



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Bc. Lukáš Famfulík

ID: 78470

Ročník: 2

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Modul pro sledování mobilních objektů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Proveďte analýzu stávající jednotky pro sledování mobilních objektů NCL07. Popište jednotlivé funkce, vstupy a výstupy. Na základě analýzy navrhnete, které bloky, vstupy a výstup je možno vyloučit nebo změnit.

Navrhnete zapojení inovovaného modulu pro sledování objektů a sestavte layout DPS. Navrhnete způsob měření a testování odběru proudu, citlivosti a rychlosti zachycení polohy přijímačem GPS, citlivosti a přesnosti akcelerometru a vlivu rušení procesorové části na ostatní subsystémy. Sestavte prototyp modulu a proveďte měření parametrů. Srovnajte výsledky testů nové i stávající jednotky včetně srovnání s konkurenčními produkty.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] KAPLAN, E. D., HEGARTY, Ch. J. Understanding GPS principles and applications. Norwood: Artech House, 2006.

[2] GLEASON, S., GEBRE-EGZIABHER, D. GNSS Applications and Methods. Norwood: Artech House, 2009.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 20.5.2011

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Šebesta, Ph.D.

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Modul pro sledování mobilních objektů jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji odbornému vedoucímu diplomové práce Ing. Romanu Němcovi a pedagogickému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Šebestovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

Abstrakt

Cílem diplomové práce je provést inovaci jednotky NCL07 firmy NAM system a.s.. Výsledná jednotka by měla mít lepší parametry a menší rozměry. Měla by být srovnatelná funkcemi i rozměry s obdobnými přístroji na trhu.

V úvodní části projektu budou popsány funkce a jednotlivé obvody jednotky NCL07. Dále bude provedena analýza s cílem navrhnout úpravy vedoucí ke zmenšení rozměrů DPS a zlepšení dalších parametrů jednotky vč. návrhů na SW zlepšení. Teoretická část práce bude zaměřena na výběr hlavních měřených veličin a metody ověřování přesnosti měření. Také zde budou popsány teoretické základy použité v dalších částech práce. V praktické části bude uveden postup návrhu inovované jednotky. Na závěr budou provedena měření inovované jednotky a výsledky porovnány s konkurenčními projekty.

Klíčová slova

Sledování polohy, GPS přijímač, GPRS modem, měření zrychlení

Abstract

The aim of this thesis is to innovate NCL 07 unit made by NAM system a.s. The new device is intended to have improved parameters and diminished dimensions. It should be fully comparable to similar products on market.

In the first part there are described features and individual circuits of NCL07 unit. Further there is done an analysis to suggest modifications leading to reduce proportions of DPS and to enhance other parameters including SW design improvement. Theoretical part deals with selection of main measured values and methods of verification of measurement accuracy. There is also described theoretical basis used in the oncoming sections of the thesis. In the practical part there are presented procedures of designs of innovated product. In the conclusion there will be made testing of new unit and results will be compared to competitive commodities.

Key words

Tracking objects, GPS receiver, GPRS modem, akceleration measure

Bibliografická citace

FAMFULÍK, L. Modul pro sledování mobilních objektů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2011. 56 s., 5 s. příloh. Diplomová práce. Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Šebesta, Ph.D.

Obsah

1	Charakteristika jednotky NCL07	8
1.1	Základní funkce	8
1.2	Napájecí blok	9
1.3	Hlavní MCU a podpůrné obvody	9
1.3.1	Podpůrné obvody	9
1.4	VF obvody	10
1.5	Vstupní a výstupní rozhraní	10
2	Vstupní analýza jednotek NCL	11
2.1	Napájecí část zařízení	11
2.2	Hlavní MCU	12
2.3	Vnější rozhraní	12
2.3.1	Měření zrychlení	13
2.3.2	Měření teploty	13
2.4	GPS přijímač A1080	14
2.5	GSM modul SIM300	14
2.6	GPS, GSM antény	15
2.7	Analýza NCL09	15
2.7.1	GSM modul SIM900	17
2.8	Návrhy na inovaci jednotky	18
2.8.1	Automobilová jednotka	19
2.8.2	Zálohovaná varianta	19
2.8.3	Přenosná osobní jednotka	20
2.9	Dílčí závěr	20
3	Teorie měření veličin	22
3.1	Chyby měření a nejistota měření	22
3.1.1	Statistické zpracování	22
3.2	Měření zrychlení a kalibrace s využitím kvaternionů	24
3.2.1	Eulerovy úhly	24
3.2.2	Metoda směrových kosinů	25
3.2.3	Výpočet úhlů natočení	28
3.2.4	Kalibrace akcelerometru	29
4	Měření parametrů jednotky	30
4.1	Laboratorní měření	30
4.1.1	Měření proudového odběru	30
4.1.2	Měření EM rušení	32
4.1.3	Měření parametrů GPS	35
4.1.4	Měření parametrů akcelerometru	37
4.2	Měření v provozu	39
4.2.1	Měřicí systém pro sběr dat	39
4.2.2	Akcelerometr LIS3DH	40

4.2.3	Měření zrychlení v autě	40
4.2.4	Zpracování měření	41
5	Návrh inovované jednotky	43
5.1	Napájecí obvody	43
5.1.1	DC/DC měnič	43
5.1.2	Odpojovací obvod GSM modulu	44
5.1.3	Zálohovací akumulátor	45
5.2	Podpůrné obvody	46
5.2.1	Akcelerometr	46
5.2.2	GPS	46
5.2.3	GSM modul	47
5.2.4	Antény	48
5.2.5	Přehled parametrů obvodů	49
5.3	Konstrukční řešení	49
6	Návrh plošného spoje inovovaného modulu	51
6.1	Teorie návrhu DPS	51
6.1.1	Návrh VF spojů	51
6.1.2	Základní pravidla návrhu DPS	52
6.2	Konstrukční požadavky	53
6.2.1	Technologické požadavky výroby	54
6.2.2	Příprava pro výrobu	54
7	Porovnání s konkurenčními produkty	55
8	Závěr	56

Seznam obrázků

1	Jednotka NCL se záložní baterií	8
2	Blokové schéma NCL07	11
3	Superkapacitory	12
4	Akcelerometr MAA7260	13
5	GPS přijímač A1080	14
6	GSM modul SIM300D	15
7	Blokové schéma NCL09	16
8	GSM modul SIM900	17
9	Hustota normálního rozdělení pravděpodobnosti	24
10	Eulerovy úhly[19]	25
11	Rotace pohyblivé souřadnicové soustavy vzhledem k pevné souřadnicové soustavě[19]	27
12	Měření proudového odběru sledovací jednotky	31
13	Proudová sonda	33
14	Vlevo rámová anténa, vpravo logaritmicko-periodická anténa [11]	33
15	Měřicí sondy pro měření blízkého magnetického pole[11]	34
16	Spektrální analýza rušení v napájení jednotky NCL09	35
17	Měření citlivosti a rychlosti zachycení GPS přijímače	36
18	Měření přesnosti akcelerometru	38
19	Spektrální analýza rázů osy Z	41
20	Blokový diagram algoritmu zpracování signálu Z akcelerometru	41
21	Vyhodnocení rázů vozovky v autě	42
22	Blokové schéma inovované jednotky	50
23	Impedance plošného vodiče	52
24	Složení 4 vrstvě DPS	52

Seznam tabulek

1	Funkce jednotek NCL	9
2	Napětí a odběr obvodů NCL09	17
3	Srovnání GSM modemů	18
4	Proudový odběr	32
5	Měření vyzařování EM rušení jednotky NCL09	34
6	Měření doby zachycení polohy satelitem za „tepla“	37
7	Kalibrační hodnoty akcelerometru, termistoru	38
8	Přehled GPS přijímačů	47
9	Přehled parametrů obvodů inovované jednotky	49
10	Porovnání konkurenčních sledovacích jednotek	55

Úvod

Výrobcem jednotek NCL je firma NAM system a.s., která vznikla v roce 2000 jako akciová společnost. Součástí akciové společnosti je firma NAM – Tomčala, založena roku 1990. Firma NAM –Tomčala se od roku 1990 zabývala montáží zabezpečovací techniky, postupně investovala do vývoje radiotelefonních pultů centrální ochrany (PCO). V roce 1992 firma prodala první PCO. Vývoj byl zpočátku realizován výhradně externími pracovníky. Od roku 1995 firma zřídila vlastní vývojové oddělení. V současné době je tvořeno týmem 12 pracovníků.

Od roku 1992 firma NAM - Tomčala systematicky budovala pozice na trhu zabezpečovací techniky v oblasti PCO. Současné postavení firmy je velmi silné. Odhadem ovládá minimálně 30% trhu v Česku a 50% trhu na Slovensku [16].

Za kvalitu a vysokou technickou inovaci svých výrobků byla společnost několikrát oceněna na odborných výstavách a veletrzích, jichž se pravidelně účastní (Zlatý Ampér, Safety, Křišťálová koule VZT, čestné uznání Pragoalarm).

1 Charakteristika jednotky NCL07

Funkcí jednotky NCL07 je určování polohy dopravních prostředků za pomoci systému GPS s průběžným odesíláním dat přes GSM síť. Umožňuje také měření analogových a digitálních signálů. Kompletní přístroj bez externích antén má rozměry 16 x 10,5 x 4 cm. Přístroj je montován do vozidel jako jsou osobní automobily, nákladní automobily, lokomotivy a podobné „mobilní objekty“.

Zařízení je možné rozšiřovat pomocí datových rozhraní. Takto je možné připojit čtečky RFID, Dallas a kódovou klávesnici. Ke sledování některých stavů vozidla může být využito rozhraní LIN a CAN. K případnému připojení k PC lze použít sériové rozhraní RS232.



Obrázek 1: Jednotka NCL se záložní baterií

1.1 Základní funkce

Vozidlová komunikační a zabezpečovací jednotka NCL07 slouží ke sledování pohybujícího se nebo stojícího mobilního objektu. Sledované údaje jednotka vyhodnocuje a průběžně je odesílá na server. V případě změny stavu vozidla zašle jednotka SMS na mobilní telefon. Stav, na který má jednotka reagovat si uživatel může nastavit. Údaje jsou také předávány na dispečink NAM system a.s., který také může reagovat na vzniklou situaci.

Podle typu aplikace a požadavku zákazníka se liší i instalované části zařízení. Jednotka je proto rozdělena na více DPS, které jsou propojeny s hlavní DPS pomocí Pinové lišty. Na hlavní DPS jsou umístěny základní obvody. Těmi jsou mikrokontrolér, DC/DC měnič, stabilizátory, akcelerometr a další pomocné obvody.

Na rozšiřujících DPS se nachází VF části a speciální rozhraní, které rozšiřují funkce hlavní desky. Na první rozšiřující DPS jsou jednotka GPS a GPRS modem. Druhá rozšiřující DPS slouží ke zpracování dat ze sběrnic LIN a CAN, které jsou předávány MCU.

Funkce identifikované na základě dokumentace k jednotkám NCL jsou v tabulce 1. Blokové schéma jednotky NCL07 je na obr.2.

Tabulka 1: Funkce jednotek NCL

P.č.	název funkce	Použité vstupy
1	Lokalizace vozidla	GPS
2	Identifikace řidiče	RFID-RS232, DALLAS
3	Identifikace jízdy Soukromá/Služební	bin. vstup - přepínač
4	Detekce nehody/havárie	akcelerometr
5	Přiřazení čísla zakázky k jízdě	RS232 - klávesnice
6	Detekce odtažení vozidla	akcelerometr
7	Detekce krádeže kol	akcelerometr
8	Tísňové volání	bin. vstup - tlačítko
9	Sledování teploty	analog. vstup - termistor

1.2 Napájecí blok

Jednotka je napájena z palubní sítě vozidla stejnosměrným napětím 12-24V. Napájecí napětí je kolísavé a silně rušené ostatními zařízeními. Napájecí napětí je přes konektor přivedeno na spínaný DC/DC měnič. Výstupní napětí 4V je dále snižováno pomocí lineárních stabilizátorů. Podle požadavku zákazníka může zařízení obsahovat i zálohovací olověný akumulátor. U varianty, kde není použit, je napájecí napětí zálohováno větším počtem elektrolytických kondenzátorů. Při výpadku napájecího napětí je tak zajištěno napájení procesoru do doby, než jsou zazálohována měřená data. Nejčastěji je tato funkce využita při vypnutí vozidla.

1.3 Hlavní MCU a podpůrné obvody

Jednotka je založena na 16 bitovém mikrokontroléru M16C/62. Ten zajišťuje sběr, vyhodnocování a odesílání měřených údajů na internetový server. MCU nesmí být změněn kvůli zachování kompatibility s již vyvinutým software.

1.3.1 Podpůrné obvody

K mikrokontroléru je připojeno několik periferních obvodů. Jedním z nich je externí obvod watchdogu (WDT). MCU má interní jednotku WDT, která nezachytí všechny stavy vyžadující reset. Pro zlepšení ochranné funkce je použit externí obvod WDT. Tento obvod detekuje periodický signál z MCU a hlídá tak neočekávaný chod software MCU. Hlídá také změny napájecího napětí nad/pod kritické úrovně a umožňuje vnější reset.

Další pomocné obvody tvoří napěťové sledovače. Ty jsou připojeny na výstupy AD převodníku a impedančně oddělují měřená napětí uvnitř i vně zařízení. Konkrétně jsou měřena napětí na napájení před DC/DC měničem, napájení vysokofrekvenční části, napájení GSM modemu a baterií.

Dále jsou měřeny některé fyzikální veličiny. Mezi ně patří teplota jednotky, podle ní jsou upravována další měřená data. Teplota je také využita k ochraně zařízení v extrémních klimatických podmínkách, které by mohly způsobit chyby ve vyhodnocování důležitých údajů.

Další měřenou fyzikální veličinou je zrychlení vozidla vč. gravitačního zrychlení, které je měřeno analogovým akcelerometrem. Akcelerometr je vyroben technologií MEMS umožňující sloučení mechanických zařízení spolu s elektronickými do jednoho křemíkového čipu. Údaje o zrychlení jsou využity k měření náklonu auta v klidu a k vyhodnocení nárazu do vozidla nebo nárazu vozidla do překážky.

1.4 VF obvody

VF části jednotky jsou umístěny na samostatné DPS, která se připojuje přes Pinovou propojovací lištu. Na DPS jsou umístěny dva VF moduly a několik podpůrných obvodů.

Jedním modulem je pasivní GPS přijímač systému GPS-NAVSTAR. Jeho funkcí je určování polohy jednotky na základě signálů přijímaných z družic. Po zachycení signálu nejméně čtyř družic je z časových a polohových údajů vypočtena poloha ve třírozměrném prostoru. Informace jsou do MCU odeslány USART rozhraním s protokolem NMEA 0183.

Druhý modul zajišťuje spojení NCL07 s centrálou, resp. domovským serverem. To je realizováno GPRS modemem zajišťujícím spojení přes GSM síť. Modul komunikuje s MCU vlastním UART rozhraním. Údaje odesílané MCU jsou přenášeny na server, kde jsou vyhodnocovány. Díky tomu jsou zákazníkům nabízeny služby lokalizace vozidla, generování knihy jízd, zabezpečení vozidla proti odcizení a v případě nouzové situace např. dopravní nehody je přivolána pomoc. Přes GSM síť je také možné provést změnu nastavení jednotky, nebo aktualizovat její firmware.

1.5 Vstupní a výstupní rozhraní

Jednotku NCL07 je možné připojit k osobnímu počítači přes sériové rozhraní RS232. K přizpůsobení napěťových úrovní je použit převodník úrovní s integrovanou nábojovou pumpou.

Jednotku lze rozšířit o rozhraní sběrnic LIN a CAN. Hlavní MCU tyto sběrnice přímo nepodporuje. Na rozšiřující DPS je z MCU vyvedeno SPI rozhraní, ke kterému je připojen další procesor. Ten dekóduje data z LIN a CAN sběrnic a předává je hlavnímu MCU. Vývoj této přídatné DPS ještě nebyl ukončen, proto nebudou její funkce dále popisovány.

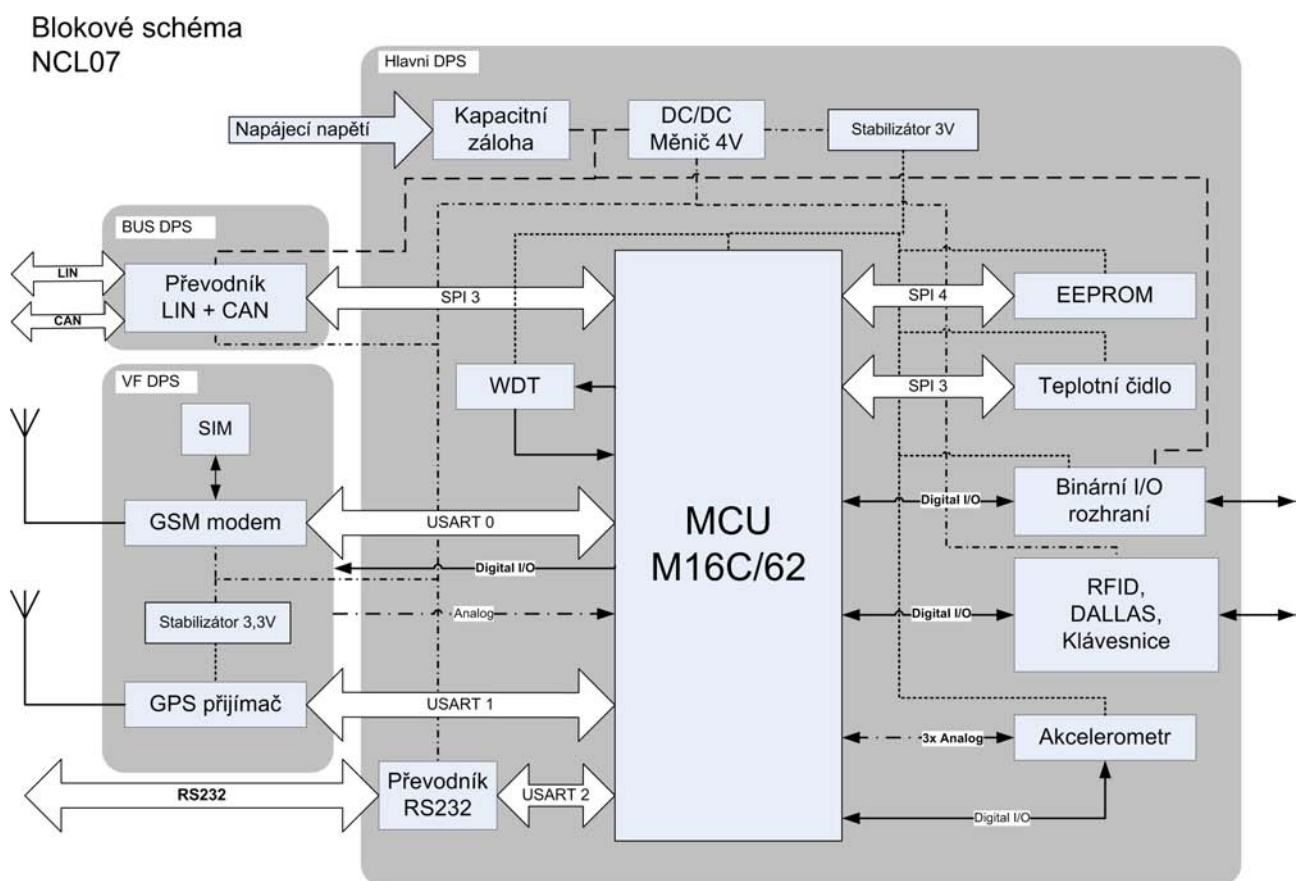
Další část vstupů a výstupů by se dala souhrnně označit jako rozhraní pro identifikaci osob. K tomu je využito bezkontaktní technologie RFID a kontaktní identifikací technologií Dallas „klíčenky“. Další rozšíření je možné pomocí klávesnice NCL, nebo Bluetooth modulu.

Poslední částí jsou vstupní a výstupní digitální linky. Je jich celkem 10 a liší se funkcemi. Z Totovo 2 jsou negované, 3 nenegované a 3 rozdílové vstupy a dále 2 výstupy.

2 Vstupní analýza jednotek NCL

Jednotka NCL 07 je postavena na základě jednotek NCL vyvinutých kolem roku 2003. Ty vycházely z předpokladu dostatečně velkého prostoru pro montáž zařízení do vnitřních prostor automobilu. Kompletní jednotky byly složeny z více modulů, které podle požadovaných funkcí byly sestaveny v různých variantách. V jedné z variant byl součástí jednotky i záložní olověný akumulátor.

V nových automobilech se dostatečný volný prostor hledá velmi obtížně. Konkrétní výrobci proto začali sledovací jednotky zmenšovat. Také se postupně snižovala jejich cena. Tato zjištění vedla k zahájení vývoje nové sledovací jednotky, která má být menší a levnější. Začátkem roku 2008 byla zadána tato diplomová práce s cílem inovovat jednotku NCL07. V průběhu řešení diplomové práce firma NAM vyvinula jednotku NCL09, která je velmi podobná jednotce návrhové v této práci. Blokové schéma původní jednotky NCL07 je na obrázku 2.



Obrázek 2: Blokové schéma NCL07

2.1 Napájecí část zařízení

Napájecí napětí 6-30V je sníženo spínaným DC/DC měničem na 4V. Základem měniče je řídicí obvod LM3485 a externí spínací tranzistor. Pracovní frekvence měniče se s rostoucím proudem zvyšuje. Při velké proudové zátěži může dosahovat až 1MHz. Výhodou tohoto zapojení je dobrá účinnost ve velkém rozsahu proudových odběrů. Další

nesporou výhodou je i nízká cena cca 17Kč. Nevýhodou je především „plovoucí“ pracovní frekvence, kvůli které je potřeba výstupní napětí dobře filtrovat. Další nevýhodou jsou větší rozměry celého měniče.

Napájecí zdroj je doplněn o část vypínání napájení GPRS modemu. Obvod při odpojení napájení vybije kondenzátory v této větvi. Funkce je využívána k rychlému vypnutí GPRS modemu např. při výpadku napájecího napětí, nebo k „tvrdému“ restartu modemu.

Ostatní obvody pracují s nižším napětím cca 3 - 3,5V. Ke snížení napětí z měniče na potřebnou úroveň jsou využity napěťové regulátory FAN2500. Ty se vyznačují velmi malým úbytkem napětí (tzv. lowdrop) a velmi nízkou spotřebou řídicí části obvodu. Regulátory FAN2500 jsou použity pro napájení GPS modulu a mikrokontroléru s periferiemi.

Na jednotce NCL07 jsou použity velké elektrolytické kondenzátory v SMD provedení. Mimo filtrace napájecího napětí slouží k zálohování napájení procesoru po dobu ukládání dat při odpojení vstupního napětí. K těmto účelům jsou využívány tzv. superkapacity s kapacitou až několik Faradů. Mají menší rozměry až na výjimky je možné jimi nahradit elektrolytické kondenzátory.



Obrázek 3: Superkapacity

2.2 Hlavní MCU

MCU je vyroben ve 100 pinovém QFP pouzdru. Má 87 vstupně-výstupních portů a několik komunikačních rozhraní. 3 sériové rozhraní typu UART, IIC a IEBus a dále 2 sériová rozhraní typu SPI. Přímý přístup k externí paměti z procesoru umožňují dva DMAC kanály. O převod analogových signálů se stará 10 bitový A/D převodník s 24 kanálovým vstupním multiplexorem. Analogové výstupy tvoří dva 8 bitové D/A převodníky. Další důležitou částí jsou dva 16 bitové časovače s 5ti a 6ti porovnávacími registry. Součástí procesoru je speciální jednotka tvořená koprocem pro výpočet zabezpečovacích kódů.

2.3 Vnější rozhraní

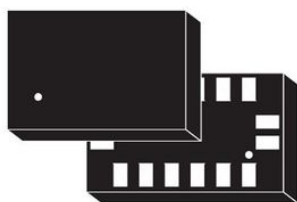
K datové komunikaci s jinými zařízeními slouží technologicky značně zastaralé rozhraní RS232. Využívá se pro servisní zásahy a připojení některých periferních modulů

NCL. Nevýhodou linky RS232 je, že pracuje s logickými úrovněmi $\pm 10\text{V}$, které se vytváří pomocí nábojové pumpy. Čím dál tím méně počítačů je vybaveno rozhraním RS232. Pro připojení pak je potřeba použít další převodník, většinou USB/RS232.

Dalším rozhraním jsou binární vstupy. Ty jsou chráněny proti přepětí transily a rezistorovými děliči. Zapojeny jsou v několika variantách, které se liší funkcí. První obvodová varianta, která je v NCL07 celkem 3x pracuje jako kladný vstup. Vstupní napětí je přivedeno přes odporový dělič, filtrační kondenzátor a diodu na invertor se Schmidovým klopným obvodem. Další 2 vstupy fungují jako negativní. Na vstup je připojen spínací tranzistor. Při přivedení nulového nebo záporného napětí se tranzistor otevře. Tím se přivede log. 1 na kladný vstupní obvod, který je zapojen stejně jako předchozí. Zajímavou vlastností tohoto obvodu je nulový odběr při rozepnutém vstupu. Poslední 3 vstupy jsou zapojeny jako diferenciální. Vstupní obvody jsou složeny z výše popsaného kladného a záporného typu zapojení. Celkem 8 digitálních vstupů je doplněno o dva výstupy. Ty jsou realizovány pomocí dvou tranzistorů zapojených jako zdroj proudu. Ochrana proti zápornému napětí je realizována pomocí rychlé křemíkové diody. Poslední výstup je určen pro připojení akustického měniče - piezo bzučáku. Je tvořen spínacím tranzistorem v zapojení se společným emitorem. Výstup je oddělen keramickým kondenzátorem.

2.3.1 Měření zrychlení

V jednotce NCL07 je pro měření zrychlení použit analogový akcelerometr MAA7260 fy. Freescale. Výstup akcelerometru je přes dolní pásmovou propust připojen k 10 bitovému AD převodníku hlavního MCU. Akcelerometr pracuje ve dvou měřících rozsazích. Pro měření malých zrychlení do $\pm 1,5\text{ g}$ je výrobcem udávaná přesnost 800mV/g . Tento rozsah slouží k měření změny náklonu a sklonu vozidla během stání. Detekovatelná změna náklonu a sklonu vozidla během stání je firmou NAM a.s. uváděna cca $0,3^\circ$. Za jízdy vozidla je senzor přepnut na nižší citlivost, měří zrychlení do 6 g a slouží k detekci nehody. Senzor by se dal také využít k hodnocení způsobu jízdy řidiče. Doposud ale nebyly nalezeny relevantně hodnotitelné parametry.



Obrázek 4: Akcelerometr MAA7260

2.3.2 Měření teploty

Teplota jednotky je měřena digitálním teploměrem AD7314. Obvod komunikuje přes SPI rozhraní. Přesnost měření je $\pm 1^\circ\text{C}$, lze měřit s četností až $2,5\text{ kHz}$. Obdobný měřící rozsah mají novější digitální akcelerometry s zabudovaným teplotním čidlem.

2.4 GPS přijímač A1080

Hlavní parametry GPS přijímače A1080 od firmy Tyco Electronics jsou dány čipem SiRFstar III. Díky němu dokáže modul sledovat současně 20 družic. Citlivost přijímače je -159dBm a polohu dokáže určit s přesností lepší než 10m. Teoretická doba určení polohy po zapnutí je dána dobou přenosu 1 navigačního rámce. Rámec trvá 30s a nelze bez něj určit přesnou polohu. Reálná doba určení polohy závisí na kvalitě signálu a počtu přijímaných družic. Doba zachycení polohy přijímačem A1080 v běžných podmínkách je cca 1 minuta. Na modulu přijímače je umístěn kromě GPS čipu také vstupní nízkošumový zesilovač. Oba jsou napájeny napětím 3,3V ze stabilizátoru FAN2500. Modul má zabudovanou napájecí výhybku a umožňuje přímé napájení aktivní antény po koaxiálním kabelu. Externí anténa je k přijímači připojena přes SMA konektor.

Čip SiRFstar III umožňuje snížit odběr pomocí speciálního režimu tzv. zálohy „Real Time Oscillator“ (RTO). Příkon přijímače je různý v závislosti na aktuálním pracovním režimu. První režim zvaný „cold start“ nejprve vyhledává družice. Po nalezení dostatečného počtu družic, minimálně 4 a maximálně 20, jsou uloženy informace o pohybu zachycených satelitů. Následně se přechází do druhého režimu, kdy je průběžně určována poloha přijímače. V případě malých rychlostí pohybu přijímače není potřeba určovat polohu průběžně. Lze využít režim zálohy RTO, kdy jsou napájeny pouze paměti a oscilátor. Polohu pak lze po přepnutí do normálního režimu určit během několika sekund. Tento mód je vhodný především pro osobní jednotky používané k lokalizování chodících osob. V jednotce NCL07 není tento režim využit.



Obrázek 5: GPS přijímač A1080

2.5 GSM modul SIM300

V přístroji je použit modul GPRS modemu SIM300D firmy SIMCOM. Pracující v kmitočtových pásmech GSM 900, 1800 a 1900 MHz. Pro datová spojení lze využít datovou komunikaci GPRS s kódovacími schématy CS-1 až CS-4. K přenosu je možné použít síťové komunikační protokoly TCP a UDP. Z důvodu co nejnižšího datového toku je použit protokol UDP, který má menší režii.

Modem také dokáže spojit běžné hlasové hovory. Nelze předpokládat, že by do auta bylo nainstalováno telefonní sluchátko. Hovor by musel probíhat v režimu tzv. hlasitého poslechu. Na mikrofonní vstup by mohl být připojen běžný elektretový mikrofón. Výstup modemu je určen pro sluchátka, reproduktor by musel být připojen přes zesilovač. V současné jednotce není tato funkce využita.

GPRS modem je napájen napětím 4V. Z důvodů občasného „zamrznutí“ jeho firmware lze napájecí napětí podle potřeby vypnout. Je tak realizována funkce „tvrdého“

restartu. K modulu je připojená standardní SIM karta dodávaná mobilním operátorem T-mobile. VF signál z antény je přiveden koaxiální vedením přes SMA konektor.

Modul SIM300D firmy Simcom představuje parametry i rozměry průměrný modul. Důvodem pro jeho změnu mohou být problémy se zamrznutím software modemu. Úspora energie u GPRS přenosů je vzhledem k rádiové komunikace velmi obtížná.



Obrázek 6: GSM modul SIM300D

2.6 GPS, GSM antény

Mezi další rozměrné části NCL07 patří anténní konektory a samotné antény. Ty je možné nahradit novými typy antén, které mají velmi malé rozměry a jdou integrovat přímo do krytu jednotky. Jedná se o tzv. mikropáskové antény vytvořené nanášením měděných cest na dielektrikum. Jejich výrobou se zabývá mnoho firem a existuje mnoho typů lišících se velikostí i parametry. Výběr antény musí být založen na posouzení požadavků na montáž.

2.7 Analýza NCL09

Jednotka NCL09 je vozidlová sledovací jednotka, která vychází z koncepce jednotky NCL07. Zachovává maximum původních funkcí při minimalizaci rozměrů a redukci konektorů. Její rozměry jsou 90 x 63 mm a je umístěna do standardní plastové krabičky KM-54. Výrazného zmenšení jednotky bylo dosaženo redukcí vnějších i vnitřních konektorů. Vnější konektory byly zredukovány na jeden 12pinový Molex a VF konektory typu SMA a SMB. Rozměry jednotky jsou také závislé na ploše, kterou zabírají součástky. Dvě ze tří nejrozměrnějších součástí (GSM modul a MCU) byly nahrazeny menšími. Další zmenšení rozměrů bylo možné díky 4 vrstvé DPS v konstrukční třídě VI.

NCL09 používá stejné základní „stavební kameny“ jako NCL07. Těmi jsou: GPS modul Vincotech (TYCO) A1080A, akcelerační čidlo Freescale MMA7260, rozhraní sběrnice DALLAS, Flash paměť Atmel AT45DB. Změněn byl mikroprocesor na RENESAS M16C-65P. Původně použitý M16C-62P má stejnou architekturu, ale M16C-65P má větší paměť.

Původní GSM modem SIM300DZ byl nahrazen novým SIM 900 firmy SIMCOM. Jako zdroj záložní energie je nově použit superkapacitor BestCap firmy AVX. Binární vstupy jednotky zůstaly 3. Jeden s možností přepojení na analogový vstup. Výstupy jsou 3, jeden 4V pro LED diodu. Druhý univerzální vybavený tranzistorem s otevřeným

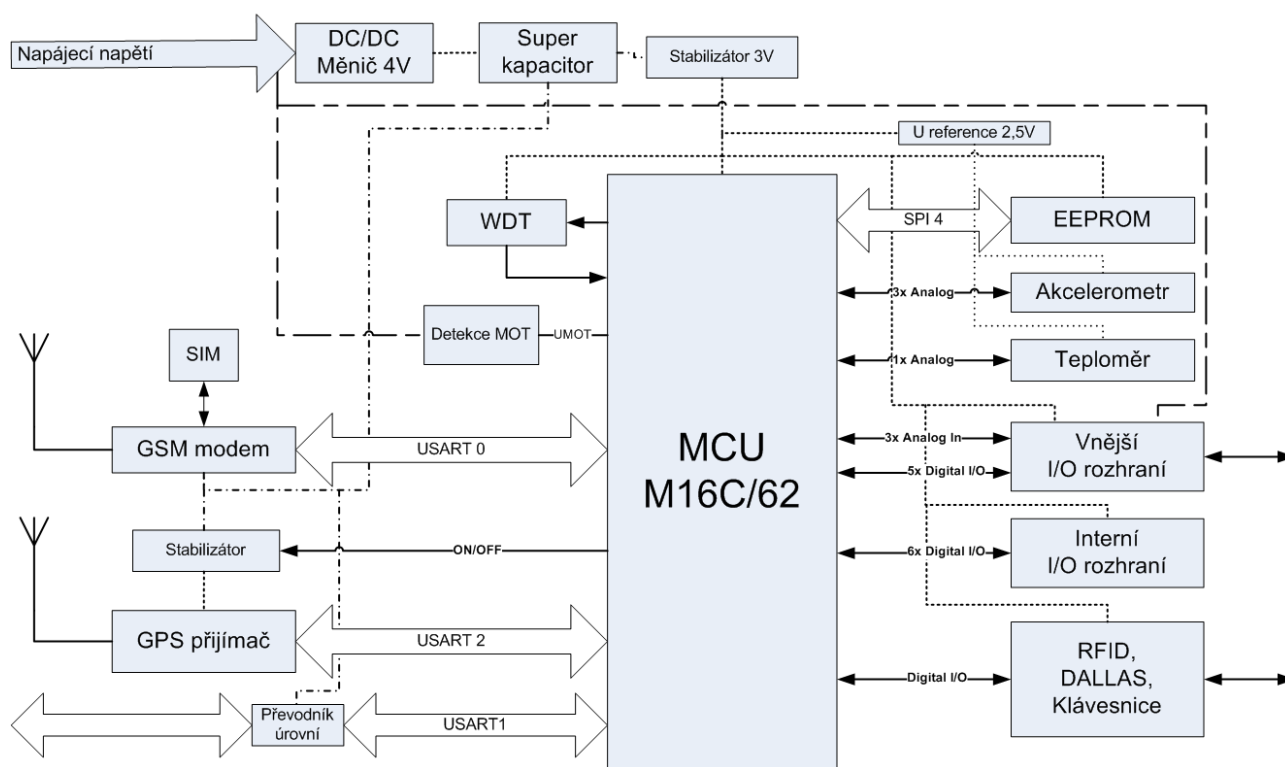
kolectorem. Třetí je analogový výstup pro piezo bzučák složený z tranzistoru v zapojení se společným emitorem a od výstupu oddělený keramickým kondenzátorem.

Analogový vstup připojený na napájecí napětí byl doplněn o analogové filtry a slouží k detekci nastartovaného motoru. Původní obvod digitálního teploměru byl nahrazen odporovým děličem s termistorem. Napětí z děliče je přivedeno na vstup AD převodníku hlavního MCU.

Pro měření teploty využít analogový obvod s termistorem. Tím došlo k uvolnění SPI linky, které by bylo možné využít pro akcelerometr. Některé nové digitální akcelerometry mají mj. zabudovaný teploměr. Další obvod pro snímání teploty by mohl být vypuštěn.

U dalších obvodů byly provedeny méně podstatné změny.

Blokové schéma
NCL09



Obrázek 7: Blokové schéma NCL09

Tabulka 2: Napětí a odběr obvodů NCL09

typ	U min[V]	U max[V]	I min [uA]	I avr[mA]	I max[mA]
M16C/65	2,7	5,5	100	23	30
DS1819	2,7	5,5	10	0,01	0,01
45DB081B	2,7	3,6	25	7	10
NC7S14	2	6	10	0,01	1
SIM900	3,2	4,8	30	444	2000
A1080	3	3,6	20	30	45
LMV932	1,8	5,5	210	0,21	0,41
GPS anténa	2,7	3,3	0	30	50
MAA7260	2,2	3,6	3	0,5	0,8
FAN2500	2,7	6,5	1	0,02	0,02
Σ			372	528	2077

2.7.1 GSM modul SIM900

Původní GSM modul SIM300DZ se přestal vyrábět a byl nahrazen novým modulem SIM900 firmy SIMCOM. Jeho elektrické parametry jsou obdobné jako u SIM300, díky menším rozměrům zabírá jen poloviční plochu na DPS. I/O porty jsou napájeny z vnitřního zdroje napětí 3V. Pro komunikaci s modemem je využito rozhraní USART. Modul má i další komunikační a datová rozhraní. Jsou jimi IIC a ladící USART. Modul také umožňuje přímé připojení maticové klávesnice a displeje se sériovým rozhraním. SIM900 je průměrným zařízením na trhu s výhodou cenou. Komunikace MCU s modulem je již implementovaná v SW hlavní MCU a je tak vyloučena jeho další změna. Srovnání původního GSM modulu, nového a modulu ORCAM se srovnatelnými parametry je v tab. 3.



Obrázek 8: GSM modul SIM900

Tabulka 3: Srovnání GSM modemů

Model		SIM300	GSM0308	SIM900
Výrobce		SIMCOM	ENFORA	SIMCOM
Pracovní napětí	Min [V]	3,4	3,3	3,4
	Typ [V]	4	3,8	3,8
	Max [V]	4,5	4,5	4,5
Proudový odběr	Sleep [mA]	3	2,4	1
	Idle [mA]	18,7	2,2	22
	při vysílacím TS [A]	2	1,6	3
Průměrný odběr	EGSM 900 TS 4/1 [mA]	245	268	270
	GSM 1800 TS 4/1 [mA]	180	272	200
Rozměry	Šířka [mm]	30,6	27	27
	Hloubka [mm]	33	22	24
	Plocha [cm ²]	10,1	7,56	5,76
Pouzdro		LCC	LGA	LCC
SIM		3V/1,8V	3V/1,8V	3V/1,8V
Výstupní výkon	EGSM 900 [dBm]	33	33	33
	GSM 1800 [dBm]	30	30	30
Citlivost přijímače	EGSM 900 [dBm]	-106	-106	-109
	GSM 1800 [dBm]	-106	-106	-109
Komunikační rozhraní		2 x UART	USB, UART	2x UART, IIC

2.8 Návrhy na inovaci jednotky

Cílem této práce je zmenšit rozměry sledovací jednotky a zlepšit její parametry. Miniaturizace sebou přináší zvýšení ceny. Aby byla jednotka co nejlevnější, bude nezbytné dělat kompromisy mezi velikostí a cenou. Jednotka NCL09 je levnější než předchozí verze především díky omezení manuálních úkonů při kompletování. Toho bylo dosaženo integrováním všech součástek na jednu DPS. Osazování až na superkapacitor a SIM kartu je prováděno automaticky.

Zmenšení jednotky a zároveň snížení odběru je možné dosáhnout lepším DC/DC měničem. Moderní obvody DC/DC měničů, mají stabilní pracovní frekvenci. Zároveň je většina součástek integrována do jednoho pouzdra. Díky tomu jsou mnohem menší a mají i lepší parametry. Pracují také na vyšších frekvencích, což v konečném důsledku vede ke zmenšení cívek a kondenzátorů. Poslední dobou začínají někteří výrobci nabízet i tzv. chytré měniče, které se zapínají až při poklesu výstupního napětí pod prahovou roveň. Tato funkce významně zlepšuje účinnost měniče při velmi malých odběrech. Nevýhodou těchto obvodů je, že jsou nové a dražší než v současnosti používaný měnič. Jednotka NCL07 i NCL09 má obvody s různými napájecími napětími. S rostoucím počtem napájecích větví se zvyšuje složitost obvodového zapojení i DPS. Součástky by měly být vybrány tak, aby zařízení mělo pouze jednu napájecí větev. S ní bude možné snadno a účinně zálohovat napájení pomocí záložního akumulátoru.

V NCL07 a NCL09 používaný analogový akcelerometr MAA7260 je již zastaralý a výrobci ho dnes nahrazují digitálními typy, které mají lepší parametry. Jejich přesnost je běžně 12 a více bitů a mají zabudovaný termistor. Toto řešení je vhodné především

k přesné kompenzaci vlivu teplotních změn na měřící ústrojí akcelerometru. U teplo-
měru je potřebná minimální rozlišovací schopnost 1°C. U akcelerometru je zapotřebí
mít minimálně 10 bitové rozlišení při měření zrychlení.

GPS modul A1080 s čipem SiRFstar III má velmi dobré parametry. Při srovnání s
konkurenčními produkty má pouze o několik milimetrů větší rozměry. Vlastnosti GPS
modulů jsou závislé především na čipu GPS přijímače. Obdobný čip konkurenční firmy
MTK MT3318 má lepší parametry při určování pozice, ale větší proudový odběr. Kon-
cem roku 2010 se začínají na trhu objevovat nové moduly s čipem SiRFstar IV, které
mají o třídu lepší parametry než předchozí generace. Žádný jiný čip se srovnatelnými
parametry nebyl nalezen.

GSM moduly nabízí mimo datové přenosy také klasické hlasové hovory. Z modulu
stačí vyvést vstup pro mikrofonu a výstup na sluchátko. Hlasové spojení by se dalo
využít nejen u osobní, ale i u vozidlové jednotky. Např. u vozidel při detekci nárazu by
jednotka automaticky zavolala na dispečink. Urychlilo by se tak řešení krizové situace.
V případě osobní jednotky by se tato funkce dala využít pro vytočení předvoleného
čísla po stisknutí tlačítka.

2.8.1 Automobilová jednotka

Hlavní konstrukční změnou této varianty oproti předchozím jednotkám NCL07 by mělo
být sjednocení napětí napájecích větví. Zmenšení oproti NCL09 by mohlo být dosaženo
vícevrstvou DPS a snížením počtu konektorů. VF konektory by bylo možné zrušit úplně
integrováním antén do jednotky. Při zabudování vznikne problém s kovovou karoserií
automobilu, kvůli které nemusí mít antény dostatečný zisk. Dalším problémem bude
předepsaná montáž jednotky především kvůli směru GPS antény, která musí být na-
směřována k družicím.

2.8.2 Zálohovaná varianta

Jednotka se záložním akumulátorem by měla vycházet z automobilní jednotky s jednou
napájecí větví. Napájecí napětí obvodů se pohybuje v rozmezí cca 3 - 4V. Právě na takové
napětí existují obvody typu BUCK-BOOST, které dokáží držet stabilní výstupní napětí
při napájení z Lithium-Ionových nebo Lithium-Polymerových akumulátorů. Kvalitní
akumulátory mají životnost až 5 let a jsou schopny pracovat v rozsahu teplot -30°C až
+80°C bez poškození.

Využít se mohou akumulátory vyráběné do mobilních telefonů. Baterie tohoto typu
jsou poměrně odolné proti nízkým teplotám. Nicméně vysoké teploty mohou zapříči-
nit zničení baterie nebo v horším případě požár, případně výbuch. K přehřívání baterií
dochází při nadměrném nabíjení nebo vybíjení. Z tohoto důvodu je potřeba důsledně
dodržovat výrobcem udávané proudy a mezní teploty. K ochraně akumulátorů se vy-
rábí automatické regulátory. Ty zajišťují optimální nabíjecí parametry a zároveň ochrání
akumulátor při vybíjení. Také průběžně kontrolují teplotu na termistoru zabudovaném
v baterii a chrání ji před přehřátím.

2.8.3 Přenosná osobní jednotka

Zálohovaná sledovací jednotka by mohla být upravena pro lokalizaci polohy osob. Základním předpokladem je zmenšit rozměry jednotky tak, aby ji mohly nosit osoby. Osobní jednotka nepotřebuje vnější rozhraní. Tím se eliminuje většina konektorů a část periferních obvodů. Výsledné zařízení tak může dosahovat malých rozměrů. Zmenšování rozměrů jednotky je omezeno velikostí akumulátoru. Menší akumulátory mají menší kapacitu.

Jednotka by mohla mít vyvedeno jednoduché ovládání a k dorozumívání reproduktor s mikrofonom. Přístroj by se již ale nemohl používat v automobilech a navíc obdobné funkce nabízí dnes mobilní telefony. K nabíjení akumulátoru by mohl být použit USB port počítače. Vývoj této varianty by se vyplatil pouze za předpokladu, že by měla funkce, které nemají mobilní telefony.

Zajímavou alternativou osobní jednotky by mohla být verze bez GPRS modemu. Měření údaje by se mohly ukládat na paměťovou kartu, která dnes představuje minimální finanční náklady vzhledem k velikosti paměti. Toto řešení by prodloužilo dobu funkce přístroje na jedno nabití. Navíc by vedlo k výraznému snížení ceny jednotky. Jednotku by mohli využívat například cyklisté ke sledování ujetých tras a rychlostí. Při vhodné kombinaci s dalšími senzory by tak vznikl zajímavý tréninkový prostředek.

2.9 Dílčí závěr

Jednotka NCL09 má moderní konstrukci. Její další zmenšování bude velmi obtížné. Určitého zmenšení by bylo možné dosáhnout výběrem jiného GPS přijímače a přepracováním napájení.

Na základě analýzy byly stanoveny základní požadavky na inovovanou jednotku:

- Napájení ze zdroje 6 až 30V.
- Minimálně 2 digitální vstupy rozsahem 0 – 30V.
- Výstup pro LED diodu a piezo bzučák.
- Záložní napájení pouze pomocí kondenzátorů.
- Datová komunikace přes GSM modem s GPRS přenosem.
- Zjišťování polohy pomocí GPS přijímače s NMEA 0183 protokolem.
- Externí rozhraní sběrnice DALLAS.
- Vnější komunikační rozhraní USART s logickými úrovněmi TTL.
- Vnitřní konektor pro ladění a servis.
- Sériová paměť FLASH na rozhraní SPI4 s kapacitou 1MB.
- Měření zrychlení pomocí tříosého akceleračního čidla.

- Obvod pro měření teploty jednotky.
- Měření napětí vnitřního zdroje pro vlastní diagnostiku.
- Analogový filtr pro detekci jízdy z rušení v napájení.

Další část práce bude zaměřena k dosažení výše uvedených požadavků.

3 Teorie měření veličin

První část této kapitoly bude věnována problematice nejistot měření a statistickému zpracování výsledků měření. Druhá část kapitoly bude věnována problematice měření zrychlení a kalibraci přístrojů měřících zrychlení.

3.1 Chyby měření a nejistota měření

Měříme-li obecnou veličinu X , můžeme její naměřenou hodnotu označit jako X_M . Skutečnou hodnotu veličiny X , neboli hodnotu konvenčně pravou označme jako X_P . Naměřená hodnota X_M se bude lišit od konvenčně pravé hodnoty X_P . Rozdíl mezi hodnotou konvenčně pravou a měřenou se nazývá **absolutní chyba měření**. Můžeme ji definovat jako [18]:

$$\Delta_X = X_M - X_P \text{ [jednotka veličiny } X]. \quad (1)$$

Absolutní chyba měření je obvykle používána k vyhodnocení přesnosti výsledku měření. Pro porovnání přesnosti různých měření je názornější **relativní chyba měření**, která je dána podílem absolutní chyby měření a hodnoty konvenčně pravé:

$$\delta_X = \frac{\Delta_X}{X_P} \cdot [-] \quad (2)$$

3.1.1 Statistické zpracování

Každé měření je zatíženo chybami, které vznikají omezenou přesností měřících přístrojů [18]. Vyloučíme-li hrubé chyby (např. působení měřícího přístroje na měřenou veličinu) a chyby systematické (např. špatná kalibrace přístroje), bude výsledek měření zatížen pouze náhodnými chybami. Tyto chyby jsou nahodilé a v čase se mění jejich velikost i znaménko. Náhodné chyby lze po statistickém zpracování vyjádřit jako nejistota měření. Nejistota jednoho měření je teoreticky nekonečně velká, proto je potřeba provést vždy několik měření. Při dostatečně velkém počtu měření mohou být náhodné chyby téměř eliminovány. Provedeme-li n měření veličiny X , dostaneme soubor hodnot X_k . Z něj je možné vypočítat **výběrovou střední odchylku** μ danou aritmetickým průměrem podle vztahu:

$$\mu = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^{k=n} X_K \cdot \text{[jednotka veličiny } X] \quad (3)$$

Odchylka k -tého měření od aritmetického průměru je nazývána zdánlivá **absolutní chyba** měření a je definována vztahem:

$$\Delta_k = X_K - \mu \cdot \text{[jednotka veličiny } X] \quad (4)$$

Variabilita jednotlivých měření je určena **výběrovým rozptylem** σ^2 a je dána vztahem:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{k=1}^{k=n} (X_K - \mu)^2, \text{ [jednotka veličiny } X^2] \quad (5)$$

ze kterého lze vypočíst **směrodatnou odchylku**:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{k=1}^{k=n} (X_K - \mu)^2} \cdot \text{[jednotka veličiny } X] \quad (6)$$

Velikost směrodatné odchylky částečně vypovídá o přesnosti měření. Četnost výskytu chyb měření lze popsat křivkou normálního rozložení pravděpodobnosti, tzv. Gaussova křivka viz. obr. 9. Hustotu pravděpodobnosti výskytu zdánlivé chyby Δ_K lze vyjádřit funkcí:

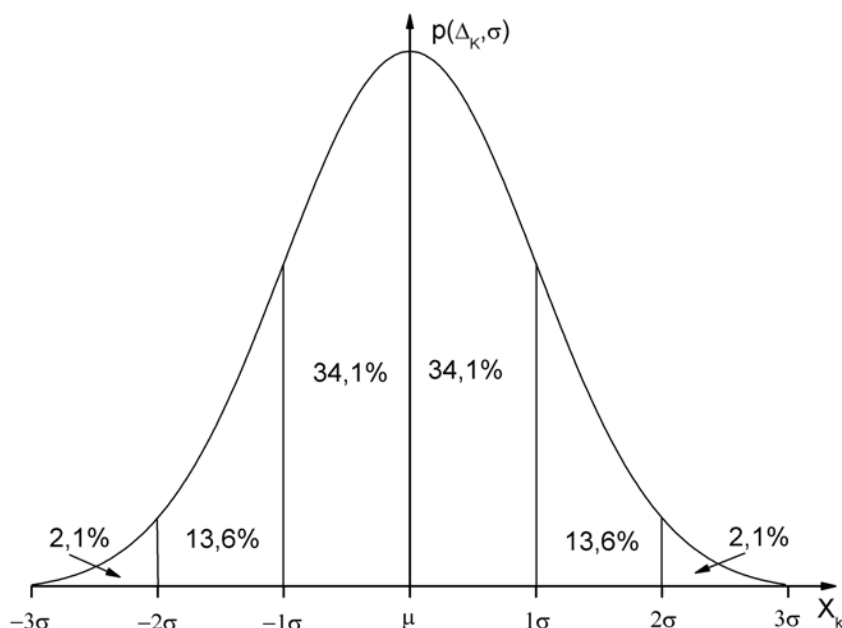
$$p(\Delta_k, \sigma) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\Delta_k}{\sigma}\right)^2} \cdot [-] \quad (7)$$

Aby bylo možné porovnávat jednotlivé křivky normálního rozdělení pravděpodobnosti, používá se normovaný tvar funkce 7. Náhodná veličina ξ je poměr zdánlivé chyby měření Δ_K a směrodatné odchylky σ :

$$\xi = \frac{X_K - \mu}{\sigma} = \frac{\Delta_K}{\sigma}, [-] \quad (8)$$

$$p(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\xi^2} [-] \quad (9)$$

Pravděpodobnost, že chyba měření nepřekročí interval $\pm\xi$ je dána plochou vymezenou křivkou a souřadnicemi $\pm\xi$. Meze $\pm\xi$ se nazývají konfidenční interval. V závislosti na typu měřené aplikace se volí širší konfidenčního intervalu. Pro měření na neznámých obvodech se používáná rozšířený interval dosazením až 3σ místo σ ve vzorci 8.



Obrázek 9: Hustota normálního rozdělení pravděpodobnosti

3.2 Měření zrychlení a kalibrace s využitím kvaternionů

Jednotka NCL používá přístroj měřící zrychlení - akcelerometr. Protože se auto pohybuje v trojrozměrném prostoru, působí na něj zrychlení ve 3 směrech. Proto hodnota zrychlení je vektor, u kterého reprezentuje velikost a současně i jeho směr.

Obecně platí, že měření prováděná pomocí měřících přístrojů nelze považovat za věrohodná, pokud není měřící přístroj ověřen a zkalibrován. U akcelerometrů měřících ve 3 směrech je kalibrace obtížná, protože akcelerometr může být natočen vůči souřadným osám vozidla v podstatě libovolně. Jestliže chceme vyhodnocovat správný směr zrychlení je potřeba určit a kompenzovat natočení mezi akcelerometru a souřadným systémem vozidla. Kalibraci není možné provést dopředu, protože není známo jak bude akcelerometr namontován. Každá odchylka orientace os vnáší do měření systematickou chybu měření.

Problematiku vzájemného natočení souřadných os dvou soustav popsal Euler pomocí tzv. Eulerových úhlů. Na jejich základě bude dále popsán matematický aparát přepočtu mezi jednotlivými souřadnými systémy a možnosti jeho využití ke kalibraci.

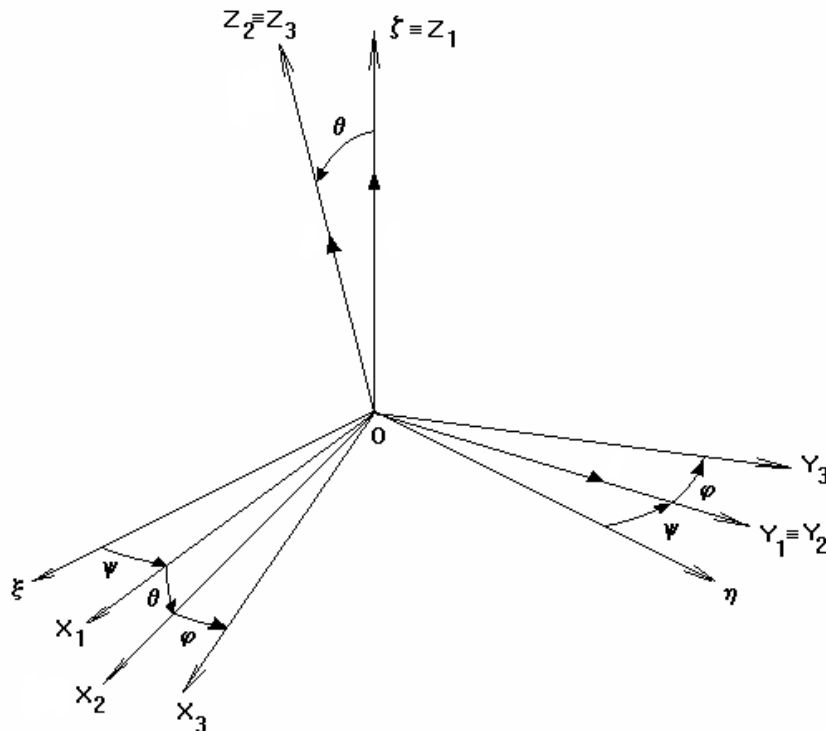
3.2.1 Eulerovy úhly

Natočení tuhého tělesa kolem pevného bodu O je vhodné popsat pomocí úhlů θ , φ , a Ψ , které se nazývají Eulerovy úhly. [19] Tyto úhly vyjadřují vztah mezi pohyblivou soustavou souřadnic $OXYZ$ a nepohyblivou soustavou souřadnic $O\xi\eta\zeta$, viz obr. 10.

Z obrázku je patrné, že pohyblivá soustava souřadnic $OXYZ$ může přejít z počáteční polohy, kdy její osy splývaly s pevnou souřadnicovou soustavou $O\xi\eta\zeta$, do libovolné polohy pomocí tří po sobě následujících pootočení.

První pootočení o úhel Ψ proběhlo kolem osy ζ . Došlo tak k natočení os X a Y pohyblivé soustavy souřadnic do polohy X_1 a Y_1 . Přitom osa Z_1 a splývá s osou ξ . Druhé pootočení o úhel Θ nastává kolem osy Y_1 . Osy X_1 a Z_1 se přesunou do polohy X_2 a Z_2 . Osa Y_2 zůstává na místě a je tedy totožná s osou Y_1 . Třetí a poslední natočení o úhel φ se uskuteční kolem osy Z_2 , jejíž poloha s nemění a je totožná s osou Z_3 . Osy X_2 a Y_2 se přesunou do polohy X_3 a Y_3 .

Na základě geometrických vztahů je možné popsat posun bodu z pohyblivé souřadnicové soustavy do pevné. Pro výpočty v mikroprocesorových systémech není vhodné používat trigonometrické funkce. Mnohem vhodnější je použít metodu směrových kosinů, nebo metodu kvaternionů.



Obrázek 10: Eulerovy úhly[19]

3.2.2 Metoda směrových kosinů

Metoda směrových kosinů je založena na faktu, že vzájemnou polohu dvou prostrových soustav lze charakterizovat devíti směrovými kosiny uspořádanými do matice 3×3 . [19]

V souladu s obr.10 nyní bude popsáno natočení bodu B . První natočení pohyblivé souřadnicové soustavy vůči pevné souřadnicové soustavě nastalo okolo osy Z o úhel Ψ viz. obr. 11. Souřadnice x, y, z bodu B po první rotaci pak lze popsat maticovým zápisem:

$$\overline{b}_1 = A^\Psi \cdot \overline{b}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Psi & \sin \Psi & 0 \\ -\sin \Psi & \cos \Psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Obdobně druhé natočení pohyblivé souřadnicové soustavy vůči pevné souřadnicové soustavě, nastalo kolem osy Y_1 o úhel ϑ . Souřadnice bodu B po druhé elementární rotaci lze popsat maticovým zápisem:

$$\bar{b}_2 = A^\vartheta \cdot \bar{b}_1$$

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \vartheta & 0 & -\sin \vartheta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \vartheta & 0 & \cos \vartheta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Nakonec třetí natočení pohyblivé souřadnicové soustavy vůči pevné souřadnicové soustavě, nastalo kolem osy X_2 o úhel γ . Souřadnice bodu B po třetí elementární rotaci lze popsat maticovým zápisem:

$$\bar{b}_3 = A^\gamma \cdot \bar{b}_2$$

$$\begin{bmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \gamma & \sin \gamma \\ 0 & -\sin \gamma & \cos \gamma \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Pro celkovou rotaci můžeme napsat vztah:

$$\bar{b}_3 = \bar{A}^\gamma \cdot \bar{b}_2 = \bar{A}^\gamma \cdot \bar{A}^\vartheta \cdot \bar{b}_1 = \bar{A}^\gamma \cdot \bar{A}^\vartheta \cdot \bar{A}^\Psi \cdot \bar{b} = \bar{A} \cdot \bar{b}, \quad (13)$$

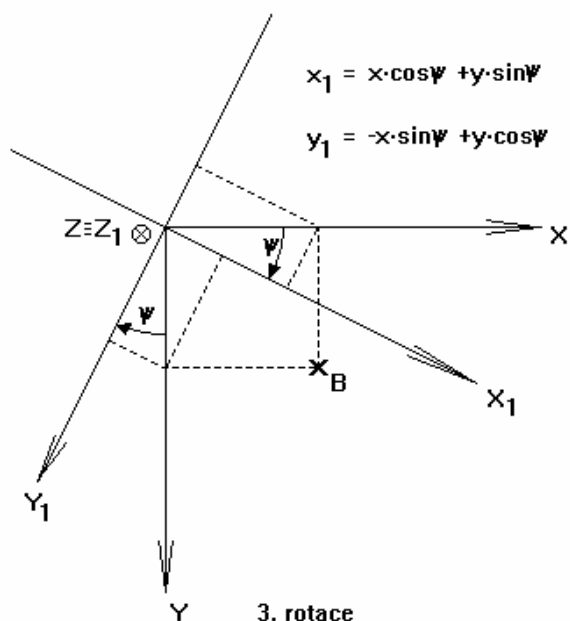
kde matice $\bar{A} = \bar{A}^\gamma \cdot \bar{A}^\vartheta \cdot \bar{A}^\Psi$ je maticí transformace souřadnic vektoru z nepohyblivé do pohyblivé souřadnicové soustavy, což může být aplikováno jako transformace např. vektoru zrychlení. Matici rotace postupně vypočteme takto:

$$\bar{A}^\gamma \cdot \bar{A}^\vartheta = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \gamma & \sin \gamma \\ 0 & -\sin \gamma & \cos \gamma \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \vartheta & 0 & -\sin \vartheta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \vartheta & 0 & \cos \vartheta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \vartheta & 0 & -\sin \vartheta \\ \sin \gamma \cdot \sin \vartheta & \cos \gamma & \sin \gamma \cdot \sin \vartheta \\ \cos \gamma \cdot \sin \vartheta & -\sin \gamma & \cos \gamma \cdot \sin \vartheta \end{bmatrix},$$

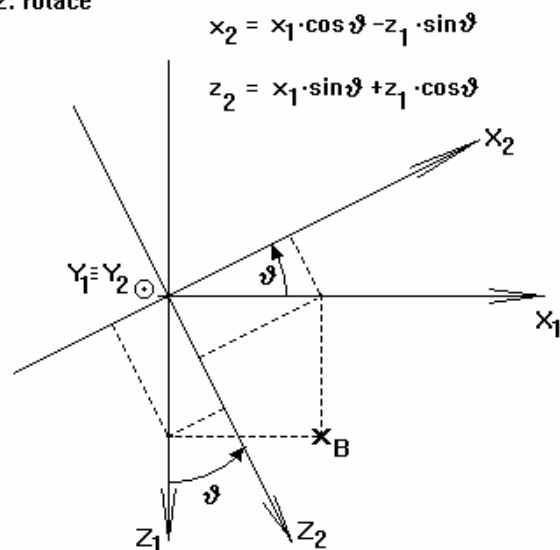
$$\bar{A} = \bar{A}^\gamma \cdot \bar{A}^\vartheta \cdot \bar{A}^\Psi = \begin{bmatrix} \cos \vartheta & 0 & -\sin \vartheta \\ \sin \gamma \cdot \sin \vartheta & \cos \gamma & \sin \gamma \cdot \sin \vartheta \\ \cos \gamma \cdot \sin \vartheta & -\sin \gamma & \cos \gamma \cdot \sin \vartheta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \Psi & \sin \Psi & 0 \\ -\sin \Psi & \cos \Psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} \cos \vartheta \cdot \cos \Psi & \cos \vartheta \cdot \sin \Psi & -\sin \Psi \\ (\sin \gamma \cdot \sin \vartheta \cdot \cos \Psi - \cos \gamma \cdot \sin \Psi) & (\sin \gamma \cdot \sin \vartheta \cdot \sin \Psi + \cos \gamma \cdot \cos \Psi) & \sin \gamma \cdot \cos \vartheta \\ (\cos \gamma \cdot \sin \vartheta \cdot \cos \Psi + \sin \gamma \cdot \sin \Psi) & (\cos \gamma \cdot \sin \vartheta \cdot \sin \Psi - \sin \gamma \cdot \cos \Psi) & \cos \gamma \cdot \cos \vartheta \end{bmatrix}. \quad (14)$$

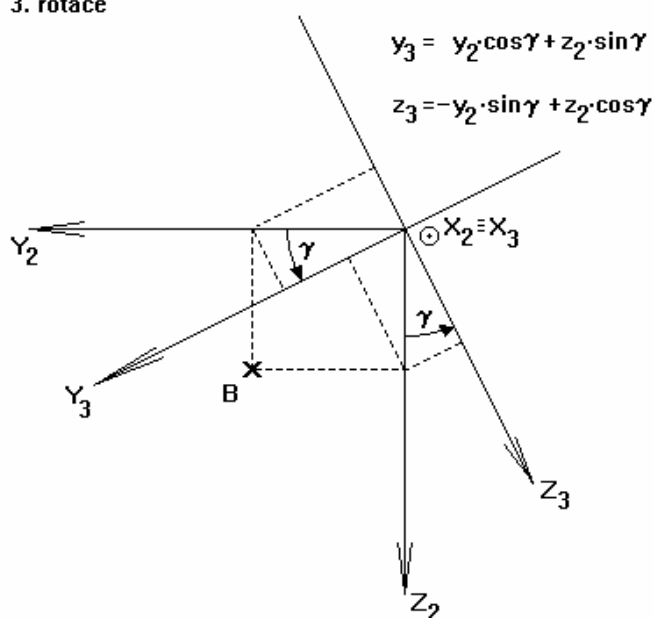
1. rotace



2. rotace



3. rotace



Obrázek 11: Rotace pohyblivé souřadnicové soustavy vzhledem k pevné souřadnicové soustavě[19]

Nyní se zaměříme na vztah mezi maticí směrových kosinů a vektorem. Mějme pevný

souřadnicový systém $0 X_m Y_m Z_m$ a pohyblivý souřadnicový systém $0 X_s Y_s Z_s$ pootočený o úhly γ, ϑ a Ψ . Dále mějme vektor $\bar{R}_m$, který má v pevné souřadnicové soustavě složky $x_m y_m z_m$. Tentýž vektor v pohyblivé souřadnicové soustavě $\bar{R}_s$ má složky $x_s y_s z_s$. Mezi vektory platí transformační vztah:

$$\bar{R}_m = \bar{A} \cdot \bar{R}_s \quad (15)$$

a

$$\bar{R}_s = \bar{A}^T \cdot \bar{R}_m \quad (16)$$

3.2.3 Výpočet úhlů natočení

U výše uvedených přepočtů souřadnic bodu jsme předpokládali, že známe úhly vzájemného natočení pevného a pohyblivého souřadnicového systému. Běžně nelze zaručit jejich dostatečně přesné změření, ale je možné tyto úhly vypočítat s použitím testovacího vektoru. Předpokládejme, že vytvoříme testovací vektor $\bar{R}_T$, který má složky $x_t y_t z_t$. Délku testovacího vektoru vypočteme podle vztahu:

$$|\bar{R}_T| = \sqrt{x_t^2 \cdot y_t^2 \cdot z_t^2} \quad (17)$$

V případě, že směrnice testovacího vektoru bude totožná s osou $O Z_T$ podle obr. 10 a můžeme napsat, že $|\bar{R}_T| = z_t$. Tentýž testovací vektor v pohyblivé souřadnicové soustavě $\bar{R}'_T$ má složky $x'_t y'_t z'_t$. Délka testovacího vektoru bude :

$$|\bar{R}'_T| = \sqrt{x'^2_t \cdot y'^2_t \cdot z'^2_t} = |\bar{R}_T| = z_t \quad (18)$$

Hledané úhly γ, ϑ a Ψ je možné vypočítat pomocí parametrického vyjádření rovnic kulové plochy[20]:

$$\begin{aligned} x &= x_0 + r \cdot \sin \Theta \cdot \cos \varphi \\ y &= y_0 + r \cdot \sin \Theta \cdot \sin \varphi \\ z &= z_0 + r \cdot \cos \Theta \end{aligned} \quad (19)$$

kde za xyz dosadíme $x'_t y'_t z'_t$, složky $x_0 y_0 z_0$ jsou nulové, r je délka $|\bar{R}'_T|$ a Θ, φ jsou hledané úhly ϑ a Ψ . Dosazením do rovnice 19 dostaneme:

$$\begin{aligned} x'_t &= |\bar{R}'_t| \cdot \sin \vartheta \cdot \cos \Psi \\ y'_t &= |\bar{R}'_t| \cdot \sin \vartheta \cdot \sin \Psi \\ z'_t &= |\bar{R}'_t| \cdot \cos \vartheta \end{aligned} \quad (20)$$

po úpravě do potřebného tvaru:

$$\begin{aligned} \vartheta &= \arccos \frac{z'_t}{|\bar{R}'_t|} \\ \Psi &= \arcsin \frac{y'_t}{|\bar{R}'_t| \cdot \sin \vartheta} \end{aligned} \quad (21)$$

Rovnice 21 nejsou definované pro případ, kdy $x'_t = |\bar{R}'_T|$. V intervalu $x'_t \in (-\infty; 0)$ platí $|\bar{R}'_T| = -1 \cdot \sqrt{x'^2_t \cdot y'^2_t \cdot z'^2_t}$ (úprava eliminuje efekt protinožců).

3.2.4 Kalibrace akcelerometru

Převédeme-li souřadnicové systémy popsané v kapitole 3.2.1 na problematiku měření zrychlení v automobilu, pak pevná souřadnicová soustava odpovídá souřadným osám automobilu. Pohyblivá souřadnicová soustava představuje namontovaný měřicí senzor akcelerometru s pootočením o úhly γ , ϑ a Ψ . Na měřicí ústrojí akcelerometru trvale působí gravitační zrychlení. Za předpokladu, že při kalibraci bude automobil stát v klidu na vodorovném povrchu, můžeme gravitační zrychlení považovat za testovací vektor popsany v kap. 3.2.3, vztahem 17. Dosazením rovnic 21 do matice 14 a následným výpočtem pomocí gravitačního zrychlení získáme transformační matici. Matice bude reprezentovat kalibraci dvou os. Testovací vektor pro kalibraci poslední osy získáme při rozjezdu vozidla. Pro precizní kalibraci bude potřeba, aby se automobil rozjížděl v přímém směru. V případě rozjezdu do „zatačky“ by došlo k posunu testovacího vektoru vlivem odstředivého zrychlení.

Pomocí gravitačního zrychlení lze kalibrovat kromě orientace akcelerometru i absolutní měřenou hodnotu. S ohledem na přesnost měření zrychlení je potřeba brát v úvahu odchylky gravitačního zrychlení v rámci ČR kterými se zabývá literatura [21]. V případě zpřesnění kalibrace pomocí gravitačního měření je možné vycházet z gravimetrické mapy ČR [22].

4 Měření parametrů jednotky

Vlastnosti elektronických přístrojů je vhodné popisovat pomocí technických parametrů. Tyto parametry je potřeba nejprve změřit. V případě, že postup měření není zavedený předpisem, nebo běžnou zvyklostí, je potřeba zvolit vhodný postup měření. Pro srovnávat parametrů různých přístrojů musí být postup měření navrhnout tak, aby byl v laboratorních podmínkách opakovatelný.

První část této kapitoly bude zaměřena na návrh laboratorních měření parametrů sledovacích jednotek a jejich vypracování. Druhá část bude zaměřena na měření zrychlení v automobilu, které je v laboratorních podmínkách nemožné změřit.

4.1 Laboratorní měření

V této kapitole budou navrhnut metody měření vybraných parametrů sledovací jednotky. V podkapitolách budou jednotlivá měření podrobně rozbrána. Výsledky měření budou uvedeny v závěru každé podkapitoly.

Na základě analýzy jednotky a jejich funkcí uvedených v tabulce 1 byly vybrány měřené veličiny:

- proudový odběr
- měření rušivých elektrických i magnetických polí.
- rychlost zachycení polohy GPS přijímače a citlivost GPS přijímače
- přesnost a citlivost měření zrychlení, včetně přesnosti měření zrychlení v závislosti na teplotě

4.1.1 Měření proudového odběru

Základní parametr, kterým popisujeme elektronické zařízení je jeho spotřeba. V případě sledovací jednotky je aktuální proudová spotřeba odlišná při různých provozních režimech.

Jednotka NCL je trvale zapnutá a to i v době, kdy není sepnuta spínací skříňka vozidla. Během této doby je jediným zdrojem energie baterie vozidla. Aby nedošlo k jejímu vybití i když nebude vozidlo použito několik týdnů, musí být spotřeba jednotky v úsporném režimu velmi nízká. Z hlediska dlouhodobé funkce jednotky je její spotřeba důležitý parametr, který je potřeba měřit. Proudový odběr jednotky je závislý m.j. i na napájecím napětí. Měla by být změřena spotřeba při napájecím napětí 12V a 24V, které odpovídají nominální hodnotě napětí palubních sítí.

Proud lze měřit pomocí ampérmetru. Protože nelze zajistit ustálený odběr proudu bude potřeba použít přístroj s integračním měřením proudu, tzv. True RMS A-metr. Blokové schéma zapojení je na obr. 12



Obrázek 12: Měření proudového odběru sledovací jednotky

Odběr jednotky bude různý v závislosti na funkčním režimu, který bude aktivován. Režimy lze rozdělit do několika základních kategorií.

- Režim č.1 je úsporný, tzv. režim spánku. V tomto režimu má jednotka velmi malý odběr. Aktivovány zůstávají jen obvody, které jsou nezbytné pro rychlý přechod do funkčního režimu. Průběžně jsou vyhodnocována data z akcelerometru a je hlídáno naklápění vozidla a náraz do něj. Do úsporného režimu jednotka přejde několik minut po vypnutí spínací skřínky.
- Režim č.2 je provozní režim, při kterém jsou aktivovány všechny sledovací funkce, ale neprobíhá komunikace po GSM síti. V tomto režimu je jednotka po většinu doby kdy je zapnuta spínací skřínka.
- Režim č.3 je vyhledávací a jsou při něm aktivovány všechny sledovací funkce, ale neprobíhá komunikace po GSM síti. Jednotka bude v tomto režimu od okamžiku sepnutí spínací skřínky do doby, než bude zachycena aktuální poloha GPS přijímačem.
- Režim č.4 je komunikační. Jsou při něm aktivovány všechny sledovací funkce a navíc jednotka komunikuje po GSM síti a GPS přijímač zachytává aktuální polohu. Na základě tohoto měření by měl být určen maximální špičkový odběr jednotky. Velikost proudového odběru je závislá výkonu vysílací části. V laboratorních podmínkách bude problém tento režim simulovat. Hlavním problémem je autonomní chování GSM modulu, které lze ovlivňovat jen nepřímo, např. zastíněním antény. Pro měření by měl být využit přístroj s možností zachytávání maximálních měřených hodnot, nebo paměťový osciloskop s připojenou proudovou sondou.

Použité měřicí přístroje

- laboratorní zdroj Matrix MPS-3005L-3
- multimetr Fluke 179-True RMS
- scopemetr Fluke 199C 200MHz
- proudová sonda EJM
- napěťová sonda HP9250

Naměřené hodnoty Soubor naměřených hodnot je na přiloženém CD ve složce měření v souboru „měření odběru.xls“. Maximální proudový odběr v režimu č.4 byl měřen pomocí osciloskopu a proudové sondy. Pro výpočet bylo použito pravidlo $\pm\sigma$.

	Unap = 12V	Unap = 24V
P.č.	I [mA]	I [mA]
1	15,66±0,7	8,94±0,16
2	36,92±0,4	20,34±0,71
3	251,3±5,83	153,58±5,33
4	51,78±1,01	30,78±1,33

Tabulka 4: Proudový odběr

Hodnocení měření

Na základě natrhnutého postupu měření byl změřen proudový odběr jednotky NCL09 v různých provozních režimech.

4.1.2 Měření EM rušení

Každé zařízení složené z digitálních obvodů způsobuje elektromagnetické rušení. [11] Tato rušení je potřeba co nejvíce potlačit. Aby bylo možné rušení potlačit, je nutné identifikovat jeho zdroj. Rušení se může šířit po vodivých spoji (např. napájecích větvích), ale také vzduchem v podobě EM pole. Během měření rušení je potřeba, aby sledovací jednotka delší dobu setrvala v provozních režimech definovaných v kapitole 4.1.1.

Měření rušení po napájecích vodičích se realizuje pomocí proudové sondy viz. obr. 13 (proudových kleští). Po uzavření kleští proudové sondy kolem měřeného vodiče se rušení měří připojeným měřicím přijímačem (měřičem rušení).

Měření vyzařování DPS „do vzduchu“ se realizuje pomocí měření blízkého magnetického a elektrického pole. V nejnižším kmitočtovém pásmu 9 kHz až 150 kHz je většina rušivých jevů způsobována magnetickou složkou pole. K měření magnetického rušivého pole H_r se v tomto rozsahu kmitočtů užívají feritové a především rámové (smyčkové) antény viz. obr. 14 vlevo.

Pro měření elektromagnetického rušení na kmitočtech desítek MHz až 2000 MHz se nejčastěji používají logaritmicko-periodické antény. Nejrozšířenější měřicí anténou pro měření rušivých signálů v pásmu od 200 MHz až do cca 6000 MHz se stala logaritmicko-periodická anténa dle obr.14 vpravo. Anténa je tvořena řadou vhodně fázově napájených rezonančních unipólů, jejichž délky a vzájemné vzdálenosti jsou pro sousední prvky v pevném poměru daném podílem logaritmů jejich rezonančních kmitočtů. Tato anténa reaguje na elektrickou složku E_r rušivého elektromagnetického pole s lineární polarizací, přičemž měření probíhá vždy v té polarizační rovině, v níž je měřená hodnota rušivého pole největší.

Rušivé signály vyzařované jednotlivými elektronickými součástkami, obvody a funkčními bloky je možné měřit speciálními měřicími sondami elektrického či magnetického pole. Tyto malé ruční antény (výstižně označované jako očíhávací) jsou vhodné pro

měření při vývoji a diagnostice elektronických zařízení, kdy je důležité sledovat nežádoucí vyzařování jednotlivých součástek a bloků přímo uvnitř vyvíjeného zařízení a dislokovat co nejpřesněji zdroj rušivého signálu. Měření pomocí měřicích sond není příliš reprodukovatelné, neboť výsledek závisí na mnoha neurčitých faktorech (míra přiblížení a úhel či natočení sondy vůči zdroji rušení apod.). Tato měření proto poskytují jen relativní údaj o intenzitě rušivého vyzařování v daném místě či obvodu. Příklady použití těchto měřicích sond jsou na obr. 15. Pro přesné určení zdrojů rušení bude stačit orientační měření s ručním pohybem sondy a zakreslením míst do výkresu DPS.

V současných podmínkách je nalezení vhodného zkušebního stanoviště na volném prostranství pro anténní měření elektromagnetického rušení velmi obtížné. Ideálním a pravděpodobně i jediným řešením je anténní měření v tzv. bezodrazové (absorpční) stíněné komoře. Je to elektromagneticky stíněný prostor potřebných rozměrů, jehož vnitřní stěny (včetně stropu a mnohdy i podlahy) jsou obloženy elektromagneticky absorpčním (pohlcujícím) materiálem, který silně omezuje vnitřní odrazy v komoře v širokém pásmu kmitočtů.



Obrázek 13: Proudová sonda



Obrázek 14: Vlevo rámová anténa, vpravo logaritmicko-periodická anténa [11]



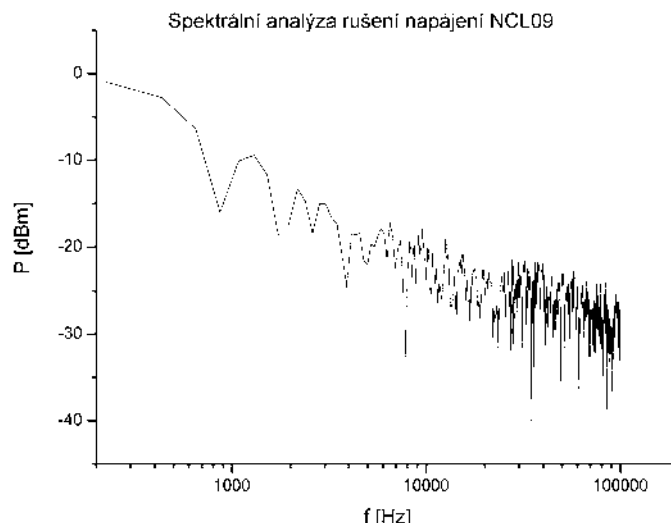
Obrázek 15: Měřicí sondy pro měření blízkého magnetického pole[11]

Použité měřicí přístroje

- Laboratorní zdroj Matrix MPS-3005L-3
- Scopemetr Fluke 199C 200MHz
- Proudová sonda EJNI
- Napěťová sonda HP9250
- Spektrální analyzátor R&S ZVL
- Testovací přijímač R&S ESCS30
- Logaritmickoperiodická anténa

Tabulka 5: Měření vyzařování EM rušení jednotky NCL09

	Kmitočet rušení	Výkonová úroveň rušení
f_1	896,3 MHz	-46,68dBm
f_2	1,734 GHz	-48,52dBm



Obrázek 16: Spektrální analýza rušení v napájení jednotky NCL09

Naměřené hodnoty

Hodnocení měření

Ve stíněné komoře byly provedeny měření vyzařování EM rušení jednotky NCL09. Měření bylo téměř neopakovatelné z důvodu náhodného vysílání GSM modulu. Nakonec se podařilo spektrálním analyzátozem zachytit okamžiky, kdy modul vysílal v pásmu 900MHz a také v pásmu 1,8GHz. V obou případech byla naměřena úroveň rušivého signálu, které o cca 25dB převyšovala úroveň šumu. Záznamy obrazovky ze spektrálního analyzátoru jsou na přiloženém CD ve složce měření v souborech „NCL09-2GHz.BMP“ a „NCL09-1GHz.BMP“. Pomocí markeru byly odečteny údaje zanesené v tabulce 5. Měření není statisticky zpracováno, protože se nepodařilo vícekrát opakovat měření. Ze stejného důvodu nebyla provedena lokalizace rušení pomocí měřícího přijímače a měřících sond.

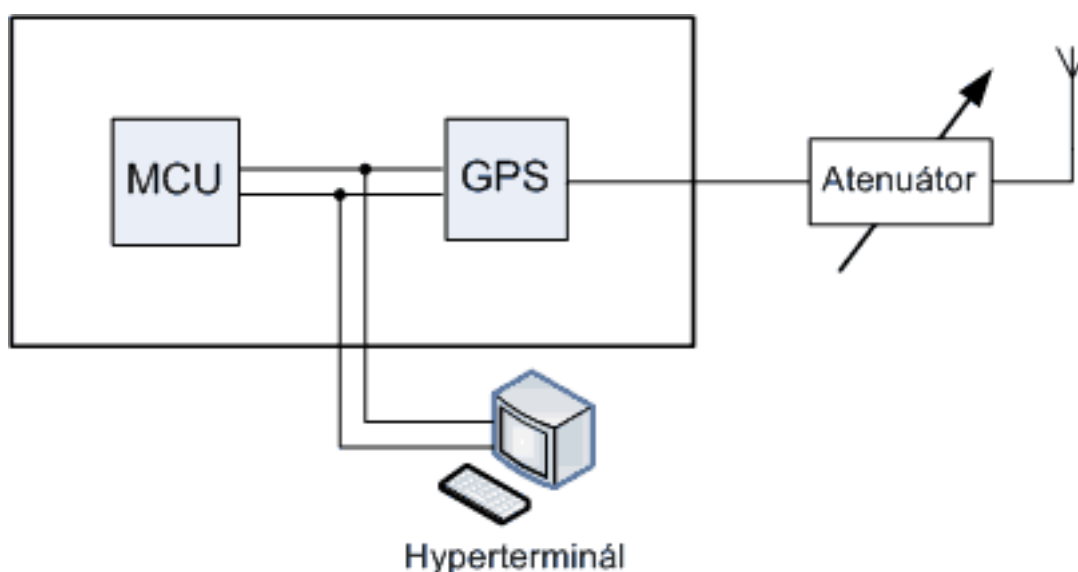
Za pomoci osciloskopu bylo provedeno měření rušení po napájecích vodičích. Měření je provedeno v době, kdy GSM modem komunikuje a má zastíněnou anténu. Naměřené spektrum je na obrázku 16. Soubor pořízených dat je na přiloženém CD ve složce měření v „souboru ncl09_ruseni_napajeni_12v_spektrum.xls“. Naměřené úrovně rušení by neměly za provozu způsobovat problémy.

4.1.3 Měření parametrů GPS

Zjišťování polohy sledovací jednotky zajišťuje modul GPS přijímače. Důležitý parametr přijímače je jeho citlivost. Ta totiž ovlivňuje rychlost zachycení polohy přijímačem a nepřímo také přesnost s jakou je poloha určena. Měření bude probíhat zachytáváním komunikačního protokolu NMEA. Blokové schéma zapojení měření je na obr. 17. Sériová linka se připojí k počítači a pomocí terminálu se bude zachytávat komunikační

protokol NMEA. Z údajů přijatých terminálem se určí síla signálu přijímaných družic. Následně se bude snižovat úroveň signálu družic pomocí attenuátoru. Při dostatečně velkém útlumu attenuátoru klesne signál z družice pod úroveň citlivosti přijímače. Tento stav se vyhodnotí z údajů NMEA protokolu a naměřené hodnoty se zaznamenají. Pro správné měření je nezbytné aby attenuátor byl konstruován pro kmitočty do cca 2GHz (kmitočet přijímaného kanálu L1 1575,42 MHz).

Měření rychlosti zachycení polohy bude probíhat se stejným zapojením pracoviště jako v případě měření citlivosti. Nejprve nastavíme útlum attenuátoru takový, aby nebyl přijímán signál ze žádné družice. Následně nastavíme nulový útlum a začneme měřit čas. Z protokolu NMEA průběžně zjišťujeme údaje o pozici. Jakmile je úspěšně určena pozice, zaznamenáme čas.



Obrázek 17: Měření citlivosti a rychlosti zachycení GPS přijímače

Použité měřicí přístroje

- laboratorní zdroj Matrix MPS-3005L-3
- přesný attenuátor HP
- pasivní GPS anténa GARMIN
- převodník USART / USB
- notebook s programem sirfdemo_NMEA.exe

Naměřené hodnoty Pro statistické zpracování měření bylo použito pravidlo $\pm\sigma$.

- Měření citlivosti GPS - ztráta signálu opakovaně při úrovni $\frac{C}{N_0}$ 10 ± 0 dB.
- Doba zachycení polohy při „studeném startu“ a s viditelnými 6ti satelity $50,6\pm 12,6$ s.

- Doba zachycení polohy při „tepla startu“ a s viditelnými 5ti satelity je v tab.6.

Tabulka 6: Měření doby zachycení polohy satelitem za „tepla“

nastaveny utlum [dB]	čas zachyceni polohy [s]
0	4,8±2,23
5	5,8±1,6
10	12,4±3,38

Hodnocení měření Měření byla provedena na GPS modulu A1080 na jednotce NCL09. Naměřené výsledky jsou závislé na místu a také na aktuálním stavu počasí. Během měření bylo slunečné počasí s jasnou oblohou. Měření by mělo být prováděno jako srovnávací zároveň s několika různými GPS přijímači. Naměřené data jsou na přiloženém CD ve složce měření v souboru „mereni GPS.xls“.

4.1.4 Měření parametrů akcelerometru

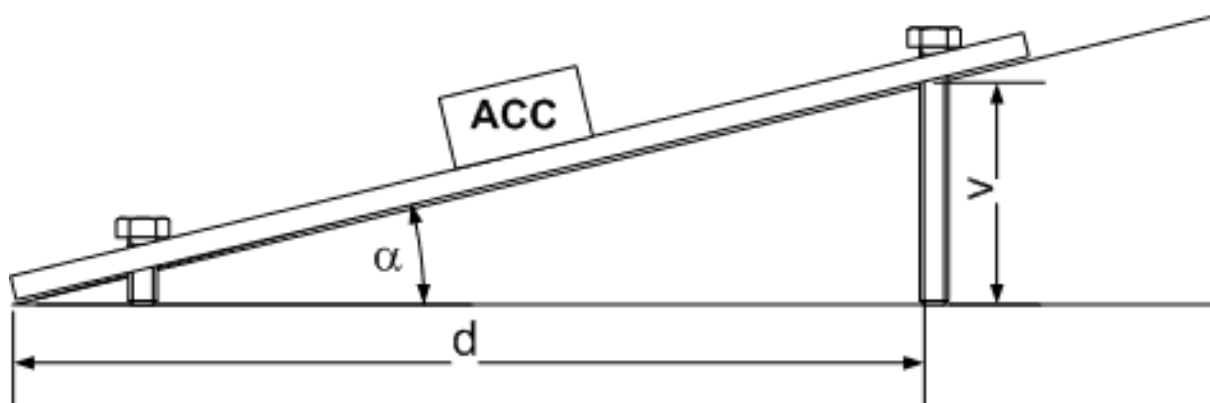
Akcelerometr je senzor, který umožňuje měřit zrychlení působící na jeho ústrojí. Čím je akcelerometr lepší, tím menší zrychlení umožňuje měřit. Měřicí technika pro přímé měření zrychlení není běžně dostupná. K měření přesnosti akcelerometru bude využito gravitační zrychlení, které ústrojí akcelerometru také měří. Je-li obvod v klidu, pak po vhodném matematickém zpracování dokáže přesně změřit gravitační zrychlení. Přesnost měření ovlivňují i další faktory. Jedním z nich je šum, který se superponuje na měřené zrychlení. Šum ovlivňuje konstrukce akcelerometru a také šířka pásma, ve kterém je zrychlení měřeno. Šum lze potlačit pomocí filtrace. Další parametr, který výrazně ovlivňuje měření jsou teplotní změny. Výstupní hodnota měřeného zrychlení je značně závislá na teplotě čipu. Tyto nepřesnosti je možné kompenzovat na základě změřených teplotních charakteristik. Toto měření je potřeba provádět v teplotní komoře.

Pro měření citlivosti bude obvod s akcelerometrem umístěn na plošinu znázorněnou na obr.18. Pomocí stavěcích šroubů bude plošinu naklápět tak, aby se gravitační složka projevovala pouze v jedné ose. Naměřená hodnota je velikost gravitačního vektoru g_m , která bude zaznamenána. Následně bude měněn sklon plošiny tak, aby se v druhé ose promítlo gravitační zrychlení. Jakmile se hodnota zrychlení změní o 1 bit, bude změřena výška v stavěcího šroubu a pomocí trigonometrických funkcí bude vypočten náklon α dle vztahu (22). Následně ze vztahu (23) bude vypočtena velikost zrychlení v ose y . Tato hodnota odpovídá přesnosti akcelerometru.

Pro potřeby měření byla vyvinuta poloautomatizovaná náklonná plošina s mikroprocesorem ATMEGA32. Náklon plošiny je řízen pomocí příkazů z PC. Měřená data jsou předávána do PC. Protože je výstupní signál akcelerometru zkreslen poměrně velkým množstvím šumu je nezbytné signál filtrovat. Filtr měřeného systému je implementován softwarově do MCU měřící plošiny. Citlivost akcelerometru je závislá především na typu a nastavení filtru.

$$\alpha = \arctan \frac{v}{d} [\circ, m, m] \quad (22)$$

$$a_y = \frac{\sin \alpha}{g_m} [m \cdot s^{-2}, \circ, m \cdot s^{-2}] \quad (23)$$



Obrázek 18: Měření přesnosti akcelerometru

Použité měřicí přístroje

- laboratorní zdroj Matrix MPS-3005L-3
- náklonná měřicí plošina
- univerzální vývojový kit s ATMEGA32, který zajišťoval naklápění plošiny a sběr dat z akcelerometru

Naměřené hodnoty

Měřené hodnoty byly statisticky zpracovány podle pravidla $\pm \sigma$.

Pomocí náklonné plošiny bylo zjištěno, že akcelerometr LIS3DH má přesnost 12b. Citlivost akcelerometru byla stanovena měřením v ose x na $1 \pm 0,5$ mg a ose y na $1 \pm 0,54$ mg.

Tabulka 7: Kalibrační hodnoty akcelerometru, termistoru

t skut. [°C]	t měřená		měřené g	
	μ [ing]	σ [ing]	μ [ing]	σ [ing]
-20,0	-8923	57,8	16852,8	284,61
-10,0	-6510	28,9	16828,7	402,51
0,0	-3953	36,8	16805,6	319,74
10,0	-1490	44,8	16793,9	267,24
20,0	1152	48,4	16760,1	488,08
30,0	3831	22,4	16725,5	397,50
40,0	6597	45,0	16713,6	239,11
50,0	9207	40,9	16682,2	331,15
60,0	11753	39,1	16680,7	132,81

Hodnocení měření

Při měření bylo zjištěno, že při ochlazení akcelerometru na teploty pod bod mrazu je značně ovlivňována časová základna obvodu LIS3DH. To mělo za následek znemožnění vícenásobného čtení dat. Aby mohly být prováděny měření, muselo být použito vyčítání postupně po jednotlivých registrech.

Měřením byla ověřena výrobcem udávaná citlivost 1mg. Dále byly změřeny teplotní závislosti akcelerometru za pomoci náklonné plošiny umístěné v kalibrované termostatické komoře. Měření bylo prováděno se vzorkovacím kmitočtem 400Hz. Po statistickém zpracování výsledků se ukázalo, že byly použity moc malé soubory dat. Pro přesnější kalibraci by měly být naměřeny soubor dat s odhadovaným počtem prvků 1000.

4.2 Měření v provozu

Na základě transformační matice popsané v kapitole 3.2.3 a kalibrační metodě popsané v kapitole 3.2.4 je teoreticky možné provést kalibraci libovolně namontovaného tříosého akcelerometru. Po kalibraci by mělo být možné měřit zrychlení, které působí v souřadnicovém systému automobilu. Na základě zrychlení měřeného v ose Z by mohl být vyhodnocován vertikální pohyb vozidla. Teoreticky by mělo být možné vyhodnocovat údaje rovnosti nebo nerovnosti povrchu silnice. Při vhodném postupu vyhodnocení a porovnání měřených dat s aktuální rychlostí vozidla by mohl vzniknout aparát pro vyhodnocení přizpůsobení rychlosti jízdy stavu vozovky.

Výše postup bude třeba ověřit na testovacím vzorku dat. V případě pozitivního výsledku bude navrhnout algoritmus, který bude zpracovávat zrychlení. Algoritmus bude implementován na mikroprocesor a budou pomocí něj nasbírána reálná data z provozu. Ty budou přeneseny do počítače a s využitím prostředí matlab budou provedeny analýzy. Na základě analýz bude optimalizován algoritmus, jehož fungování bude experimentálně ověřeno. V případě, že experiment potvrdí teoretické předpoklady mohl by být algoritmus optimalizován pro jednotku NCL09 implementován do jejího software. Software by mohl být nahrán do testovacích jednotek, které by po delší dobu sbíraly údaje z reálného provozu.

4.2.1 Měřicí systém pro sběr dat

Pro získání testovacího souboru dat bylo potřeba vytvořit systém sběru dat. K tomuto účelu se ukázal jako velmi dobrý vývojový kit Badge Board firmy Freescale. Tento kit má výkonný 32 bitový procesor MCF51JM s jádrem ColdFire v1 a má mnoho komunikačních rozhraní. Může být napájen z USB adaptéru, ale také z vlastního zdroje energie v podobě Li-ion akumulátoru. Přímě na DPS je osazen slot pro paměťovou kartu. Na rozšiřující rozhraní je vyvedeno mj. rozhraní SPI a USART. Díky těmto vlastnostem je kit předurčen k mobilnímu sběru dat.

Na USART rozhraní byla přímo připojena jednotka NCL09, ze které byly získávány údaje o rychlosti vozidla. Na SPI rozhraní byl připojen akcelerometr LIS3DH, který bude použit v inovované jednotce pro sledování mobilních objektů. Data budou sbírány s využitím SD karty, kterou je pak možné jednoduše připojit k PC.

4.2.2 Akcelerometr LIS3DH

Akcelerometr LIS3DH firmy ST microelectronics umožňuje měřit zrychlení o frekvencích 0 - 2,5kHz současně ve všech třech osách. Vyráběn je v pouzdru LGA16, které je nevhodné pro experimentální účely. Proto byla vytvořena DPS, která slouží jako redukce. Redukce umožňuje převodu logických úrovní a napájecího napětí z úrovní vyšších, než je povolené napájecí napětí obvodu LIS3DH. Rozmezí pracovních napětí LIS3DH je 1,71 – 3,6V. DPS redukce je napětí stabilizováno na cca 2,5V pomocí napěťové reference TL431ILP. Stabilizace pomocí napěťové reference bylo zvoleno z důvodu snížení rušení z napájení.

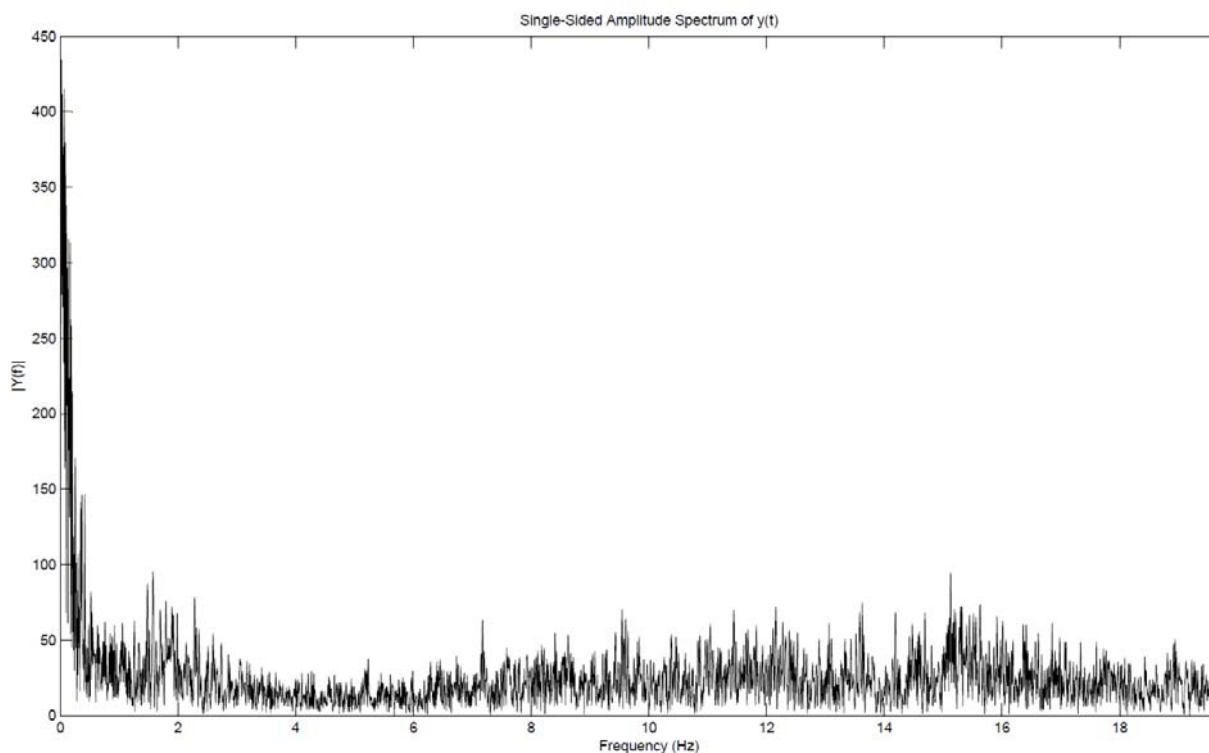
Vlastní obvod akcelerometru má zabudován systém pro základní úpravu a krátkodobé uložení měřených dat. Mezi jinými má následující funkce: tříosé měření zrychlení s maximálním rozlišením 12b a v nejnižším rozsahu citlivost 1mg, měření teploty s přesností 1°C, 32 úroňový 10bitový FIFO buffer, základní detekci různých signálů.

Akcelerometr byl softwarově zkalibrován pomocí měření, které je popsáno v kapitole 4.1.4.

4.2.3 Měření zrychlení v autě

Literatura popisující silniční a kolejové vozidla uvádí, že lidé jsou velmi citliví na působení kmitočtu 5Hz. Z tohoto důvodu jsou vypružení všech vozidel určených pro přepravu osob konstruována tak, aby účinně potlačovala mechanické kmity v oblasti 5Hz.

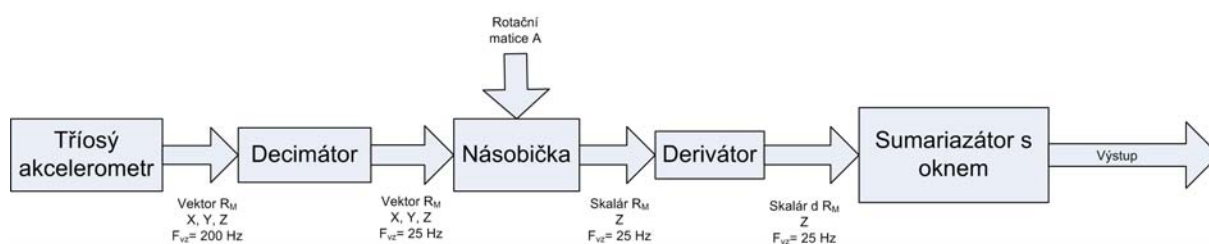
Před sběrem dat v autě musel být naprogramován a ověřen kalibrační algoritmus. Pro tento účel byla velmi vhodná poloautomatizovaná náklonná plošina, pomocí které bylo simulováno natočení pohyblivého a pevného souřadného systému. Algoritmus byl úspěšně implementován do MCU vývojového kutu BadgeBoard. S jeho pomocí byl nejprve proveden vysokorychlostní sběr dat. Na vzorku dat jízdy po „rozbité“ cestě byl navrhnuta míra decimace ke snížení šumu. Po úpravě signálu byla provedena spektrální analýza. Výsledek spektrální analýzy je na obr. 19. Z vykresleného spektra je patrné, že psáno kolem 5Hz je dobře zatlumené. Z rozložení spektrálních složek vyplývá pro další zpracování několik podstatných faktů. Vlastní rezonanční frekvence tlumičů je v pásmu kolem 2Hz, toto pásmo je důležité pro vyhodnocování rázů z vozovky. Největší spektrální složka je tvořena gravitačním zrychlením, které bude potřeba odstranit filtrem typu dolní zadrž. Poměrně široké pásmo v okolí 5 Hz je dobře zatlumené. Díky tomu bude možné použít jednodušší filtr typu dolní propust s malou strmostí.



Obrázek 19: Spektrální analýza rázů osy Z

4.2.4 Zpracování měření

Na základě poznatků o rozložení frekvenčních složek byly postupně navrženy a odladěny číslicové filtry.



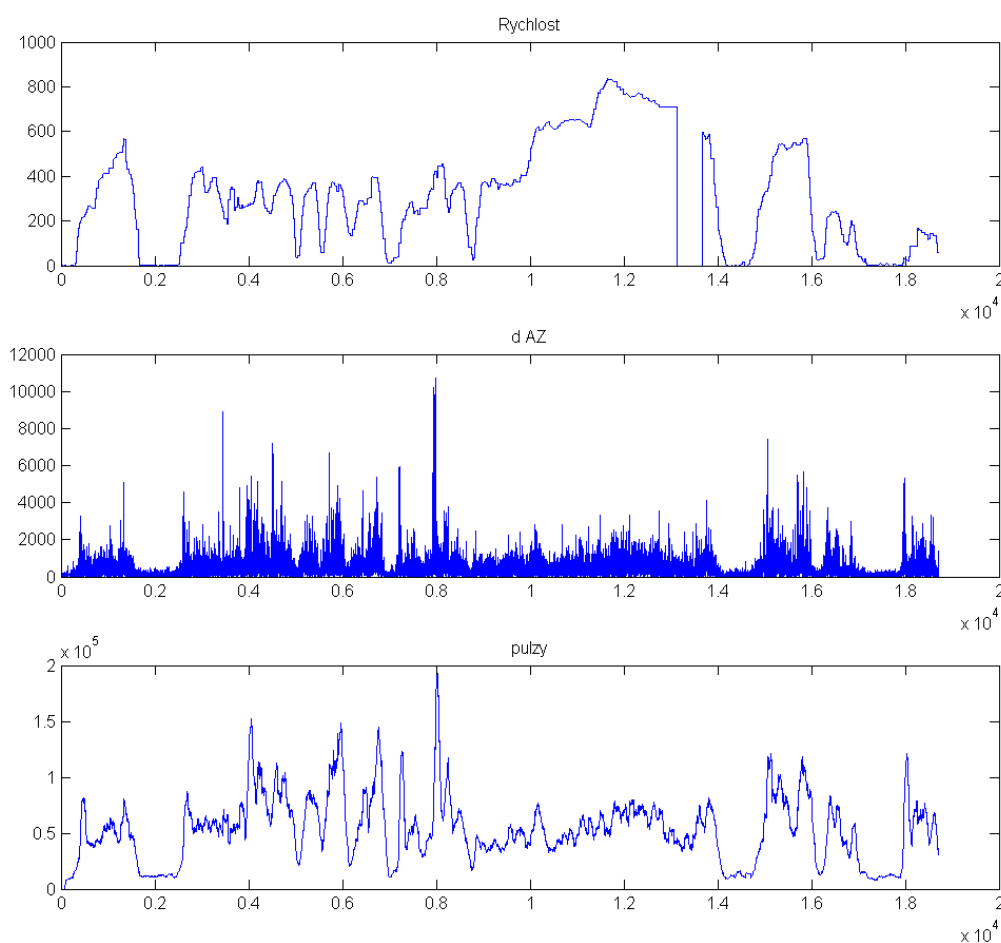
Obrázek 20: Blokový diagram algoritmu zpracování signálu Z akcelerometru

Data z akcelerometru jsou navzorkovaná s mnohonásobně vyšší frekvencí, než je potřeba podle Shannon-Kotělnikova teorému. Důvodem převzorkování je, že měřená zrychlení jsou značně zkreslená šumem. Nejjednodušší způsob jak zvýšit odstup signálu od šumu je signál průměrovat. Po průměrování následuje korekce pootočením souřadných soustav. Po natočení je již vybrán pouze signál osy Z, který prochází derivátorem. Derivátor je tvořen odečtením dvou po sobě následujících vzorků. Vzájemně odečtené vzorky jsou z důvodu snazšího zpracování usměrněny. Pomocí derivátoru je účinně potlačeno gravitační zrychlení a to i v případě, že auto mění svůj náklon z důvodu jízdy do kopce nebo z kopce. Celý uvedený postup zpracování je realizován na vývojovém kitu BadgeBoard. Výstupní data z derivátoru společně s údajem o přesném

čas a aktuální rychlosti jsou ukládány na paměťovou kartu.

Uložené data z paměťové karty jsou vykresleny do grafů, který můžeme vidět na obrázku 21. Ve všech grafech je na ose x čas v ms. Na horním průběhu je vykreslena aktuální rychlost vozidla v jednotkách dm/h. Na prostředním průběhu můžeme vidět signál zrychlení zpracovaný algoritmem implementovaným do BadgeBoardu. Poslední průběh zobrazuje výstup ze sumarizátoru, který je realizován v prostředí Matlab. Průběhy které jsou na obrázku 21 reprezentují průjezd Brnem, kde se střídají silnice různé kvality. Ve střední části grafu můžeme vidět jízdu po nové silnici. Jedná se o časový úsek $0,9 - 1,3 \cdot 10^4$ ms. Stejný povrch byl projížděn rychlostmi 40, 60 a 80 km/h. Z posledního grafu můžeme vidět, že došlo jen k mírnému zvýšení velikosti rázů. Úsek můžeme porovnat horší silnicí, která byla projížděna v časovém úseku $1,5 - 1,6 \cdot 10^4$ ms. Zjevně zde došlo ke zvýšení velikosti rázů. Při dlouhodobém porovnávání údajů o rychlosti s údaji o velikosti rázů, může být vyhodnoceno chování řidičů k vozidlu. Vliv různých vypružení vozidel může být eliminován pomocí dlouhodobého plovoucího průměru.

Zdrojové kódy algoritmů pro matlab a Codewarior jsou na přiloženém CD ve složce algoritmy.



Obrázek 21: Vyhodnocení rázů vozovky v autě

5 Návrh inovované jednotky

Inovovaný modul pro sledování mobilních objektů bude navržen na základě jednotek NCL. Jejich konstrukce byly analyzovány v kapitole 2.

Problém jednotek NCL07 byl v koncepci, která vycházela z předpokladu, že uvnitř automobilu bude dostatečně velký prostor pro montáž. Informace ze servisů, které montovaly sledovací jednotky do aut, byly opačné. V moderních autech je čím dál méně prostoru. Konkurenční firmy začaly nabízet menší a levnější jednotky.

Jednotka NCL09 byla vyvíjena s cílem zmenšit rozměry a snížit cenu. Výsledná jednotka je výrazně menší, ale její funkčnost je omezena rušením. To bylo nakonec potlačeno pomocí odrušovacích kondenzátorů a úprav software. Jednotku zbytečně prodražuje ruční osazování některých součástek. Jsou to především SIM karta a superkapacitor.

Nová inovovaná jednotka by měla odstranit výše uvedené nedostatky. Zároveň z důvodu zachování konkurenceschopnosti se nesmí zvýšit její cena. Z tohoto důvodu bude co nejvíce využita součástková základna firmy NAM system. Hlavní kritérium pro výběr nových součástek bude cena. V první řadě budou upraveny napájecí obvody, což je asi nejsložitější část celé jednotky. Optimální by bylo sjednotit veškerá napájecí napětí na jediné.

5.1 Napájecí obvody

Kvalitní napájecí zdroj je základní předpoklad pro správnou funkci celého zařízení. Nesprávně navržená napájecí část může ovlivnit funkčnost zařízení samotného i dalších, které jsou napájeny ze stejného zdroje. Jednotka NCL09 je napájena z palubní sítě vozidla s nominálním napětím 12 nebo 24V. Ve 12V síti klesá napětí během startu motoru vozidla až k 6V. Oproti tomu u 24V sítě a nabitě baterie napětí špičkově dosahuje až 30V. Napájecí napětí je filtrováno a pomocí DC/DC měniče sníženo na 4V. Přímo je napájen pouze GSM modul, ostatní obvody jsou napájeny přes filtry, nebo stabilizátory napětí.

5.1.1 DC/DC měnič

V jednotkách NCL používaný obvod měniče LM3485 nemá stálou pracovní frekvenci. Při provozu s proměnnou zátěží se mění frekvence spínání výstupního tranzistoru. Filtrace výstupu měniče je složitější a ne vždy dojde k úplnému potlačení rušení. Následkem může být šíření rušivých frekvencí po napájení uvnitř i vně přístroje. Měnič se stabilní pracovní frekvencí je možné mnohem lépe filtrovat. Měnič by měl mít stabilní pracovní kmitočet.

Nové typy měničů potřebují jen velmi málo součástek a většinou mají integrovaný spínací tranzistor. Zapojení s řídicím obvodem a externím tranzistorem se používá spíše jen pro proudy v řádu ampér. Díky integrování součástek do měniče může výrobce navrhnout měnič tak, aby spolehlivě pracoval i na vysokých frekvencích. To umožňuje použít menší tlumivky i filtrační kondenzátory. Rozměry měniče můžou být díky tomu velmi malé.

Z důvodu napájení jednotky z baterie je potřeba, aby měl měnič malý klidový odběr. U běžných měničů je řící elektronika trvale zapnutá. Výstupní tranzistor je spínán na velmi krátkou dobu, za kterou se ani nestihne otevřít. Tím je neustále spotřebována energie, která není předávána na výstup. Zbytečně se tak zvyšuje klidový odběr. Z důvodu úspory energie začínají výrobci vyrábět tzv. „chytré“ měniče, které se při nízkém odběru automaticky přepínají je režimu s nízkou spotřebou. Chytrý měnič se při poklesu výstupního napětí se na chvíli zapne, nabije výstupní kondenzátor a opět se uvede do režimu nízké spotřeby.

Na základě údajů o odběru jednotky NCL09 z tabulky 2 byl stanoven špičkový proudový odběr 2A a průměrný odběr s rezervou na 1A.

Požadované parametry nového měniče:

- vstupní napětí 6 - 30V
- výstupní napětí 3 - 4 V
- stabilní pracovní frekvence
- integrovaný spínací tranzistor, minimum okolních součástek
- rozsah proudů dodávaných do zátěže 1mA - 1A, špičkově 2A
- klidový odběr <5mA - dobrá účinnost v celém rozsahu proudového odběru
- nepovinný parametr minimální pracovní kmitočet 600kHz

Podle požadovaných parametrů byly vyhledány měniče. Posuzován byl sortiment mnoha výrobců, mezi jinými také National Semiconductor, Analog Devices, Maxim-IC a Texas Instruments. Požadované parametry splnil pouze měnič TPS54140 firmy Texas Instrument. K 1.3.2011 byl dle nabídky distributora Mouser Electronics nabízen za 1,75€. Tato cena je příliš velká ve srovnání se současnou cenou měniče cca 17Kč/ks.

Částečně také vyhověly měniče :

- LM2596 firmy National Semiconductor nevyhověl vysokým klidovým proudovým odběrem
- ADP2300 firmy Analog Devices nevyhověl malým maximálním napájecím napětím

Spínaný měnič pracuje na vysokých kmitočtech a může rušit další obvody po napájecích cestách. Měnič proto bude důsledně filtrován pomocí LC filtrů. Napájení obvodů citlivých na rušení bude filtrováno nebo stabilizováno pomocí lineárních stabilizátorů.

5.1.2 Odpojovací obvod GSM modulu

Při výpadku napájecího napětí je potřeba zálohovat napájení procesoru do doby, než jsou uložena důležitá data. Pro případ že by GSM modul právě vysílal, je ho potřeba odpojit od zálohovacího superkapacitoru. Odpojovací obvod je řešen pomocí spínacího tranzistoru, který ovládá procesor. Optimální by bylo oddělit superkapacitor diodou od

měníče a použít ho pouze jako zálohu napájecí větve pro GPS a procesor. Při výpadku napájení by automaticky vypadlo napájení i GSM modulu.

Odpojením od superkapacitoru je potřeba napájení GSM modulu filtrovat. Proudové špičky, které vznikají při vysílání GSM modulu je potřeba filtrovat dostatečně velkým kondenzátorem. Kondenzátor zároveň musí zajistit, aby po dobu vysílání nedošlo k příliš velkému poklesu napětí. Maximální dobu vysílání lze odvodit z principu fungování GSM sítě dle [24]. Během navazování spojení a běžné komunikace GSM modulu se sítí je používán jeden vysílací Timeslot. Při datových přenosech může být k vysílání využito kódovací schématu CS-4, které využívá až 4 Timesloty.

V této aplikaci ale není potřeba dosahovat velkých přenosových rychlostí. Proto je využito výhradně kódovací schéma CS-1, které ve vysílacím bustu využívá pouze 1TS. Tomu odpovídá doba vysílání cca 0,6 ms, během které může dosahovat proudový odběr až 2A. Vysílací TS se opakuje po 4,6 ms prodlevě. Během této doby dojde k nabití kondenzátoru. Na základě údaje z datasheet GSM modulu nesmí napětí poklesnout o více než 0,3V. Kapacitu kondenzátoru je možné jednoduše vypočítat dosazením do vztahu 24 [17, s. 94]:

$$C = \frac{I}{\frac{\Delta U}{\Delta t}} [F], \quad (24)$$

kde: I představuje impulzní proudovou spotřebu modemu v A, ΔU je maximální přípustná změna napětí ve V a Δt je doba trvání proudového impulzu v s. Minimální potřebná kapacita kondenzátoru vyjde 4mF. Výpočet kapacity vychází z ideálního stavu a nepočítá s vnitřní odporem kondenzátoru. Elektrolytický kondenzátor běžné konstrukce by měl rozměry 12,5x30mm, navýšil by cenu o desítky korun a výrazně zvýšil výšku přístroje, nebo zabral mnoho místa na DPS. Při použití superkapacitoru by byla situace podobná. Z výše uvedených důvodů vychází nejlépe varianta s odpojovacím tranzistorem.

5.1.3 Zálohovací akumulátor

V případě výpadku napájecího napětí by bylo vhodné zálohovat sledovací jednotku pomocí akumulátoru. Napájecí napětí většiny obvodů sledovací jednotky je možné sledovat na jednu úroveň napětí cca 3V. Jediným obvodem, který potřebuje vyšší napětí je GSM modem. Při použití jednočlánkového Li-on nebo Li-pol akumulátoru by bylo možné napájet GSM modul přímo z baterie. Napájení ostatních obvodů by bylo řešeno měničem typu BUCK-BOOST. Firma Analog Devices vyrábí vhodné měniče, které mají integrovány všechny potřebné součástky vč. cívky. Na výstup stačí připojit jen filtrační kondenzátor.

Pro nabíjení Li-Ion a Li-Pol baterií dnes výrobci nabízí integrované obvody, které zajišťují optimální nabíjení akumulátoru. Jedním z takových obvodů je MC34673 firmy Freescale. K obvodu je potřeba připojit jen kondenzátor a referenční odpor. Dále je možné připojit externí teplotní čidlo měřící teplotu akumulátoru (bývá součástí baterie). Přímé napájení nabíjecího obvodu z palubní sítě není možné. Napětí by bylo potřeba snížit pomocí měniče na úroveň cca 5,5V.

Jednotka se zálohovaným napájením by byla výrazně dražší oproti nezálohované variantě. Proto nebude toto řešení dále rozebíráno.

5.2 Podpůrné obvody

5.2.1 Akcelerometr

V NCL07 a NCL09 používaný analogový akcelerometr MAA7260 je již zastaralý a výrobce ho brzy přestane vyrábět. Analogové akcelerometry jsou nahrazovány digitálními typy, které mají lepší parametry a některé i zabudovaný termistor.

Na základě analýzy byly stanoveny parametry nového akcelerometru:

- měření zrychlení s 12 bitovým rozlišením
- přepínatelné rozsahy mezi $\pm 1,5g$ a $\pm 6g$
- výkonová spektrální hustota šumu měření zrychlení menší než $350 \frac{\mu g}{\sqrt{Hz}}$
- digitální rozhraní IIC a SPI
- optimálně zabudovaný teploměr s minimální rozlišovací schopností $1^{\circ}C$
- cena pod 100Kč/ks

Podle požadovaných parametrů byly vyhledány akcelerometry. Posuzován byl sortiment mnoha výrobců, mezi jinými také Freescale, Analog Devices, Invensense a ST microelectronics. Požadované parametry splnily akcelerometry firmy ST microelectronics LIS302DLH, který nemá teploměr a LIS3DH s teploměrem. Oba akcelerometry jsou vyráběny ve stejném pouzdře LGA16 a jsou pinově kompatibilní. Vzhledem k zabudovanému teploměru byla vybrána dražší varianta LIS3DH.

Senzor LIS3DH má požadované měřicí rozsahy, ale několikanásobně nižší střední výkonovou spektrální hustotu šumu, konkrétně $50 \frac{\mu g}{\sqrt{Hz}}$. Díky tomu se je možné použít jednodušší filtraci s větší dynamickou odezvou. Tím se výrazně zlepší citlivost i přesnost měření. Obvod má vestavěný jednoduchý signálový procesor, pomocí kterého je možné dělat některé úpravy signálu. Obvod by měl měřit zrychlení s přesností 16b.

5.2.2 GPS

GPS přijímač A1080 používaný v jednotkách NCL07 a NCL09 přestane v dohledné době výrobce vyrábět. Proto je potřeba najít vhodnou náhradu. GPS přijímač A1080 byl připojen k MCU pomocí USART rozhraní a komunikace probíhala na protokolu NMEA. Z důvodu kompatibility software musí nový GPS přijímač komunikovat také po NMEA protokolu přes USART rozhraní.

Na základě analýzy byly stanoveny požadované parametry nového přijímače:

- komunikační rozhraní USART
- plocha do 2 cm^2

- minimální počet kanálů 32
- citlivost alespoň -147 dBm
- komunikační protokol NMEA

Srovnání parametrů nalezených přijímačů v následující tabulce:

Tabulka 8: Přehled GPS přijímačů

Typ GPS	GE863	GPS02	gps30f	SIM18	IT430	REB4315
Parametry	Telit	Orcam	Orcam	SIMCOM	Fastrax	Royaltek
šířka [mm]	31.4	15.5	18	11	9.6	13
délka [mm]	41.4	12.6	16	11	9.6	15
Plocha [cm ²]	13	1.95	2.88	1.21	0.9216	1.95
pouzdro	LGA					
počet kanálů	20	32	20	48	48	48
Citlivost sl.[dBm]		-158		-161	-163	-130
Citlivost hl.[dBm]		-149		-147		
horký start [s]		1	1	0.6		1
teplý start [s]		33				
studený start [s]		36	35	35		35
USART NMEA	ANO	ANO		ANO	ANO	ANO
U nap. min [V]	3.22	3	3.3	1.71	1.71	
U nap. max [V]	4.5	5	5.5	1.89	1.89	1.89
U nap. typ. [V]	3.8	3.3				1.8
Odběr st.by [A]	2,60E-05	6,00E-05	2,20E-05	1,80E-06	3,60E-05	2,00E-05
Odběr sled.[A]	1,13E-01	4,40E-02	3,40E-02	4,50E-02	6,80E-02	5,20E-02

U hodnocených přijímačů bylo shledáno, že jejich parametry jsou závislé na použitém čipu. Čip SirfStar IV je nejnovější a má také nejlepší parametry. Mezi přijímači s čipem SirfStarIV jsou minimální rozdíly. Přijímač SIM18 firmy SIMCOM má udanou nejnižší spotřebu a z cen nalezených u distributorů byl nejlevnější. Z těchto důvodů byl vybrán právě SIM18.

Napájecí napětí GPS přijímač SIM18 je 1,8V. Z tohoto důvodu je potřeba snížit 3V napájecí napětí. V NCL09 používaný lineární stabilizátor FAN2500 má příliš velkou nestabilitu výstupního napětí. Z tohoto důvodu musel být nalezen nový stabilizátor s výstupní napětím 1,8V a mezní odchylkou napětí max 0,054V. Za pomoci internetového vyhledávače distributora Farnell byl nalezen jako nejlevnější stabilizátor TC1015, který má požadované parametry.

5.2.3 GSM modul

GSM modul se může změnit jedině v případě, že bude nalezen jiný s lepšími parametry a nižší cenou. Jiný GSM modul, který by splňovat tuto podmínku nebyl.

Použití modul SIM900 je nový splňuje veškeré požadavky. Momentálně s ním nejsou výraznější problémy. Na základě měření EM vyzařování byl GSM modul určen jako

zdroj rušení. Pravděpodobnou příčinou je nevhodný návrh VF spoje na DPS. V době vypracování D.P. nebyl nalezen žádný důvod k výměně modemu.

V budoucnu jediný argument ke změně GSM modemu by mohlo být snížení spotřeby během datové komunikace. Datové přenosy v mobilních sítích nejsou uzpůsobeny k úspoře energie. Před každým zahájením nového datového přenosu se musí vytvořit tzv. virtuální okruh. Tento proces vždy zabere stejnou dobu, několik desítek sekund. Spojení je udržováno do doby, než dojde k ukončení přenosu. Výsledkem této procedury je, že při odesílání dat např. každou minutu se vyplatí udržovat spojení po celou dobu, i když nejsou přenášena žádná data. Principy datových přenosů jsou dány architekturou GSM sítě. Bez změny technologie GSM sítě je nepravděpodobné, že se podaří najít modem, který by měl výrazně nižší příkon při vysílání.

Nějaké úspory energie by bylo možné dosáhnout za cenu snížení četnosti aktualizace polohy. Příkladem může být zaznamenávání polohy po delší dobu a jednorázového odeslání většího množství dat. Jinou možností, která by se ale musela ověřit, je krátkodobé vypínání VF části modemu. Na krátkodobé vypnutí by měla síť reagovat stejně jako při ztrátě signálu, např. z důvodu hluchého místa v GSM síti. Používaná česká GSM síť operátora T-mobile je nastavená tak, aby v případě výpadku signálu udržovala spojení po dobu cca 15 sekund. Výše popsany postup úspory energie by se musel nejprve experimentálně ověřit. V případě dobrých výsledků by se musel zvolit modem, který umožňuje vypnutí VF částí.

Nezbytnou součástí GSM modemu je SIM karta. V jednotce NCL09 je používána SIM karta velikosti mini. V dnešní době se začínají používat tzv. mikro SIM karty rozměru 3ff. Byl nalezen jediný výrobce patice 3ff SIM karet. Je jím firma GRANDCON. Tato patice šetří prostor na DPS a proto bude použita v konstrukci inovované jednotky. Patice nemá prvek pro zafixování SIM karty. Fixace karty je možná pomocí přetaveného lepidla. Vzhledem k faktu, že při kompletaci je potřeba ručně vsunout kartu, nemělo by být její přilepení velkým problémem.

Nevýhodou klasických SIM karet je, nutnost manuálního zasunutí karty do patice. Tato operace odpadá při použití tzv. M2M SIM karet, které jsou vyrobeny v pouzdře klasického integrovaného obvodu a pájí se stejně jako jiné součástky. V jejich použití brání především operátoři, kteří tyto karty nenabízejí.

5.2.4 Antény

Na jednotce NCL09 jsou použity antény SMA a SMB. Žádný menší typ VF konektorů, které by byly dostatečně mechanicky odolné se nepodařilo najít. Konektory by bylo možné nahradit zabudováním antén přímo do sledovací jednotky. Tím by vznikl problém při montáži jednotky, protože GPS anténa musí být nasměrována na satelity. Varianta použitá v jednotce NCL09 se jeví jako nejlepší.

5.2.5 Přehled parametrů obvodů

Tabulka 9: Přehled parametrů obvodů inovované jednotky

typ	U min	U max	I min	I avr	I max	U in max	Uo H min	U požadavky
	[V]	[V]	[uA]	[mA]	[mA]	[V]	[V]	[V]
M16C/65	2,7	5,5	100	23	30	Vcc+0,3		Vrip. max 0,3
DS1819	2,7	5,5	10	0,01	0,01	Vcc		Vcc min 2,7
45DB081B	2,7	3,6	25	7	10	6,25	Vcc-0,2	
NC7S14	1,65	5,5	10	0,01	1	Vcc	Vcc	
SIM900	3,2	4,8	30	444	2000	3,1	2,8 - 0,1	Vrip. max 0,3
SIM18	1,71	1,89	18	40	45	3,6	Vcc*0,75	Vrip. 0,054
LMV932	1,8	5,5	210	0,21	0,41			
GPS anténa	2,7	3,3	0	30	50	Vcc+0,1		
LIS3DH	1,71	3,6	0,5	0,011	0,011	Vcc+0,1		
SIM karta	1,8	3	0	10	10			

5.3 Konstrukční řešení

Specifikace základní technických požadavků na inovovanou jednotku jsou uvedeny v kapitole 2.9. Z důvodu kompatibility software je nezbytné v konstrukci nové jednotky použít MCU Renesas M16C/65 a externí Flash paměť AT45DB081D.

Možnosti návrhu sledovací jednotky jsou výrazně omezeny její maximální cenou. Snížení ceny při zachování několika funkčních variant je možné dosáhnout výrobou velké série DPS. Ta bude stejná pro různé funkční varianty. Funkce budou měněny podle osazovacích variant, ve kterých nebudou osazeny některé součástky.

Napájecí zdroj není možné podstatně zjednodušit, bez zásadnějších změn v součástkové základně jednotky NCL09. Na základě technických požadavků a napětích požadovaných obvodů byly nalezeny následující varianty řešení napájecích zdrojů:

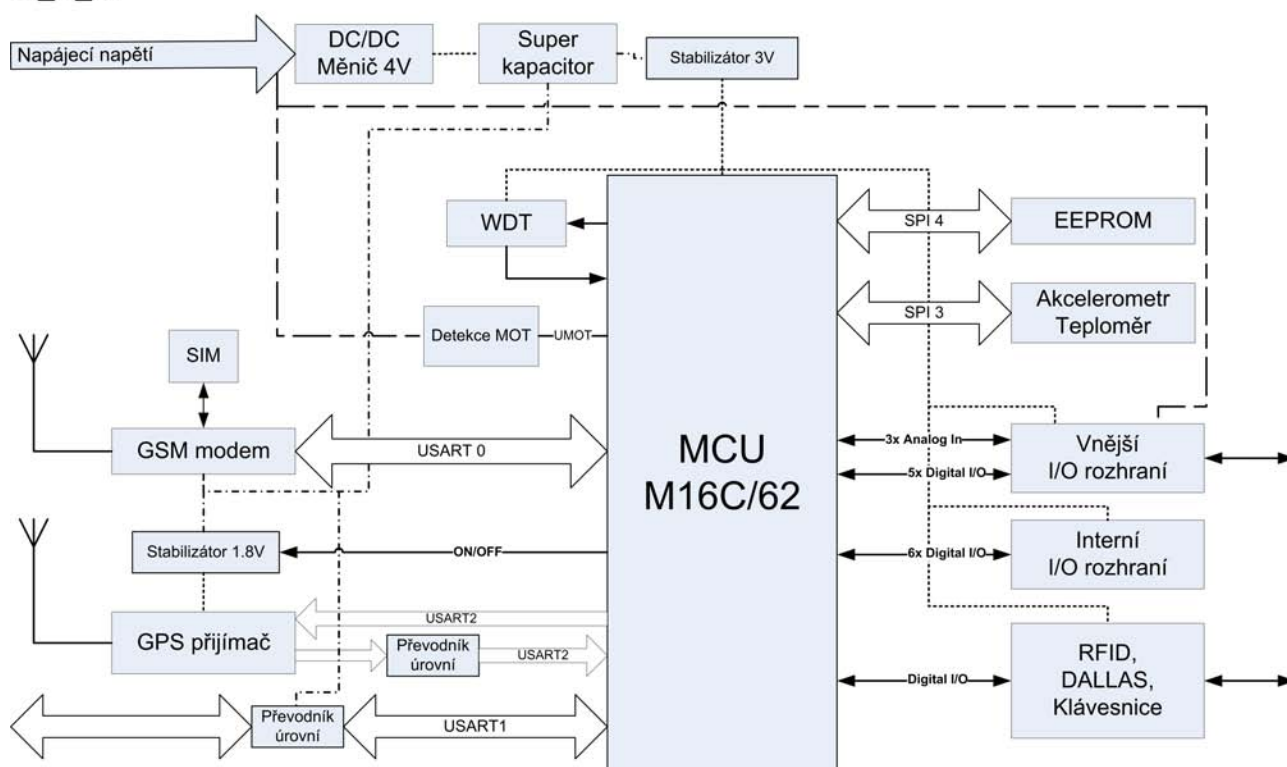
- Současná verze s driverem DC/DC měniče a "klouzající" frekvencí v kombinaci s externím tranzistorem je jednoznačně výhodná z hlediska ceny. Méně výhodné je toto řešení z hlediska vyššího rušení a také nižší účinnosti. (LM3485)
- Z pohledu co nejlepší eliminace rušení a zvýšení účinnosti, resp. snížení klidového odběru je lepší varianta s jedním "chytrým" měničem. Vzhledem k omezené nabídce výrobců tohoto typu měničů a velkému vstupnímu napětí má tato varianta nevýhodu ve vyšší ceně. (tps54240)
- Kompromisní varianta z hlediska eliminace rušení by byla použít 2 měniče. První měnič (LM2596) s horšími parametry klidového odběru pro GPRS modem a pro ostatní části druhý "chytrý" měnič (TPS54040) s nižším maximálním proudem. Výhodou řešení by bylo účinné potlačení rušení GPRS modemu a velmi dobrá účinnost při vypnutém GPRS modemu. Nevýhod je ale mnohem více - větší počet součástek, vyšší cena, více zabraného prostoru na DPS.

Z výše uvedených variant je nejvýhodnější varianta použitá v jednotce NCL09. Pro snížení napájecího napětí bude využit stávající DC/DC měnič LM3485. Pro zálohování napětí při odpojení napájení bude využit superkapacitor firmy AVX.

Vzhledem k různorodosti požadavků na napájení jednotlivých obvodů přichází v úvahu jako cenově nejrozumnější možnost napájení pomocí tří různých napětí. Hlavní napájecí napětí většiny obvodů bude přizpůsobeno zdroji IO části GPRS modemu, tedy cca 2,5 - 3,1V. Ostatní posuzované varianty by vedly k navyšování počtu součástek v podobě převodníků logických úrovní.

Blokové schéma jednotky je na obr. 22.

Blokové schéma
H_D_v8



Obrázek 22: Blokové schéma inovované jednotky

Pro tvorbu schématu a DPS byl zvolen program EAGLE z důvodu dostupnosti plné verze na školních počítačích. Dílčí bloky původních zapojení mohly být převzaty s nedostatky, které v původním zapojení neovlivňovaly funkci obvodu. Z důvodu eliminace možných chyb byly obvodové zapojení postupně analyzovány a následně zakresleny do schématu nové jednotky.

V maximální míře byla převzata součástková základna firmy NAM system, doplněná o nově vybrané součástky.

Schéma hlavní DPS je přiloženo v příloze a na příloženém CD.

6 Návrh plošného spoje inovovaného modulu

Návrh funkční DPS je složitá inženýrská práce, u které je potřeba brát ohled nejen na vyrobiteľnosť DPS, ale i její funkčnost. Špatný návrh DPS může způsobit EM vyzařování do okolí. Prvním a velmi důležitým předpokladem ke kvalitnímu návrhu DPS je dobrá knihovna součástek. Layout všech součástek byl kompletně překreslen podle doporučení výrobců.

6.1 Teorie návrhu DPS

Při návrhu DPS je třeba brát v úvahu parametry dané fyzikálními vlastnostmi. Plošné spoje stejně jako elektrické vodiče mají svou impedanci a signál se jimi šíří konečnou rychlostí. Při přenosu střídavého signálu s vlnovou délkou mnohem větší než je délka spoje můžeme tyto parametry zanedbat. Navrhovaná sledovací jednotka obsahuje i VF části, jejichž vlnová délka se přibližuje mechanickým rozměrům. Na takové obvody je potřeba nahlížet jako na vedení s rozprostřenými parametry. Správný návrh takových vedení bude podrobněji rozebrán v této kapitole.

6.1.1 Návrh VF spojů

Při návrhu VF spojů je třeba brát v úvahu jejich parazitní vlastnosti, které se projevují vůči ostatním spojům. Jsou jimi především indukčnost a kapacita. VF cesty by měly být navrženy tak, aby pod vrstvou s VF spojem byla vrstva se zemnicí plochou. VF spoj pak má podobné vlastnosti jako vlnovod. Na základě mechanických rozměrů lze stanovit charakteristickou impedanci spoje. V případě, že VF spoj propojuje vysílač nebo přijímač s anténou, je třeba, aby měl charakteristickou impedanci $Z_0 = 50\Omega$. Impedanci spoje nad vodivou plochou je možné vypočítat podle vzorce 25 [17]:

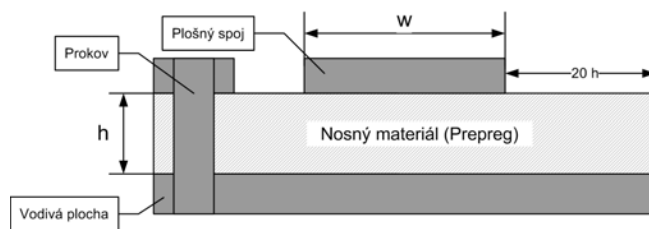
$$Z_0 = \frac{120 \cdot \pi}{\sqrt{\left(1 + 1,5 \cdot \frac{h}{w}\right) \cdot \left(1 + \frac{h}{w}\right) \cdot \sqrt{\varepsilon_r}}} \cdot \frac{h}{w}, [\Omega] \quad (25)$$

kde: h je výška nosného materiálu tzv. Prepregu, w je šířka spoje a ε_r je relativní permitivita nosného materiálu viz obr. 23. Běžně používaný nosný materiál je FR4, který má $\varepsilon_r \approx 4,4$. Typ a výšku nosného materiálu je možné zvolit z nabídky výrobce DPS. Prototypovou výrobu DPS pro firmu NAM system zajišťuje firma Gatema. Složení DPS a použité materiály podle konstrukčních podkladů firmy Gatema je na obr. 24. DPS složená ze standardních materiálů má vzdálenost sousedních vnějších vrstev $h = 0,295 \text{ mm}$.

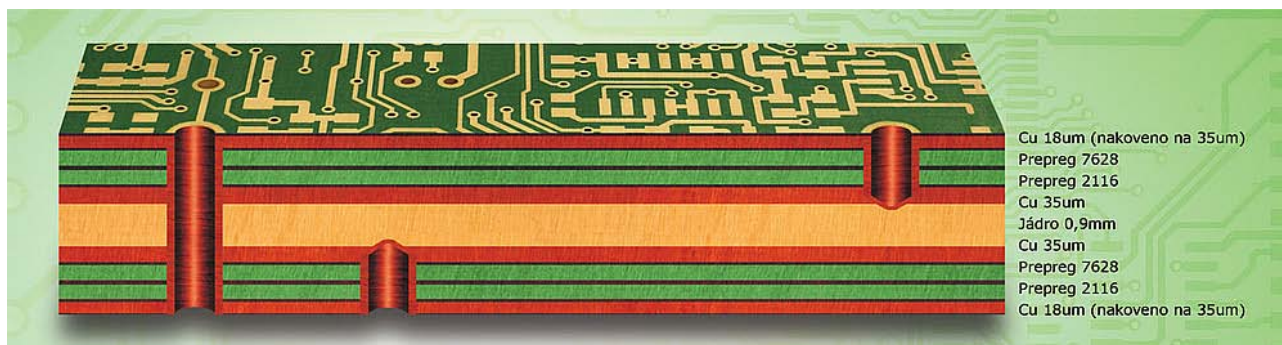
Dosazením do rovnice 25 :

$$50 = \frac{120 \cdot \pi}{\sqrt{\left(1 + 1,5 \cdot \frac{0,295}{w}\right) \cdot \left(1 + \frac{0,295}{w}\right) \cdot \sqrt{4,4}}} \cdot \frac{0,295}{w},$$

a jejím numerickým řešením vypočteme potřebnou šířku VF spoje w . K výpočtu byla použita metoda půlení intervalu s výsledkem $w \approx 0,69 \text{ mm}$.



Obrázek 23: Impedance plošného vodiče



Obrázek 24: Složení 4 vrstvě DPS

Při konstrukci VF spojů by měly být dodrženy následující základní pravidla. VF spoje musí být co nejkratší a v maximální možné míře by měly být dodrženy rozměry vypočtené podle vzorce 25. Dráha spoje by měla být co nejpřímější, změna směru nesmí být provedena 90° zalomením, protože pak vzniká stojaté vlnění a dochází k nežádoucímu vyzařování do okolí. Z hlediska odrazu na VF vedení je nejlepší použít spoj s oblou hranou, nebo alespoň s 45° zalomením. VF spoj by měla překrývat zemnicí plocha optimálně o dvacetinásobek šířky h , nebo by spoj měl být ohraničen cca 1mm širokým spojem pravidelně propojeným s vodivou plochou pomocí proků viz. obr 23.

6.1.2 Základní pravidla návrhu DPS

Na DPS jsou nejprve rozmístěny velké součástky. Při jejich rozmísťování musí být bráno v úvahu vzájemné rušení obvodů. U sledovací jednotky je největší zdroj rušení GSM modem, především z důvodu velkých špičkových odběrů a výkonové vysokofrekvenční části vysílače.

Dalším velkým zdrojem rušení jsou digitální obvody, u kterých dochází k častému překlápění logických úrovní. Za takový zdroj rušení lze jednoznačně označit procesor, příp. další digitální obvody. Ty by měly být v maximální možné míře umístěny do stínícího obdélníku. Průchod spojů ze stínícího obdélníku je řešen přerušením obdélníku v co nejmenší délce. Aby se zabránilo šíření rušení z digitálních obvodů po napájecích vodičích, musí být každá součástka „blokována“ malým lokálním kondenzátorem. Skupiny digitálních obvodů ještě musí být doplněny o větší skupinové kondenzátory. Kapacita lokálních kondenzátorů musí být zvolena v závislosti na rychlosti překlopení mezi logickými úrovněmi. Pro blokování napájení obvodů NC7S14 s dobou překlopení

12ns může být použit kondenzátor s maximální kapacitou 10nF. Použití kondenzátoru s větší kapacitou je nevhodné kvůli vlastní rezonanční frekvence kondenzátoru

Nejcitlivějším integrovaným obvodem je GPS přijímač, který zpracovává velmi slabé signály z družic GPS. Navíc může být rušen GSM modemem, který pracuje v blízkém pásmu 1,8GHz. Pro co nejlepší potlačení rušení by měl být GPS přijímač umístěn na opačnou stranu DPS.

Ostatní obvody musely být umístěny z hlediska úspory prostoru. Z důvodu snížení VF vyzařování z DPS do okolí by měly být všechny vodivé spoje s 45° zalomením hran. Pro snížení EMC rušení musí být okraj DPS obemknut cca 1mm širokou vodivou cestou pravidelně propojovanou s vrstvou GND pomocí prokovů. Tento vodivý „prstenec“ zároveň slouží jako ESD ochrana, protože při manipulaci s DPS se většinou dotýkáme jejího okraje. Případný výboj tak není „zavlečen“ do vnitřní části DPS.

Pro zlepšení šumové imunity obvodů je vhodné vícebodové propojení napájecích a zemních cest s vodivou plochou v napájecích vrstvách. Zároveň je třeba dávat pozor, aby nebyla souvislost vodivé plochy narušena velkým množstvím prokovů s příslušnými izolačními mezerami. Mohou tak nechtěně vznikat proudové smyčky a v mezních případech i nežádoucí úbytky napětí. Vodivou vrstvu je dobré přerušit v oblasti svodu přepětí např. kolem konektorů. V podstatě tak vytvoříme izolační příkop, který zabrání přeskočení svodových proudů do signálových vrstev.

6.2 Konstrukční požadavky

Konstrukce DPS inovované jednotky vychází z jednotky NCL09. Konstrukce musí být odolná proti vibracím. Autoservisy požadují, aby minimálně strana DPS byla bez konektorů a bylo ji tak možno přiložit k ploše. Vývody z krabičky proto mohou být na maximálně 3 stranách DPS, v lepším případě jen na dvou.

Nedostatky identifikované na základě analýzy z kapitoly 2 by měly být odstraněny obvodovým zapojením a úpravou konstrukce DPS. Jedním z nedostatků NCL09 je osazení superkapacitoru na stínící pouzdro procesoru. Pájení kvůli tomu musí být provedeno manuálně, navíc je třeba upravovat vývody superkapacitoru. Z elektrického hlediska je toto řešení nevhodné kvůli zavlečení vyrovnávacích proudů kondenzátoru na stínící pouzdro.

Na základě měření, které je popsáno v kapitole 4, bylo zjištěno vyzařování DPS v GSM pásmu. Jako pravděpodobný zdroj tohoto rušení byla identifikována nevhodně navržená VF cesta k GSM anténě. Tento nedostatek by měl být odstraněn postupem návrhu VF cest uvedeným v kapitole 6.1.1. Návrh DPS je třeba přizpůsobit technologii výroby a pravidlům doporučených výrobcem DPS [23].

Plastová krabička KP 54, ve které je umístěna jednotka NCL09 byla shledána jako optimální a bude použita i pro inovovanou sledovací jednotku. Rozměry zařízení jsou 90 x 70 x 32 mm. Ve srovnání s původními rozměry 160 x 105 x 40 mm jednotky NCL07 je nová jednotka o více než polovinu menší.

6.2.1 Technologické požadavky výroby

Před návrhem DPS je třeba stanovit technologické parametry, které souvisí s její výrobou. Základní údaj je počet vrstev DPS. Ty jsou závislé na hustotě součástek, počtu spojů, šumové imunitě a systému napájení. Vzhledem k velké hustotě součástek, požadavku na vyšší šumovou imunitu a složitému systému napájení bude zvolena čtyřvrstvá DPS se 2 napájecími vnitřními vrstvami. Další důležitý parametr, který ovlivňuje především cenu, je konstrukční třída. Ta se stanovuje v první řadě podle rozměrů vývodů pouzder součástek a dále na základě počtu spojů, které je třeba vměstnat na DPS. Nejmenší pouzdro je LGA, které má izolační mezeru mezi vývody 0,2 mm, to odpovídá konstrukční třídě V. Vzhledem k počtu součástek a spojů možná bude třeba použít konstrukční třídu VI s roztečemi 0,15mm. Obvykle je třeba na DPS umístit tzv. technologické zázemí. To je závislé na požadavcích výrobce, v případě firmy Gatema není potřeba žádné umísťovat, protože si jej výrobce řeší sám.

Layout součástek je také ovlivňován výrobními postupy. Je třeba ho volit na základě způsobu osazování součástek a jejich pájení. Protože jsou použity součástky s pouzdrem LGA, musí být součástky pájeny pomocí přetavení. Tento výrobní postup ovlivňuje především rozmístění součástek na jednotlivých stranách DPS. Těžké součástky mohou být umístěny pouze na jedné straně. To je dáno výrobním postupem, při kterém se nejprve do pájecí pasty osadí součástky z jedné strany. Následně se zapájí pomocí přetavení. Po zchlazení DPS se nanese pájecí pasta na druhou stranu, osadí se a taktéž se přetaví. Během druhého přetavení je DPS znovu zahřáta. Těžké součástky na již zapájené straně by proto odpadly vlastní vahou.

6.2.2 Příprava pro výrobu

Návrh DPS byl průběžně konzultován s firmou, která bude zajišťovat osazování DPS. Na základě minimální plochy, kterou je výrobce DPS z technologických důvodů schopen vyrobit byly navrženy DPS sestaveny do formátu 2x2. Vzhledem k zakulaceným rohům DPS bylo zvoleno formátování frézování. Pro spojení DPS s plátem byly zvoleny můstky, které budou po osazení a zapájení odseknuty. Kompletní výrobní podklady jsou v příloze a na přiloženém CD ve složce výrobní data.

7 Porovnání s konkurenčními produkty

Na základě průzkumu trhu byly nalezeny konkurenční výrobky. Dostupné technické parametry jednotlivých výrobků byly zaznamenány do tabulky 10. Vzhledem k rozdílnosti technických parametrů uvedených konkurenčních výrobků je velmi obtížné je navzájem porovnat. Výrobek, který se technicky přibližuje jednotce H_D_V8 je SHERLOG Trace710 (výrobce SECAR). Ceny obou výrobků jsou stejné a jsou prodávány za výrobní náklady. Zisk firem není založen na prodeji těchto zařízení, ale na připojovacích poplatcích a měsíčním paušálu za provozování objednané služby.

Konkurenční výhodou oproti ostatním firmám by mohla být služba založená na vyhodnocování přizpůsobení rychlosti jízdy stavu vozovky. Metodika vyhodnocování byla navržena a experimentálně ověřena v kapitole 10.

Typ	CA-1803	CAR NET	SHERLOG Trace710	H_D_V8	NCL09
Firma	Jablotron.	SGS.	SECAR Bohemia	NAM system	NAM system
napájení	12-24 V DC	10-30 V DC	10-30 V DC	10-30 V DC	10-30 V DC
odběr klidový	max.20mA	<10mA	cca 10mA/12V		<10mA
odběr jízda	1A	<250mA	cca 70mA		<150mA
bin. vstupy	4	5		až 3	až 3
analog. vstupy	ne	1		až 3	až 1
výstupy	1	1		1	1
výstup siréna	1	ne		1	1
ostatní	handsfree			DALLAS	DALLAS
akcelerometr		ne	ano	ano	ano
cena	8000	7999	7000		7000
rozměry		110x150 mm	92x62x24 mm	90x69	95x64

Tabulka 10: Porovnání konkurenčních sledovacích jednotek

8 Závěr

V diplomové práci je popsána problematika návrhu elektronických systémů určených ke sledování mobilních objektů. Cílem práce bylo vyvinout moderní sledovací jednotku, která bude srovnatelná s obdobnými zařízeními na českém trhu a bude jim schopna konkurovat (zejména cenou a malou velikostí). Jejím základem je jednotka NCL07 firmy NAM system. Ta byla v úvodní části práce detailně analyzována.

V průběhu řešení diplomové práce vyvinula firma NAM system jednotku NCL09. Některá konstrukční řešení této jednotky byla převzata do návrhu nové jednotky. Měření EM rušení ale prokázalo konstrukční vadu jednotky NCL09. Tato vada byla v návrhu nové jednotky odstraněna. Odstraněním vady by mělo dojít ke zlepšení příjmu GSM modulu.

Část práce je věnována problematice měření zrychlení a kalibraci přístrojů měřících zrychlení. S využitím navrženého kalibračního postupu byla sbírána data ze silničního provozu. Naměřené údaje byly využity k návrhu a ověření techniky měření stavu vozovky. Technika se ukazuje jako vhodná pro vyhodnocování přizpůsobení jízdy automobilu stavu vozovky.

Součástky, které byly v počáteční analýze vyhodnoceny jako vhodné k výměně, byly nahrazeny novými. Následně bylo nakresleno nové schéma sledovací jednotky a navržena nová DPS. Na ní se podařilo umístit všechny součástky, které byly původně na několika DPS. Tato úprava zjednodušila výrobu a v konečném důsledku snížila i cenu jednotky.

Použita byla čtyřvrstvá DPS s prokovením. Rozměry zařízení se podařilo snížit o více než polovinu oproti původní jednotce NCL07. Zařízení se také podařilo umístit do univerzální plastové krabičky, která se běžně prodává, což přináší další finanční úsporu.

Dílkami zlepšení se podařilo snížit cenu jednotky a zvýšit počet jejích funkcí. Podařilo se ji také výrazně zmenšit. Všechny tyto navržené úpravy umožní firmě NAM system udržet si konkurenceschopnost a zároveň vytváří předpoklady pro posílení jejích pozic na trhu.

Reference

- [1] <http://www.sarantel.com/products/index.php#geo-s>
- [2] <http://www.orcam.eu/Products.htm>
- [3] <http://hw.cz/teorieapraxe/dokumentace/art2353-jak-se-nabijeji-lithiove-akumulatory.html>
- [5] http://www.sanav.com/RF_Antenna_Solution.htm
- [6] <http://www.macroweil.cz/2007/souc-gps.php#J-Com>
- [7] <http://www.freescale.com/>
- [8] <http://cs.wikipedia.org/>
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
- [10] <http://www.analog.com/en/prod/0,2877,ADIS16201,00.html>
- [11] Svačina, J. Elektromagnetická kompatibilita - přednášky. Brno, 2002.
- [13] <http://www.st.com>
- [14] <http://www.farnell.com/>
- [15] <http://www.fluke.com/>
- [16] Tomčala, J.:Slovní sdělení ředitele společnosti, dne: 1.4.2011, Orlová.
- [17] Záhlava, V.:Návrh a konstrukce desek plošných spojů. Praha, 2010.
- [18] Elektronická skripta - přednášky BMVE, FEKT VUT Brno, 2011.
- [19] Čižmár, J.: Letecké přístroje II., Skriptum S-1041/2. Brno: VA v Brně,2003.
- [20] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Koule>, dne: 5.4.2011
- [21] www.vugtk.cz/odis/sborniky/vyzk_zpravy/Vz_1037_Tz.pdf, dne: 10.4.2011
- [22] www.ig.cas.cz/userdata/files/popular/Gravimetricka_mapa.pdf, dne: 10.4.2011
- [23] http://pcb.gatema.cz/fileadmin/user_upload/Technicke_podminky/Konstrukcni_pravidla.p
- [24] Hanus,S.:Bezdrátové a mobilní komunikace, FEKT VUT Brno, 2003.

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

NCL07	výrobek firmy NAM system a.s.
NCL09	výrobek firmy NAM system a.s.
MCU	mikroprocesorová jednotka
VF	vysokofrekvenční
GPS	celosvětový satelitní systém určování polohy
GSM	celosvětová mobilní telefonní síť
EM	elektromagnetické
DPS	deska plošných spojů
SW	software
HW	hardware
GPRS	bezdrátový systém přenosu dat
PCO	pult centralizované ochrany
RFID	systém bezdrátové identifikace osob
LIN	datové rozhraní
CAN	datové rozhraní
PC	osobní počítač
WDT	hlídací časovací obvod
AD	analogově-digitální
SMD	technologie povrchové montáže
IIC	datové rozhraní
IEBus	datové rozhraní
SPI	sériové datové rozhraní
DMAC	přímý přístup do paměti
RTO	obvod reálného času
TCP	komunikační protokol TCP/IP
UDP	komunikační protokol TCP/IP
UART	univerzální asynchronní komunikační rozhraní
USART	univerzální asynchronní /synchronní komunikační rozhraní
USB	univerzální sériové rozhraní
FIFO	typ datového zásobníku

SEZNAM PŘÍLOH

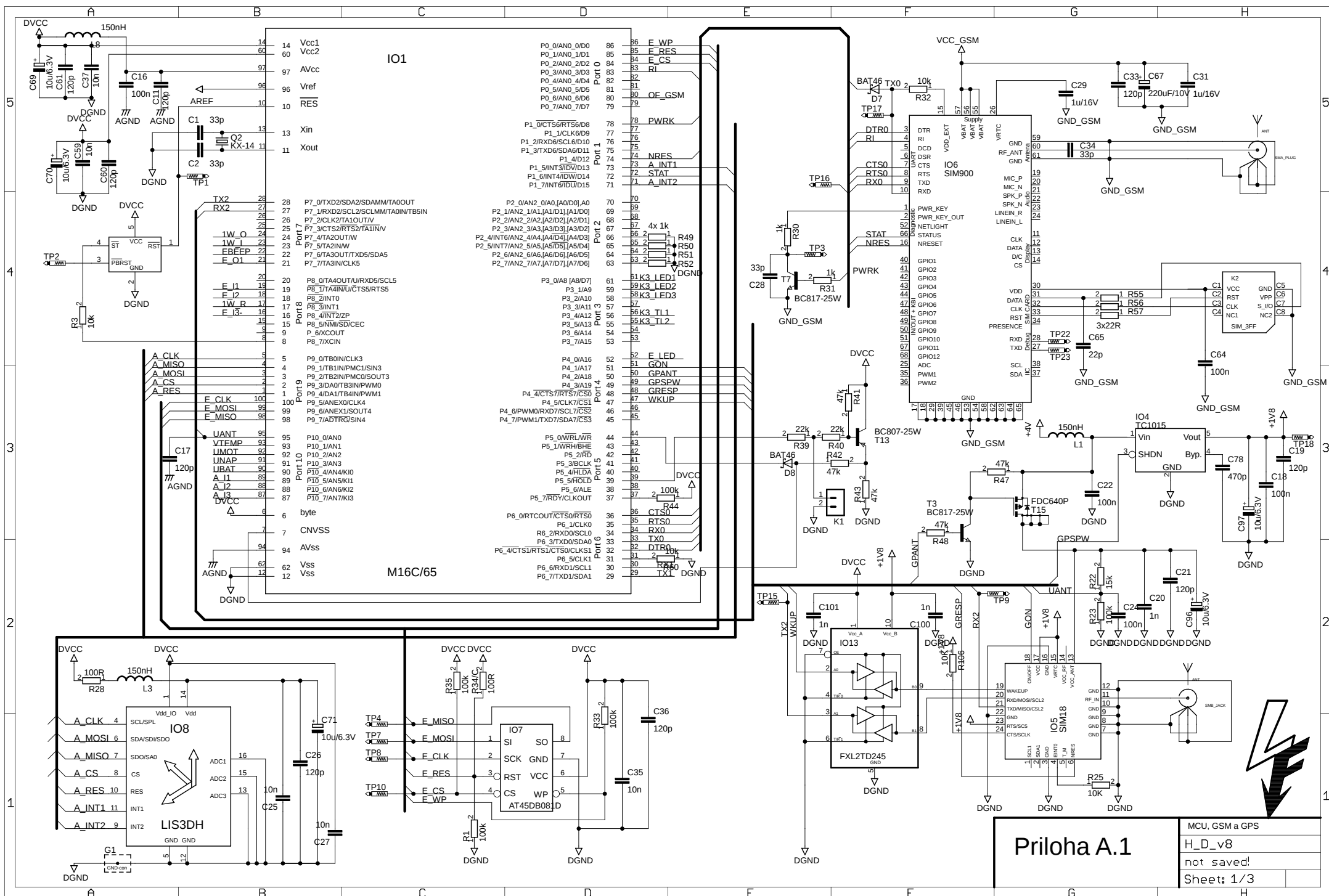
A.1 Obvodové zapojení 1/3

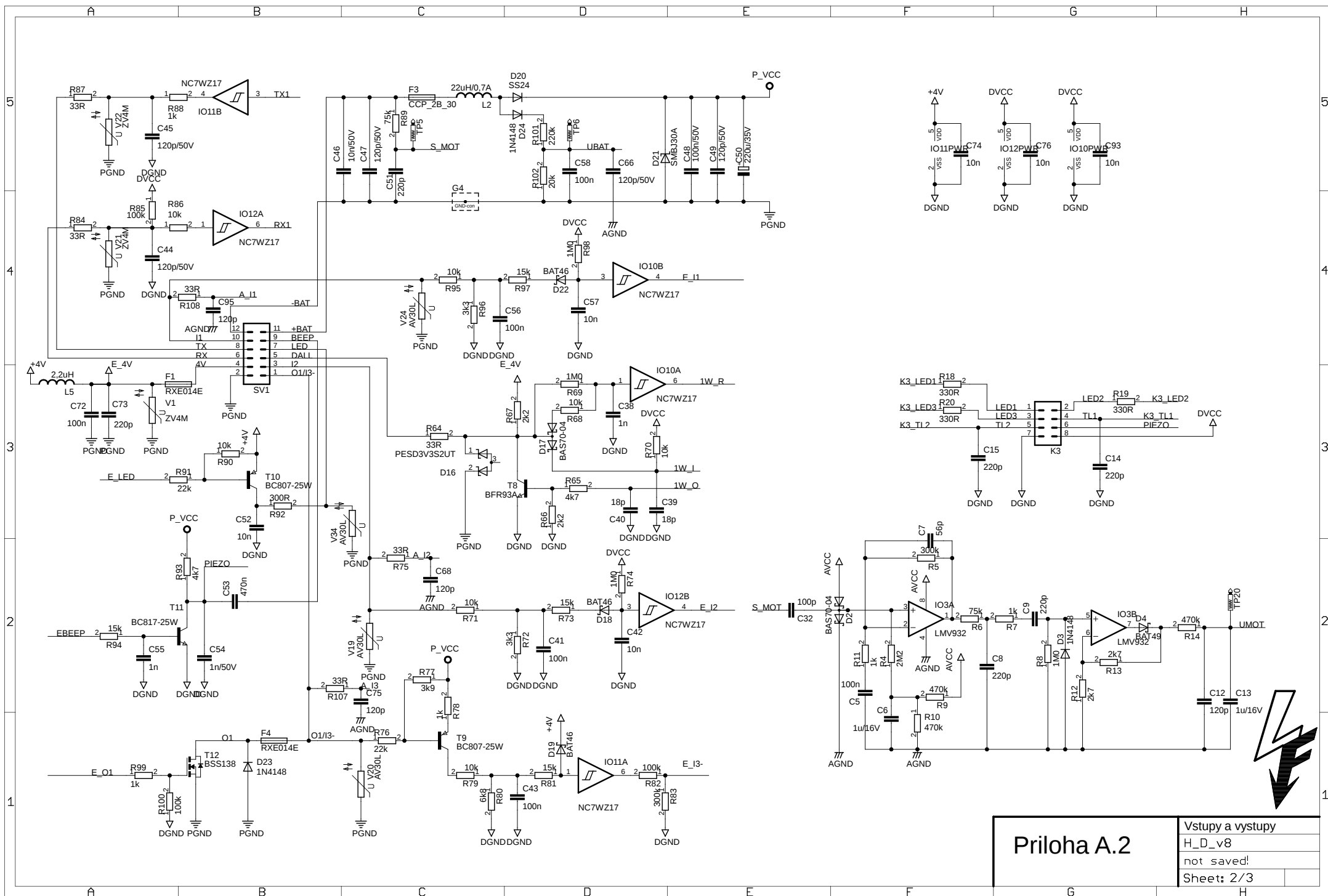
A.2 Obvodové zapojení 2/3

A.3 Obvodové zapojení 3/3

B.1 Deska plošného spoje – top (strana součástek)

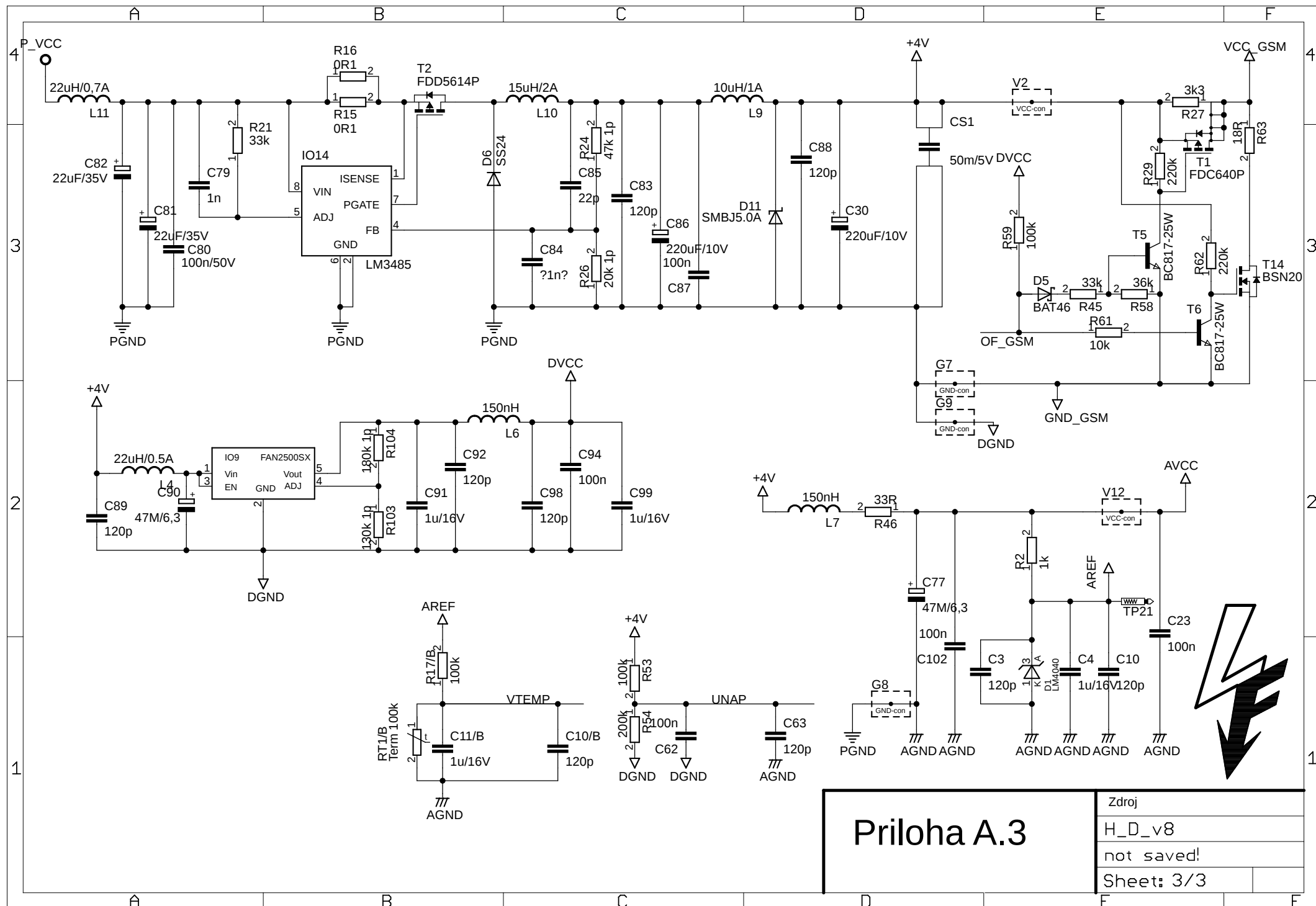
B.2 Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)

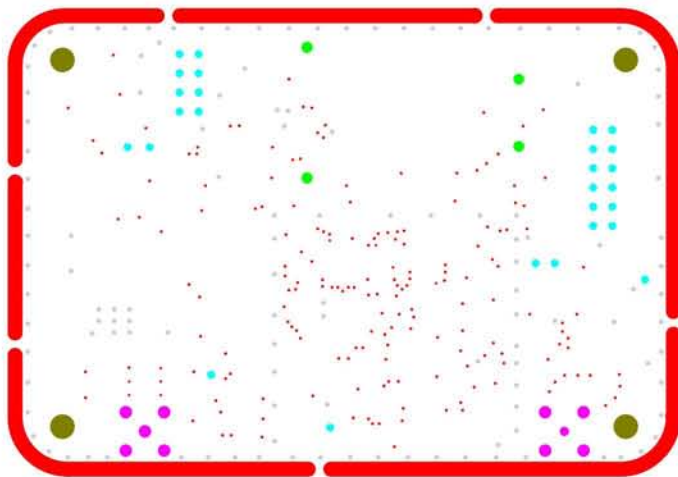
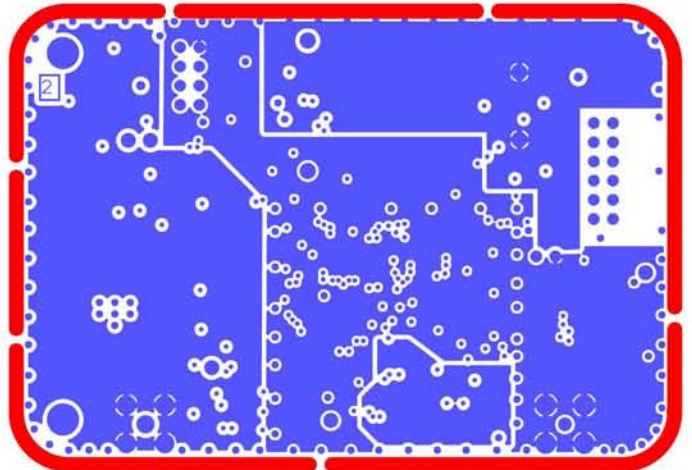
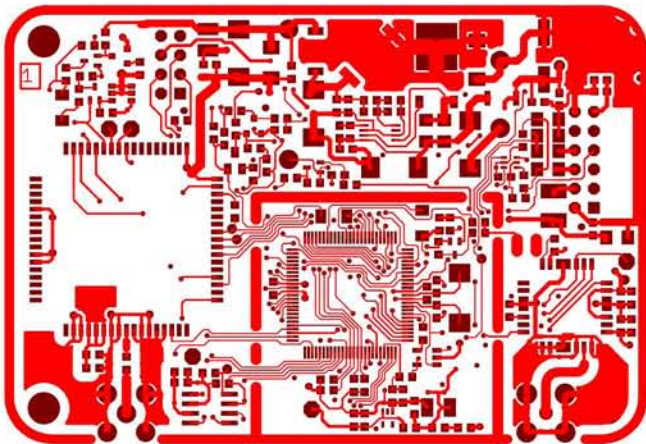
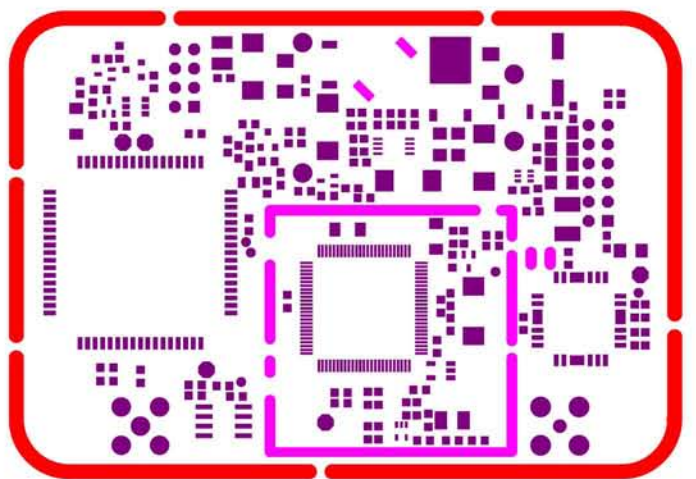
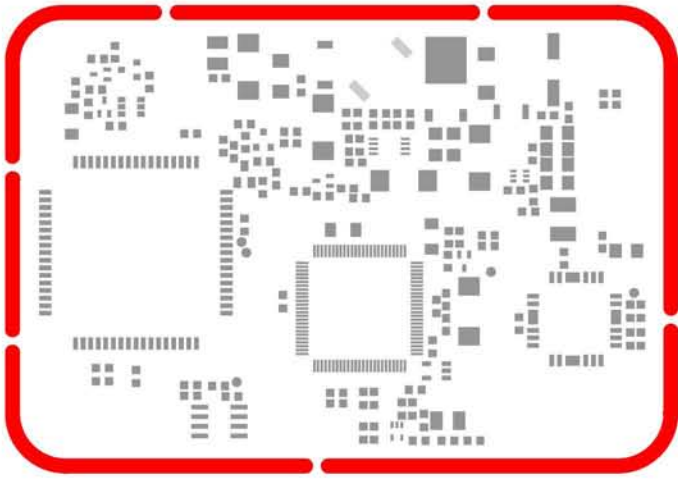




Priloha A.2

Vstupy a vystupy
H_D_v8
not saved!
Sheet: 2/3





Příloha B 2

