutém zapalování. Pokud by byl motor automobilu dálkově nastartován, nedalo by se vozidlo odemknout dálkovým ovládáním. Odemknutí by tedy bylo možné pouze zasunutím klíče do vložky zámku u kliky dveří a jeho otočením, což není tak praktické. Povolení dálkového ovládání i při zapnutém zapalování je možné změnou nastavení řídicí jednotky komfortní elektroniky. Konkrétně je nutné povolit volbu „Remote Control with "Terminal 15 ON" inactive“. Pro změnu nastavení řídicí jednotky jsem použil speciální diagnostický kabel HEX-USB+CAN Interface a software VCDS. Jedná se o diagnostický kabel a software určený pro vozidla automobilek patřících do koncernu Volkswagen Group, mezi které patří i automobilka Škoda Auto. (Štěrba, 2004, s. 142)



Obr. 63: Změna nastavení řídicí jednotky komfortní elektroniky

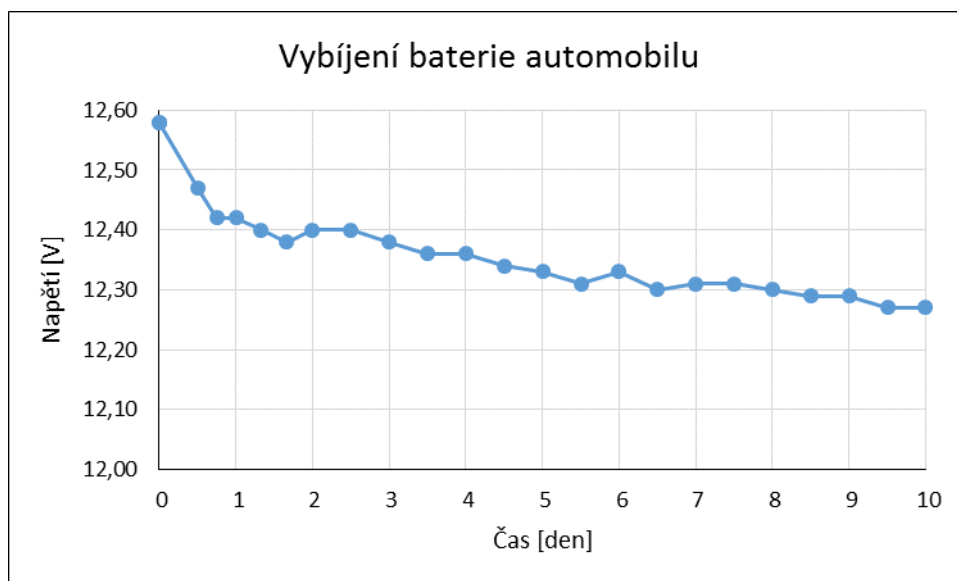
5.10.3 Ověření funkčnosti systému

Po připojení zařízení k palubní síti vozidla bylo možné vyzkoušet ovládání všech zamýšlených funkcí vozidla. Ověření potvrdilo výsledky předchozího testování. Zařízení umožňuje ovládat všechny funkce automobilu Škoda Octavia II, pro které bylo sestrojeno.

5.10.4 Vliv na vybíjení autobaterie

Důležitým požadavkem na zařízení byla malá spotřeba elektrické energie. Celé zařízení v pohotovostním režimu odebírá při napětí 12 V proud 16,2 mA. Vzhledem k tomu, že je zařízení neustále připojeno k síti GSM, je to výsledek, který považuji za velmi dobrý. Nicméně samotný automobil odebírá proud jen přibližně 8 mA (po přechodu všech řídicích jednotek vozidla do úsporného režimu), zařízení tedy zkrátí nejdelší možnou dobu odstavení vozidla přibližně na třetinu.

Abych vyloučil možné problémy s vybíjením autobaterie, provedl jsem odstavení vozidla se zapojeným zařízením na dobu 10 dní, přičemž jsem alespoň 2× denně posílal příkaz pro změření napětí baterií. Po dobu měření došlo k přijetí 23 SMS a k odeslání 23 SMS, což spotřebu elektrické energie ještě zvýšilo. Běžně by tedy docházelo k mírně menšímu vybíjení autobaterie. V grafu je znázorněn pokles napětí autobaterie při odstavení vozidla. Pokles napětí na začátku měření je způsoben postupným ustálením hodnot po ukončení nabíjení baterie (měření bylo zahájeno 30 minut po ukončení jízdy dlouhé 100 km). Výsledek měření považuji za dobrý, autobaterie by měla mít dostatek energie na přibližně 3týdenní odstavení vozidla (pro měření byla použita 77Ah autobaterie stará 3 roky).



Obr. 64: Vybíjení baterie automobilu

6 Možnosti využití

Hlavními funkcemi zařízení jsou dálkové nastartování motoru automobilu Škoda Octavia II a zaměření jeho polohy pomocí systému GPS. Dále zařízení umožňuje zpožděné vypnutí motoru vozidla a změření napětí autobaterie.

Dálkové nastartování motoru vozidla může být využíváno za účelem připravení příjemných klimatických podmínek ve vozidle. Tedy v letním období k vychlazení interiéru a v zimním období k rozmrazení skel a vyhřátí interiéru. Dále může být funkce dálkového nastartování motoru automobilu použita v případě dlouhodobého odstavení vozidla za účelem dobití baterie automobilu.

Další funkcí zařízení je umožnění zpožděného vypnutí motoru automobilu za účelem dochlazení motoru a turbodmychadla. Tato funkce může být využita po rychlé jízdě na dálnici, po které by při okamžitém vypnutí motoru mohlo dojít ke snížení životnosti turbodmychadla.

Zařízení dále umožňuje lokalizaci automobilu pomocí systému GPS. V případě potřeby zařízení provede určení pozice vozidla a zaslání zeměpisných souřadnic, na kterých se automobil právě nachází. Této funkce může být využito především při odcizení vozidla.

Ovládání zařízení probíhá pomocí SMS. Dosah ovládání tedy prakticky není nijak omezen. Funkce pro určení polohy vozidla proto může být využita i při odcizení vozidla a jeho přemístění do zahraničí.

Součástí zařízení je i záložní baterie, která umožňuje provoz zařízení i po odpojení autobaterie. Stav autobaterie je periodicky kontrolován a v případě jejího odpojení nebo nadměrného vybití je o této skutečnosti uživatel informován. Při odcizení vozidla a odpojení autobaterie je tedy určení polohy automobilu stále možné.

7 Závěr

Cílem této práce byl návrh a realizace zařízení umožňující dálkové nastartování motoru automobilu, návrh komunikačního protokolu pro zasílání příkazů z mobilního telefonu a vývoj aplikace pro OS Android, která poskytuje snadný způsob komunikace se zařízením. Tento záměr byl splněn.

Provedl jsem analýzu existujících zařízení, která umožňují dálkové nastartování motoru vozidla a vypracoval jejich porovnání. Seznámil jsem se s možnostmi dálkového nastartování motoru vozidla a možnostmi ovládání dalších funkcí automobilu. Dále jsem se seznámil s různými verzemi vývojové desky Arduino a pro realizaci zařízení vybral vhodnou z nich. Provedl jsem návrh a realizaci zařízení, které umožňuje ovládání všech zamýšlených funkcí vozidla včetně dálkového nastartování motoru automobilu. Dále zařízení umožňuje zaměření polohy vozidla pomocí systému GPS a sledování napětí autobaterie. Součástí řešení je i aplikace pro OS Android, která zajišťuje autentizaci uživatele a umožňuje jednoduché ovládání zařízení. Celý systém byl otestován nejprve simulací reálného provozu a poté i v samotném automobilu. Žádný z testů neodhalil problémy.

Práce rozšířila mé znalosti především v oblastech tvorby elektrických zapojení, návrhu desek plošných spojů a programování mikropočítačů Arduino.

Možným vylepšením zařízení by mohlo být nahrazení záložní nedobíjecí baterie akumulátorem, který by se při běžícím motoru dobíjel. Dále by mohlo být zařízení připojeno k externím anténám umístěným např. na střeše vozidla, které by vylepšily příjem signálu sítě GSM a systému GPS. Zařízení by také mohlo být rozšířeno o možnost automatického nastartování motoru automobilu v předem nastavené časy.

8 Literatura

- Arduino – ArduinoBoardDue* [online]. ©2016 [cit. 30. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDue>
- Arduino – ArduinoBoardLeonardo* [online]. ©2016 [cit. 30. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLeonardo>
- Arduino – ArduinoBoardMega2560* [online]. ©2016 [cit. 30. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- Arduino – ArduinoBoardMicro* [online]. ©2016 [cit. 30. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMicro>
- Arduino – ArduinoBoardNano* [online]. ©2016 [cit. 30. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>
- Arduino – ArduinoBoardProMini* [online]. ©2016 [cit. 30. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini>
- Arduino – ArduinoBoardUno* [online]. ©2016 [cit. 30. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- Arduino – ArduinoEthernetShield* [online]. ©2016 [cit. 31. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>
- Arduino – ArduinoGSMShield* [online]. ©2016 [cit. 31. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield>
- Arduino – ArduinoMotorShieldR3* [online]. ©2016 [cit. 31. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoMotorShieldR3>
- Arduino Pro Mini – AliExpress* [online]. ©2015 [cit. 5. 4. 2016]. Dostupný z: <http://www.aliexpress.com/snapshot/6983329384.html?orderId=69912850752261>
- Arduino Relay Shield – Seeed Studio* [online]. ©2016 [cit. 5. 4. 2016]. Dostupný z: http://www.seeedstudio.com/wiki/Relay_Shield_V2.0
- Arduino Ublox GPS – Instructables* [online]. ©2016 [cit. 31. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.instructables.com/id/Arduino-Ublox-GPS>
- CP2102 USB to TTL Module with DTR pin – Elementz Engineers* [online]. ©2016 [cit. 31. 3. 2016]. Dostupný z: <http://elementzonline.com/cp2102-usb-to-ttl-module-with-dtr-pin-can-work-as-arduino-programmer--80>
- DC-DC Converter MP1584 – eBay* [online]. ©2016 [cit. 7. 4. 2016]. Dostupný z: <http://www.ebay.com/itm/Mini-3A-DC-DC-Converter-Adjustable-Step-down-Power-Supply-Module-replace-LM2596s-/381374427427>
- DI NATALE, M. *Understanding and using the controller area network communication protocol*. 1. vyd. New York: Springer, 2012. 226 s. ISBN 978-1-4614-0313-5.
- GSM Shield SIM900 – AliExpress* [online]. ©2015 [cit. 6. 4. 2016]. Dostupný z: <http://www.aliexpress.com/snapshot/6947694259.html?orderId=69617797422261>

- GPS module NEO-6M – AliExpress* [online]. ©2015 [cit. 7. 4. 2016]. Dostupný z: <http://www.aliexpress.com/snapshot/7135785512.html?orderId=71191627912261>
- iKey SE544start – E-autodoplňky* [online]. ©2016 [cit. 26. 3. 2016]. Dostupný z: <http://e-autodoplňky.cz/dvojcestne-autoalarmy/5086-gps-gsm-car-autoalarm-s-dalkovym-startem-8595128280905.html>
- J-alarm MDS – J-alarm Praha* [online]. ©2015 [cit. 26. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.jweb.cz/modul%20dalkoveho%20startu.html>
- K-1903 LK020 LT468 – Levné Alarmy* [online]. ©2015 [cit. 26. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.levnealarmy.cz/eshop/komfortni-prvky/dalkova-ovladani/privesek-ke-klicum/dalkove-ovladani-lk020-lt468.html>
- Keetec BM8000 – Levné Alarmy* [online]. ©2015 [cit. 26. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.levnealarmy.cz/eshop/zabezpeceni-vozidel/autoalarmy/moduly-pro-autoalarmy/bypass-modul-bm8000.html>
- Magicar M 880 AS – Magicar Security* [online]. ©2015 [cit. 23. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.magicar.cz/dvoucestne-autoalarmy/110-magicar-m-880-as.html>
- NOBLE, J. J. *Programming interactivity: a designer's guide to processing, Arduino, and openFrameworks*. 1. vyd. Sebastopol, CA: O'Reilly, 2009. 712 s. ISBN 978-0-596-15414-1.
- SPY CAR SPY13 – Autodoplňky FRO* [online]. ©2016 [cit. 25. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.autodoplňkyfro.cz/autoalarmy-mechzamykn-klasick-autoalarmy/29374-spy-car-autoalarm-s-dlkovm-startem.html>
- ŠKODA AUTO. *Dílenská učební pomůcka 54: Škoda Octavia II – Elektrické komponenty*. 1. vyd. 2004. 52 s. S00.2003.54.15.
- ŠTĚRBA, P. *Elektrotechnika a elektronika automobilů*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2004. 182 s. ISBN 80-251-0211-4.
- TytanGPS DS 512 – TytanGPS* [online]. ©2013 [cit. 26. 3. 2016]. Dostupný z: <http://www.tytangps.com/en/products/ds512-en/41-ds-512-opis.html>
- VODA, Z., TÝM HW KITCHEN. *Průvodce světem Arduina*. 1. vyd. Bučovice: Martin Stříž, 2015. 240 s. ISBN 978-80-87106-90-7.
- WARREN, J. D., J. ADAMS, H. MOLLE. *Arduino robotics*. 1. vyd. New York: Apress, 2011. 628 s. ISBN 978-1-4302-3183-7.

9 Seznam obrázků

Obr. 1: Dálkový ovladač Magicar M 880 AS.....	13
Obr. 2: Dálkový ovladač SPY CAR SPY13.....	14
Obr. 3: Dálkový ovladač iKey SE544start.....	15
Obr. 4: Řídící jednotka TytanGPS DS 512.....	16
Obr. 5: Bypass modul Keetec BM8000.....	16
Obr. 6: Arduino Uno	17
Obr. 7: Arduino Leonardo	18
Obr. 8: Arduino Mega 2560	18
Obr. 9: Arduino Due.....	19
Obr. 10: Arduino Micro	19
Obr. 11: Arduino Nano	20
Obr. 12: Arduino Pro Mini.....	20
Obr. 13: Převodník USB na UART	21
Obr. 14: Arduino Ethernet Shield.....	21
Obr. 15: Arduino Motor Shield.....	22
Obr. 16: Arduino GSM Shield	22
Obr. 17: GPS modul Ublox NEO-6M.....	23
Obr. 18: Arduino Relay Shield	23
Obr. 19: Celkový diagram systému.....	31
Obr. 20: GSM Shield SIM900	34
Obr. 21: Měníč napětí MP1584	36
Obr. 22: Účinnost měniče napětí MP1584.....	37
Obr. 23: Relé SRD-05VDC-SL-C.....	37
Obr. 24: Relé HRS2H-S-DC5V-N.....	37
Obr. 25: Modul s Hallovou sondou A3144.....	38
Obr. 26: Schéma filtrování napájení před měničem, připojení záložní baterie a měření napětí baterií.....	39
Obr. 27: Schéma filtrování napájení za měničem	40
Obr. 28: Schéma zapojení GSM modulu.....	41
Obr. 29: Shéma zapojení GPS modulu	41
Obr. 30: Schéma detekce stavu řadicí páky, ruční brzdy a žhavení.....	42
Obr. 31: Schéma spínací skříňky vozidla Škoda Octavia II.....	43
Obr. 32: Schéma ovládání spínací skříňky.....	44

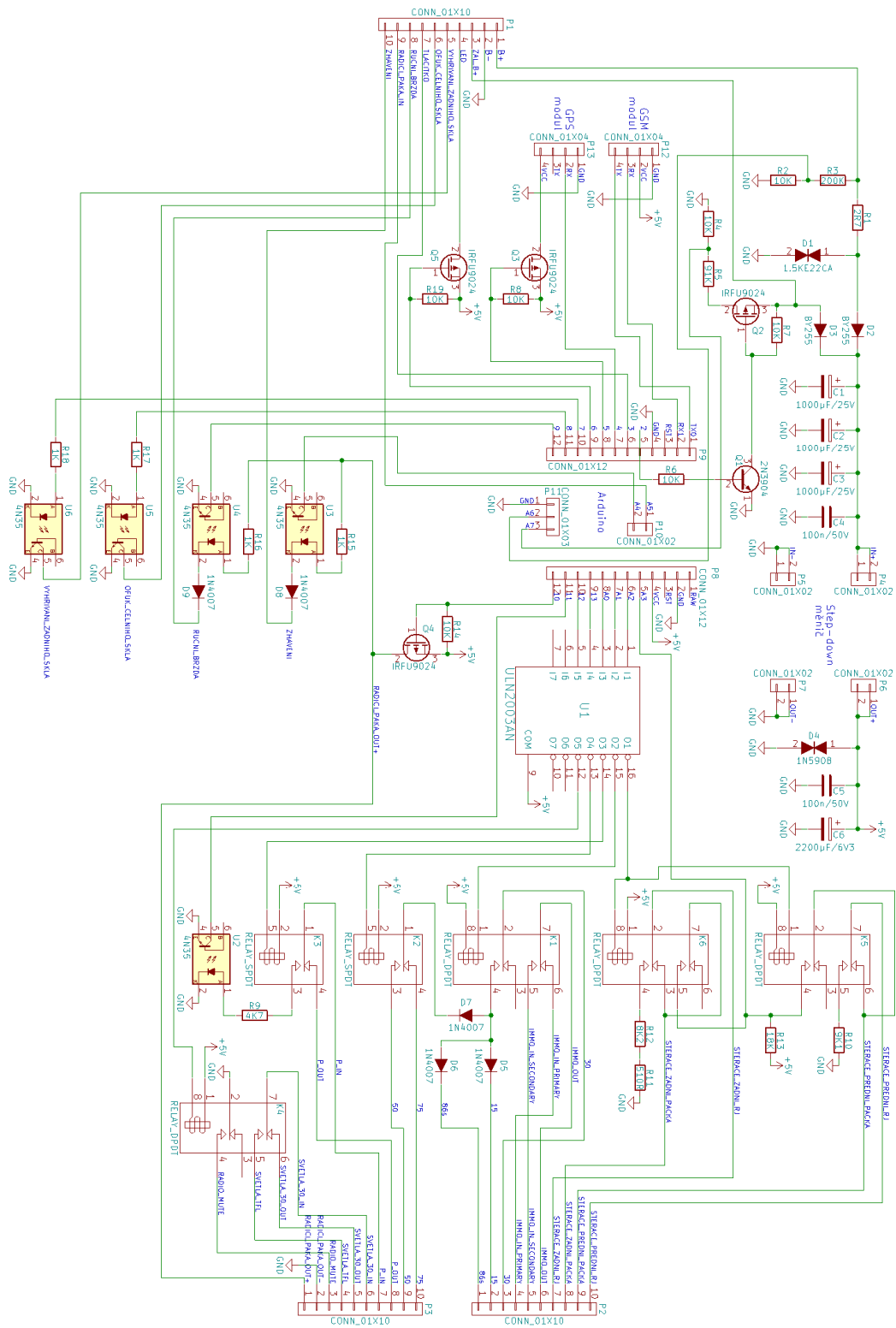
Obr. 33: Schéma spínače světel vozidla Škoda Octavia II	45
Obr. 34: Schéma ovládání vypnutí světel a ztišení autorádia	45
Obr. 35: Schéma páčky stěračů vozidla Škoda Octavia II.....	46
Obr. 36: Schéma ovládání vypnutí stěračů	47
Obr. 37: Schéma ovládání ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla	47
Obr. 38: Schéma tlačítka systému start-stop vozidla Škoda Octavia II.....	48
Obr. 39: Schéma zapojení tlačítka s informační LED	48
Obr. 40: Navržená deska plošných spojů	49
Obr. 41: Vyrobená deska plošných spojů	50
Obr. 42: Osazená deska plošných spojů.....	50
Obr. 43: Základ programu	53
Obr. 44: Inicializace systému	54
Obr. 45: Hlavní smyčka programu	55
Obr. 46: Kontrola napětí autobaterie.....	56
Obr. 47: Obsluha příchozí SMS.....	57
Obr. 48: Obsluha stisknutí tlačítka.....	57
Obr. 49: Zpracování příkazu.....	58
Obr. 50: Dálkové nastartování motoru	59
Obr. 51: Nastartování motoru	60
Obr. 52: Obsluha dálkově nastartovaného motoru	61
Obr. 53: Zanechání nastartovaného motoru	61
Obr. 54: Obsluha vypnutých stěračů.....	62
Obr. 55: Hlavní okno aplikace.....	63
Obr. 56: Nastavení aplikace	64
Obr. 57: Testování zařízení.....	65
Obr. 58: Uspořádání komponent uvnitř konstrukční krabičky	66
Obr. 59: Hotové zařízení	66
Obr. 60: Demontovaná palubní deska vozidla Škoda Octavia II.....	67
Obr. 61: Připojení ke kontrolce žhavení.....	68
Obr. 62: Připojení ke spínačům ofukování čelního skla a vyhřívání zadního skla... 68	
Obr. 63: Změna nastavení řídicí jednotky komfortní elektroniky.....	69
Obr. 64: Vybíjení baterie automobilu	70

10 Seznam tabulek

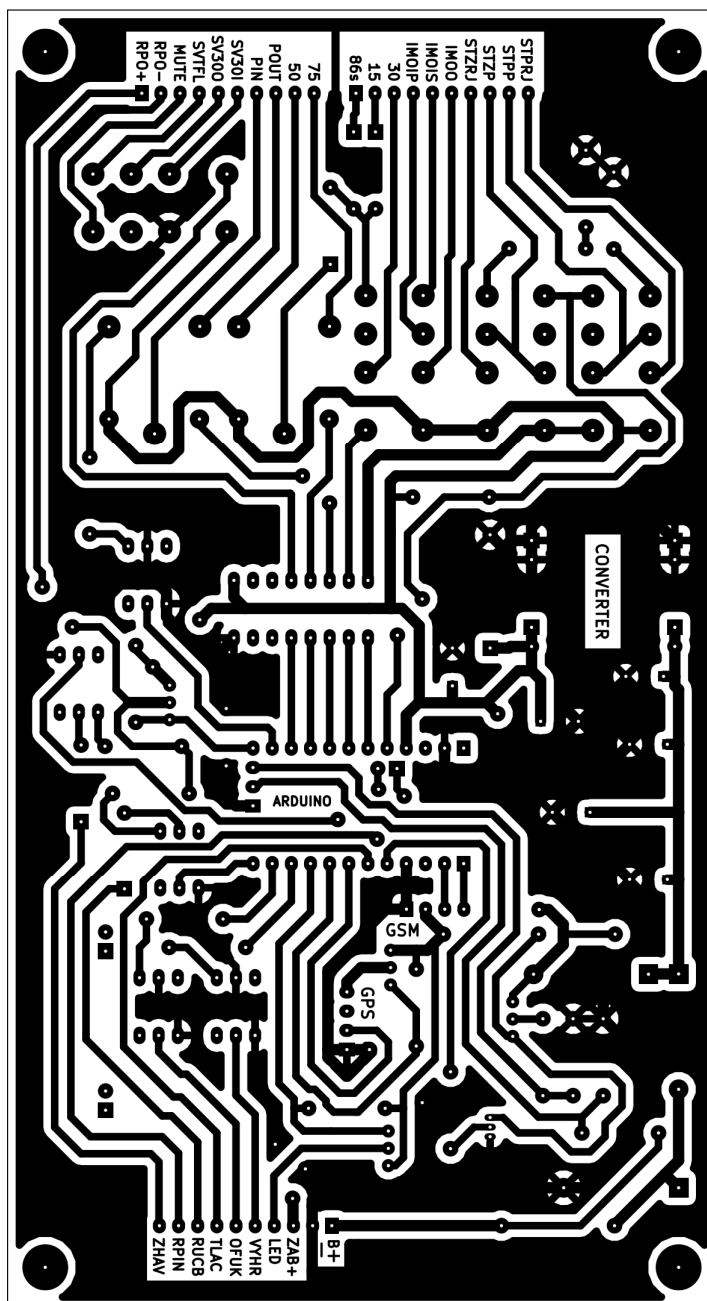
Tab. 1: Analýza zařízení umožňujících vzdálené nastartování automobilu	26
Tab. 2: Spotřeba elektrické energie Arduina Pro Mini	33
Tab. 3: Spotřeba elektrické energie GSM Shieldu SIM900	35

Přílohy

A Elektrické schéma zařízení



B Deska plošných spojů zařízení



C Seznam součástek zařízení a jejich ceny

Zboží	Počet	Cena za ks	Cena celkem
Jednostranná deska plošných spojů 172×94mm	1	247,00 Kč	247,00 Kč
Arduino Pro Mini 5V/16MHz	1	37,38 Kč	37,38 Kč
Modul s měničem napětí MP1584	1	24,34 Kč	24,34 Kč
Rezistor SMD 39K 0,25W 1%	1	1,30 Kč	1,30 Kč
Rezistor SMD 220K 0,25W 1%	1	1,30 Kč	1,30 Kč
GSM Shield SIM900	1	388,75 Kč	388,75 Kč
GPS modul GY-NEO6MV2	1	288,43 Kč	288,43 Kč
Modul s Hallovou sondou A3144	1	20,66 Kč	20,66 Kč
Neodymový magnet na řadicí páku Ø6×8mm	2	19,43 Kč	38,86 Kč
Kondenzátor elektrolytický 1000uF/25V Low ESR	3	8,40 Kč	25,20 Kč
Kondenzátor elektrolytický 2200uF/6V3 Low ESR	1	9,50 Kč	9,50 Kč
Kondenzátor keramický 100nF/50V	2	2,60 Kč	5,20 Kč
Transil bipolární 1.5KE22CA	1	10,00 Kč	10,00 Kč
Transil unipolární 1N5908	1	12,00 Kč	12,00 Kč
Dioda BY255	2	2,00 Kč	4,00 Kč
Dioda 1N4007	5	0,78 Kč	3,90 Kč
Bipolární tranzistor 2N3904	1	0,99 Kč	0,99 Kč
Unipolární tranzistor IRFU9024	4	14,00 Kč	56,00 Kč
Optočlen EL4N35	5	2,21 Kč	11,05 Kč
Tranzistorové pole ULN2003A	1	11,56 Kč	11,56 Kč
Relé SRD-05VDC-SL-C	2	9,84 Kč	19,68 Kč
Relé HRS2H-S-DC5V-N	4	21,88 Kč	87,52 Kč
Rezistor 2R7 2W 5%	1	3,90 Kč	3,90 Kč
Rezistor 10K 0,6W 0,1%	2	6,50 Kč	13,00 Kč
Rezistor 91K 0,6W 0,1%	1	7,10 Kč	7,10 Kč
Rezistor 200K 0,6W 0,1%	1	7,10 Kč	7,10 Kč
Rezistor 510R 0,6W 1%	1	2,60 Kč	2,60 Kč
Rezistor 1K 0,6W 1%	4	2,60 Kč	10,40 Kč
Rezistor 4K7 0,6W 1%	1	2,60 Kč	2,60 Kč
Rezistor 8K2 0,6W 1%	1	2,60 Kč	2,60 Kč
Rezistor 9K1 0,6W 1%	1	2,60 Kč	2,60 Kč
Rezistor 10K 0,6W 1%	5	2,60 Kč	13,00 Kč
Rezistor 18K 0,6W 1%	1	2,60 Kč	2,60 Kč
Oboustranný kolík S1G20	3	3,40 Kč	10,20 Kč
Dutinková lišta BL820G	3	7,80 Kč	23,40 Kč
Konektor se zámkem PSH02-10WG	3	4,70 Kč	14,10 Kč
Konektor se zámkem PFH02-10P	3	2,50 Kč	7,50 Kč

Zboží	Počet	Cena za ks	Cena celkem
Konektor se zámkem PSH02-03WG	1	1,90 Kč	1,90 Kč
Konektor se zámkem PFH02-03P	1	1,50 Kč	1,50 Kč
Kontakt PFF02-01FG	33	0,79 Kč	26,07 Kč
Krabička plastová KP52 U	1	75,00 Kč	75,00 Kč
Držák baterie 6×AA A306362	1	15,00 Kč	15,00 Kč
Napájecí konektor pro 9V baterii 006-PI	1	8,30 Kč	8,30 Kč
Pojistkové pouzdro na kabel KH726	1	10,00 Kč	10,00 Kč
Pojistka trubičková T 1A 5x20	1	3,70 Kč	3,70 Kč
Autopojistka mini 3A	1	3,70 Kč	3,70 Kč
Cívka imobilizéru	1	200,00 Kč	200,00 Kč
		Součet	1 772,49 Kč

D Popis příkazů komunikačního protokolu

Po vykonání jakéhokoliv příkazu zařízení zasílá SMS s informacemi o provedené akci. SMS je zaslána na telefonní číslo, ze kterého byl příkaz odeslán. Pokud je autentizační kód nebo pořadové číslo příkazu chybné, je příchozí SMS ignorována.

Nastartování motoru

```
<hmac>,<id>,start [,lightsOffRadioMute][,wipersOff]  
[,windshieldHeating][,rearWindowHeating]
```

Příkaz pro provedení dálkového nastartování motoru automobilu. Předpokladem pro úspěšné vykonání příkazu je dostatečné napětí autobaterie, neběžící motor, nezařazená rychlost, zatažená ruční brzda a vypnuté zapalování. Po dobu přípravy před samotným nastartováním motoru bliká tlačítko zařízení umístěné v interiéru vozidla. Po úspěšném nastartování tlačítko nepřerušovaně svítí, jinak zhasne.

Samotné nastartování motoru vozidla může být doplněno o další povely. Těmito povely jsou vypnutí světel a ztišení autorádia, vypnutí stěračů, zapnutí ofukování čelního skla a zapnutí vyhřívání zadního skla.

Vypnutí světel a ztišení autorádia i vypnutí stěračů je provedeno ještě před startováním motoru vozidla. Vypnutí světel a ztišení autorádia je aktivní po dobu, kdy motor běží na základě zařízení. Ve chvíli otočení klíčku ve spínací skříňce je tato funkce okamžitě deaktivována. Vypnutí stěračů zůstává aktivní i po otočení klíčku ve spínací skříňce a je aktivní až do vypnutí stěračů pomocí páčky stěračů nebo do vypnutí motoru automobilu. Vypnutí stěračů lze deaktivovat i stiskem tlačítka zařízení v interiéru vozidla. Toto tlačítko po dobu aktivního vypnutí stěračů slabě svítí.

Zapnutí ofukování čelního skla a zapnutí vyhřívání zadního skla je provedeno až po úspěšném nastartování motoru vozidla a není zařízením dále řízeno. Obě funkce jsou řízeny panelem automatické klimatizace, který je po 10 minutách provozu automaticky vypne.

Dálkově nastartovaný motor automobilu zůstává v chodu po neomezeně dlouhou dobu. Jeho vypnutí je možné provést otočením klíčku v zapalování (zapnutím a následným vypnutím zapalování), stisknutím tlačítka zařízení v interiéru vozidla nebo odesláním příkazu pro vypnutí motoru.

Vypnutí motoru

```
<hmac>,<id>,stop
```

Příkaz pro provedení dálkového vypnutí motoru automobilu je možné provést pouze v případě, že je motor automobilu dálkově nastartován. Motor tedy nelze vypnout, pokud je klíčkem zapnuto zapalování. Tím je dosaženo větší bezpečnosti, protože při zapnutém zapalování zařízení nemá možnost vypnout motor vozidla a tím potenciálně způsobit nehodu (např. kvůli zhasnutí světel při jízdě v noci).

Nahlášení polohy

`<hmac>,<id>,location`

Po přijetí příkazu pro nahlášení polohy automobilu zařízení okamžitě zapíná GPS modul a začíná zaměřovat polohu vozidla. Zaměřování může trvat až 3 minuty. Pokud je vozidlo zaměřeno po dobu 7 sekund, je zaměřování okamžitě ukončeno.

Nahlášení napětí baterií

`<hmac>,<id>,voltage`

Po přijetí příkazu pro nahlášení napětí baterií zařízení provede nejprve změření napětí autobaterie a poté změření napětí záložní baterie zařízení.

Nastavení telefonního čísla

`<hmac>,<id>,setTelephoneNumber`

Po přijetí příkazu pro nastavení telefonního čísla provede zařízení uložení telefonního čísla, ze kterého byl příkaz odeslán. Na toto telefonní číslo budou odesílána hlášení o problémech s napájením. Pokud napětí autobaterie klesne pod 12 V, je odesláno varování o nízkém napětí autobaterie. Pokud napětí autobaterie klesne pod 10 V, je odesláno varování o přepnutí na napájení ze záložní baterie. Stav záložní baterie není z důvodu prodloužení její životnosti automaticky kontrolován. Její kontrola může být provedena odesláním příkazu pro nahlášení napětí baterií.

Telefonní číslo je uloženo do paměti EEPROM, takže si ho zařízení pamatuje i po ztrátě napájení. Pokud v minulosti už bylo nějaké telefonní číslo do zařízení uloženo, bude přepsáno.

Smazání telefonního čísla

`<hmac>,<id>,delTelephoneNumber`

Po přijetí příkazu pro smazání telefonního čísla provede zařízení smazání dříve uloženého telefonního čísla. Od této chvíle nebudou odesílána hlášení o problémech s napájením.

Synchronizace pořadového čísla

`<hmac>,<id>,synchronize`

Po přijetí příkazu pro synchronizaci pořadového čísla následujícího příkazu provede zařízení nastavení příslušného počítadla. V tomto případě není kontrolováno pořadové číslo příkazu, proto je možné synchronizaci provést i při nesouladu pořadových čísel. Kvůli možnému zneužití zařízení je synchronizaci nutné potvrdit stiskem tlačítka zařízení v interiéru vozidla do 3 sekund od přijetí příkazu.