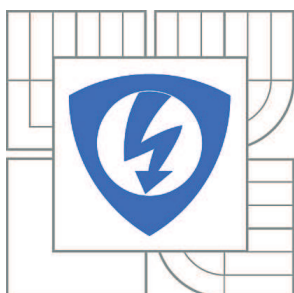


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

NÍZKOPŘÍKONOVÉ SLEDOVACÍ ZAŘÍZENÍ PRO MOTOCYKLY

LOW-POWER TRACKING DEVICE FOR MOTORCYCLES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

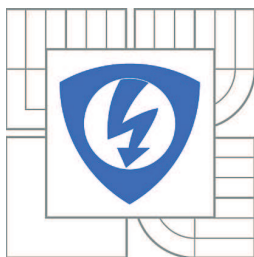
JAN GRYŽBOŇ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ KOUŘIL

BRNO 2012



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Jan Gryžboň

ID: 120773

Ročník: 3

Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

Nízkopříkonové sledovací zařízení pro motocykly

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem bakalářské práce je navrhnout a zkonstruovat sledovací zařízení pro motocykly s využitím technologií GPS a GSM, s ohledem na co nejnižší energetické nároky. Práce bude obsahovat podrobný popis koncepce sledovacího/vyhledávacího zařízení využívaného převážně pro účely sledování odcizeného vozidla. Práce bude dále obsahovat návrh desky plošných spojů podle navrženého schématu. Student by se měl také v práci zamyslet nad vhodností umístění zařízení, jeho periferií a ochranu před možným poškozením a dále pak nad zajištěním a ochraně zařízení vůči vyřazení z chodu útočníkem. V poslední řadě bude provedena realizace sledovacího zařízení podle předem vytvořeného návrhu a řádné odzkoušení podložené testy.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] A. Krejčířík. SMS - Střežení a ovládání objektů pomocí mobilu a SMS. BEN - technická literatura, 2004. ISBN: 80-7300-082-2.
- [2] R. Hojgr, J. Stankovič . GPS Praktická uživatelská příručka. Computer Press, 2007. ISBN: 978-80-251-1734-7.
- [3] J. Prokopec, S. Hanus. Systémy mobilních komunikací. VUT Brno, 2008. ISBN: 978-80-214-3791-3.

Termín zadání:

Termín odevzdání:

Vedoucí práce: Ing. Jiří Kouřil

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské 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.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem nízkopříkonového sledovacího zařízení, které by mělo být použito primárně v motocyklech. Cílem práce je zrealizování toho zařízení, které bude řízeno mikrokontrolérem, který bude získávat informace o poloze z GPS/GSM modulu firmy SIMCOM. Výsledné sledovací zařízení bude schopno poslat SMS zprávu s datem, časem a GPS polohou odcizeného motocyklu.

Klíčová slova

GPS, GSM, sledovací zařízení, ATmega128A, ADXL 230, SMS, SIMCOM 548c

Abstract

This bachelor's thesis describes the design of low power tracking devices, which should be used primarily for motorcycles. The objective is realization of the equipment to be controlled by a microcontroller, which will receive location information from GPS / GSM modules from SIMCOM. The resulting tracking devices will be able to send an SMS message with date, time and GPS location of the stolen motorcycle.

Key words

GPS, GSM, tracking device, ATmega128A, ADXL 230, SMS, SIMCOM 548c

Bibliografická citace:

GRYŽBOŇ, J. *Nízkopříkonové sledovací zařízení pro motocykly*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 62 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Kouřil.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Nízkopříkonové sledovací zařízení pro motocykly“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské 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., o právu autorském, o právu souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplvajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne **31. května 2012**

.....

(podpis autora)

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Kouřilovi. Za velmi užitečnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne **31. května 2012**

.....

(podpis autora)

OBSAH

ÚVOD.....	- 11 -
1. TEORETICKÝ ÚVOD.....	- 12 -
1.1 STRUKTURA GPS	- 12 -
1.1.1 Určování polohy z GPS.....	- 13 -
1.2 SYSTÉM GSM	- 14 -
1.2.1 GSM struktura.....	- 15 -
1.2.1 Rušivé jevy působící na signál	- 17 -
1.2.2 Diverzní příjem	- 17 -
1.3 PROTOKOL NMEA - 0183	- 18 -
1.4 AT PŘÍKAZY	- 19 -
2. OBECNÉ ŘEŠENÍ.....	- 21 -
2.1 MODUL PRO ZÍSKÁVÁNÍ POLOHY MOTOCYKLU	- 21 -
2.2 MODUL ZAJIŠŤUJÍCÍ ODESLÁNÍ PŘIJATÝCH DAT	- 21 -
2.3 OSTATNÍ ZAŘÍZENÍ	- 21 -
3. VÝBĚR VHODNÝCH KOMPONENT	- 23 -
3.1 VÝBĚR GSM/GPS MODULŮ.....	- 24 -
3.1.1 Funkční diagram	- 26 -
3.2 VÝBĚR MIKROKONTROLÉRU.....	- 27 -
3.3 STABILIZÁTOR NAPĚTÍ NA HODNOTU +5V	- 28 -
3.4 VÝBĚR AKCELOMETRU	- 29 -
4. BLOKOVÉ SCHÉMA ZAŘÍZENÍ	- 30 -
5. POPIS BLOKŮ	- 32 -
5.1 OBVODY NAPÁJENÍ.....	- 32 -
5.2 GPS/GSM MODUL	- 33 -
5.2.1 GPS část.....	- 34 -
5.2.2 GSM část	- 35 -
5.3 CPU ČÁST	- 36 -
5.3.1 Část měření	- 37 -

5.4	PROGRAMOVACÍ ROZHRANÍ A PROGRAMÁTOR	- 37 -
5.4.1	<i>Programátor AVR</i>	- 38 -
5.4.2	<i>ISP – (In Systém Programing)</i>	- 39 -
5.4.3	<i>JTAG – (Join Test Action Group)</i>	- 39 -
5.5	STATUS – LED DIODY	- 40 -
5.6	ALARM A VÝSTUPNÍ RELÉ	- 41 -
6.	VÝROBA PROTOTYPU	- 42 -
6.1	REALIZACE PROTOTYPU	- 43 -
7.	PROGRAMOVÁNÍ MIKROKONTROLÉRU	- 44 -
7.1	FORMÁT SESTAVENÉ SMS ZPRÁVY	- 44 -
7.2	POPIS HLAVNÍ ČÁSTI PROGRAMU	- 45 -
8.	ZÁVĚR.....	- 47 -
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	- 48 -
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	- 50 -
	SEZNAM PŘÍLOH.....	- 51 -

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Družice na oběžné dráze	- 12 -
Obr. 2: Průsečík hyperbol jednoznačně určuje polohu přijímače	- 13 -
Obr. 3: GSM architektura.....	- 15 -
Obr. 4: Funkční diagram	- 26 -
Obr. 5: Zapojení stabilizátoru 7805TV podle [13]	- 28 -
Obr. 6: Vnitřní zapojení ADXL320 [9]	- 29 -
Obr. 7: Blokové schéma zařízení	- 30 -
Obr. 8: Napěťová cesta + zapojení stabilizátoru [13].	- 32 -
Obr. 9: Zapojení baterie + blokující kondenzátory [18].	- 33 -
Obr. 10: Modul SIM548c – fotografie obou stran modulu s popisky.....	- 33 -
Obr. 11: Zapojení GPS části - Eagle	- 34 -
Obr. 12: Zapojení GSM části - Eagle.....	- 36 -
Obr. 13: Zapojení ADXL320 s filtračními kondenzátory [9]	- 37 -
Obr. 14: Programátor AVR PROG USB v2 – volba HID módu	- 38 -
Obr. 15: Zapojení konektoru ISP	- 39 -
Obr. 16: Zapojení deseti vývodového JTAGu	- 40 -
Obr. 17: Zapojení relé a alarmu	- 41 -
Obr. 18: Vývojový diagram	- 45 -
Obr. 19: Kompletní schéma sledovacího zařízení	- 54 -
Obr. 20: DPS sledovacího zařízení – strana TOP	- 55 -
Obr. 21: DPS sledovacího zařízení – strana BOTTOM.....	- 56 -
Obr. 22: Rozložení součástek na DPS sledovacího zařízení – strana TOP.....	- 57 -
Obr. 23: Rozložení součástek na DPS sledovacího zařízení – strana BOTTOM	- 58 -
Obr. 24: Fotografie hotového výrobku	- 59 -

Obr. 25: Rozložení vývodů mikrokontroléru ATmega128A [5].	- 60 -
Obr. 26: Blokové schéma mikrokontroléru ATmega128A [5].	- 61 -

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Význam věty RMC	- 19 -
Tab. 2: AT příkazy a odpovědi pro SMS komunikaci	- 20 -
Tab. 3: Tabulka vlastností GSM modulů	- 23 -
Tab. 4: Tabulka vlastností GPS modulů	- 23 -
Tab. 5: Přehled vybraných mikrokontroléru firmy ATMEL.....	- 24 -
Tab. 6: Stavy LED1 – STATUS [18].....	- 40 -
Tab. 7: Soupiska součástek 1/2	- 52 -
Tab. 8: Soupiska součástek 2/2	- 53 -

ÚVOD

V dnešní době existuje mnoho elektronických zařízení, které dokážou sledovat polohu motocyklu a poté poslat GPS souřadnice pomocí GSM systému do Vašeho telefonu. Velice oblíbené jsou v dnešní době tzv. knihy jízd. V bakalářské práci se však budu zabývat zařízením, které se bude chovat spíše jako sledovací zařízení. Toto sledovací zařízení bude vybaveno o akcelometrem, který nás upozorní na manipulaci s motocyklem. Celé zařízení bude řízeno mikrokontrolérem firmy ATMEL.

V teoretické části se budeme věnovat GPS a GSM systému. Jakým způsobem se dá v dnešní době získat poloha z družic atd. V další části navrhne obecné řešení problému a poté vybereme vhodné komponenty pro realizaci prototypu. Následuje popis funkčnosti všech bloků sledovacího zařízení. V poslední řadě je popsána realizace prototypu a jeho programování, které je přiblíženo pomocí vývojového diagramu.

Zařízení je navrženo v programové prostředí EAGLE 5.6.0 Light a programová část je vytvořena v programu AVR studio 4 za pomoci programátoru AVRPROG USB v2.

1. TEORETICKÝ ÚVOD

1.1 Struktura GPS

GPS je zažitá zkratka z anglického názvu Global Positioning Systems a je to fungující globální systém armády Spojených států amerických se správným názvem NAVSTAR GPS. GPS je v plném provozu od dubna 1995. Systém GPS se skládá ze tří základních segmentů, a to segmentu uživatelského, kosmického a řídicího.

Uživatelský segment je tvořen anténami a procesory přijímačů, které poskytují uživateli informace o poloze, rychlosti a přesném čase [3].

Kosmický segment je tvořen soustavou umělých družic Země obíhající po známých, přesně definovaných a určených oběžných drahách. Kosmický segment je definován: typem oběžných drah, výškou, sklonem a počtem oběžných drah, počtem a rozmístěním družic na oběžných drahách. Každá družice má své číslo a vysílá jiný kód. Přijímač je pak schopen ji při měření polohy správně identifikovat [3].

Řídicí segment je tvořen sadou pozemních stanic, které plní řadu úloh např. monitorování signálů družic kosmického segmentu, sledování a vyhodnocování stavu družic, údržba družic, řízení celého systému [3].



Obr. 1: Družice na oběžné dráze

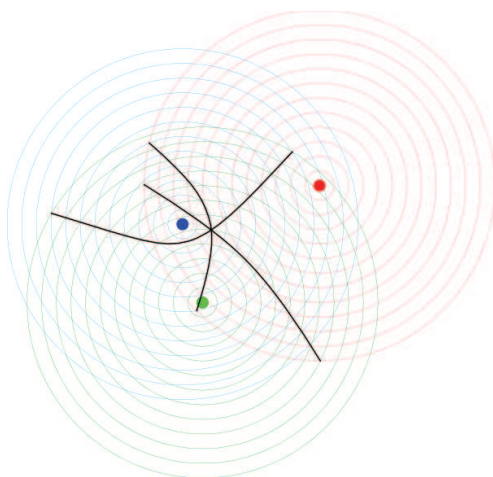
Družice jsou na svých drahách vystaveny působení různých sil a vlivů, například slapových sil nebo působení slunečního větru. Je proto nutné přesně sledovat a v případě nutnosti upravovat jejich dráhy a další parametry. Základem pro

přesné určení polohy je přesně synchronizovaný čas celého systému GPS, který mají na starosti speciální „atomové hodiny“ schopné rozlišovat čas v nanosekundách [3].

1.1.1 Určování polohy z GPS

Družicové polohové systémy jsou budovány jako pasivní dálkoměrné systémy, tzn., že přijímač určuje svojí vzdálenost k několika družicím navigačního systému a svojí polohu pak stanovuje protínáním. Slovo pasivní znamená, že přijímač je opravdu jen přijímačem a žádné signály na družici nevysílá. Určování vzdálenosti přijímače od družice lze provádět na základě měření. Existují tři typy měření: kódové měření, fázové měření, Dopplerovské měření. My si přiblížíme jen kódové měření, které bude použito pro náš případ [3].

- **Kódové měření** – základním principem je určování vzdálenosti mezi přijímačem a družicemi. Běžně se k tomuto účelu využívají tzv. dálkoměrné kódy vysílané jednotlivými družicemi. Přijímač pracuje tak, že ve vstupním signálu přicházejícím z antény identifikuje dálkoměrný kód příslušné družice, zjistí čas odeslání a přijetí jedné sekvence kódu a ze zjištěného časového rozdílu určí vzdálenost mezi přijímačem a družicí [3].



Obr. 2: Průsečík hyperbol jednoznačně určuje polohu přijímače

Pro úspěšné určení polohy potřebuje přijímač přijímat signál vždy nejméně ze 4 družic. Signál první družice je použit pro synchronizaci času přijímače s časem GPS a zbývající tři družice jsou pak použity pro samotné dálkoměrné měření. Pro krátkou dobu je přijímač schopen udávat relativně přesnou polohu i ze tří družic.

Přesnost krystalových hodin v přijímači je o několik řádů nižší, než přesnost atomových hodin na družicích [3].

Pro určování polohy přijímače GPS je nezbytné znát přesnou polohu vysílající družice v době odeslání dálkoměrného kódu. Ta se počítá na základě parametrů její dráhy, které sama družice vysílá ve formě tzv. **navigační zprávy**. Navigační zpráva obsahuje nejen parametry oběžných drah družic, ale i celou řadu dalších údajů, například informace o stavu družic nebo almanach [3].

Almanach obsahuje méně přesné parametry oběžných drah všech družic umístěných v kosmickém segmentu a údaje o stavu těchto družic. Tyto přibližné parametry oběžných drah využívá přijímač pro přednastavení přibližných poloh družic. To umožňuje přijímači, aby byl při znalosti aktuálního almanachu schopen začít vyhledávat družice aktuálně viditelné v oblasti a mohl tak výrazně snížit dobu potřebnou pro nastartování přijímače a zahájení měření polohy [3].

Na základě přesných údajů, tzv. efemerid, získaných z navigační zprávy můžeme spočítat přesnou polohu družice a přesný čas odeslání přijaté sekvence dálkoměrného kódu. Dále je možné z těchto údajů vypočítat přibližné korekce na ovlivnění signálu průchodem ionosférou. Tyto činnosti za nás samozřejmě provede GPS přijímač. Data obsažená v navigační zprávě jsou za normálních okolností platná po dobu 4 hodin. Odvysílání kompletní navigační zprávy trvá 12,5 minuty [3].

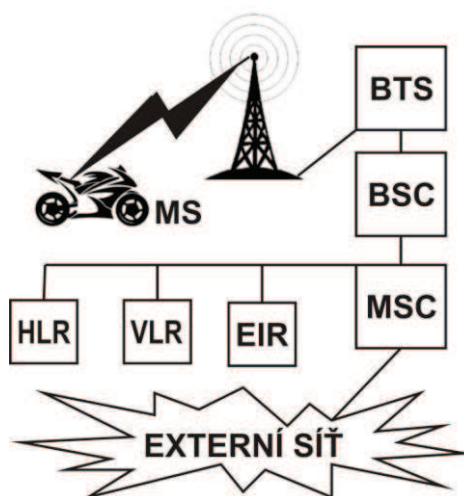
1.2 Systém GSM

Zkratka GSM ze slov Global System for Mobile Communication znamená Globální systém pro mobilní komunikaci. Výhodou systému je kvalitní spojení v nepříznivých podmínkách pozemních rádiových kanálů a také to, že efektivně využívá kmitočtová pásma. GSM je kompatibilní s jinými digitálními sítěmi a to po celém světě. Nevýhodou systému je jeho složitost a velká ekonomická náročnost [2].

Přidělené kmitočtové pásmo 890 MHz až 960 MHz je rozděleno na dvě části. Uplink 890 MHz až 915 MHz a Downlink 935 MHz až 960 MHz. Primární systém GSM využívá 124 duplexních kanálů [2].

1.2.1 GSM struktura

GSM je nejpobulárnější standard pro mobilní telefony na světě. GSM telefony používá přes miliardu lidí z více než 200 zemí. GSM je buňková síť, což znamená, že mobilní telefony se připojují do sítě prostřednictvím nejbližší buňky. Jsou čtyři různé velikosti buněk - makro, mikro, piko a deštníkové buňky. GSM síť funguje na několika radiových frekvencích. Velikost pokrytí záleží na výšce antény, výkonu antény a na podmínkách šíření a pohybuje se od několika stovek metrů až do desítky kilometrů. Největší vzdálenost, které se podle specifikace GSM prakticky používá je 35 km. Existuje však koncept rozšířené buňky, kde může být oblast dvojnásobná i větší. Pokrytí uvnitř budov podporuje GSM také a dosahuje se ho děličem výkonu, který přenáší radiový signál z vnějšku do odděleného systému antén uvnitř. To se používá hlavně, když je potřebná velká kapacita hovorů, například v obchodních centrech nebo na letištích. I když to není nezbytně nutné, protože radiový signál z venku se šíří i skrz zdi [4].



Obr. 3: GSM architektura

MS – (Mobile Station) se skládá ze 4 částí. Vysokofrekvenční část, zpracování signálu, uživatelské rozhraní a řídicí část. Výkon MS je řízen ze základové stanice (BTS) a lze nastavovat do maximálního výkonu do 13 dBm po 2 dB krocích [2].

- **Karta SIM** (Subscriber Identification Module) je nutnou součástí mobilní stanice a ta je bez této karty nepoužitelná (s výjimkou tísňového volání).

V obvodech této karty jsou uloženy specifické údaje o právoplatném majiteli karty, dále jeho čtyřmístné identifikační číslo PIN (Personal Identification Number) a neměnné identifikační číslo PUK (Personal Unblocking Key). Hlavním smyslem SIM karty je ověření a identifikace uživatele a služeb jemu přístupných. Karta je přenosná a lze ji použít s libovolným mobilním telefonem.

SIM dále uchovává následující údaje: IMSI (International Mobile Subscriber Identity), Autentikační klíč (Ki), Šifrovací klíč (Kc), TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity), LAI (Location Area Identity) [2].

BTS – (Base Transceiver Station) zajišťuje funkce, které se přednostně týkají přenosu na fyzické vrstvě. Jedná se zejména o modulaci a demulaci GMSK, šifrování a dešifrování, kanálové kódování, interleaving, porovnávání pořadí, a další. Každá základová stanice vysílá na kanálu s nejnižší frekvencí, který se označuje jakou TRX tzv. BCCH (Broadcast Control Channel). Slouží pro přístup mobilních stanic do sítě [5].

BSC – (Base Station Controller) lze charakterizovat jako zjednodušenou ústřednu, případně cross connect, která provádí spojení požadované BTS a MSC. Přepíná spojení z A-interface (MSC) na správnou BTS (A-bis interface). Terminal Modulace je řízen Terminal Control Elements. TCE pro rozhraní A-bis a A-interface [5].

MSC – (Mobile Switching Center) pro GSM se používají standardní typy digitálních ústředen (např. Siemens EWSD). MSC mají drobné nadstavby specifické pro mobilní síť, pro připojení s okolními sítěmi slouží Gateway MSC [5].

EIR – (Equipment Identification Register) je databáze mobilních stanic, pomocí které lze řídit přístup do sítě. Je to volitelná část infrastruktury. Skládá se ze tří částí: 1. White list (seznam IMEI, které se mohou připojit do sítě) 2. Black list (seznam kradených mobilních přístrojů) 3. Gray list (seznam přístrojů, které se musí sledovat) [5].

VLR – (Visitor Location Register) je databáze, která obsahuje data potřebná pro management mobility účastníka, tzn. data pro Hannover, poloha MS v rámci LAI a další [5].

HLR – (Home Location Register) je nejdůležitější část NSS, protože obsahuje záznamy o všech účastnících mobilní sítě. Je to velká databáze, která musí mít 100% dostupnost, s velmi malou přístupovou dobou. Je to databáze, která se stará o zabezpečení v síti [5].

NSS – (Network Switching Subsystem) subsystém základových stanic BSS zajišťuje přenos na radiovém rozhraní, NSS zajišťuje funkce pro sestavení a řízení spojení a obsahuje databázové údaje pro identifikaci účastníka [5].

BSS – (Base Station Subsystem) subsystém základových stanic zajišťuje spojení MS a MSC. BSS zahrnuje následující entity sítě (např. radiové rozhraní mezi MS a BTS) [5].

1.2.1 Rušivé jevy působící na signál

Na reálný rádiový signál působí řada různých jevů např. Dopplerův posuv kmitočtu, různé atmosférické a průmyslové rušení, různé typy úniku signálu atd. Téměř všechny rušivé vlivy lze považovat za různé formy kmitočtového neboli lineárního zkreslení. Rádiový kanál považujeme za lineární a jeho zkreslení lze kompenzovat v přijímači pomocí ekvalizačních obvodů [2].

Systém GSM je navržen pro pohyb mobilní stanice do rychlosti $v = 250$ km/hod. = 64,44 m/s. Při nastání této nejhorší situace bude odchylka kmitočtu způsobena Dopplerovým jevem (1.1):

$$|f_{MS} - f_{BTS}| = |\Delta f| = \frac{v}{c} f_{BTS} = \frac{64,44}{3 \cdot 10^8} * 900 * 10^6 \cong 208,33 \text{ Hz} \quad (1.1)$$

1.2.2 Diverzní příjem

Kolísání úrovně signálu v místě příjmu, označujeme jako únik (anglicky fading), je způsoben terénními překážkami mezi pohybující se mobilní stanicí (sledovací zařízení) a stacionární základovou stanicí [6].

Diverzní systémy jsou rozděleny podle počtu antén vysílače a antén přijímače. Dělí se na SISO, SIMO, MISO, MIMO. V našem sledovacím zařízení používáme systém MISO.

MISO - (Multiple Input Single Output) několik vysílacích antén a jedna přijímací anténa. Často označována jako diverzní na vysílací straně [6].

1.3 PROTOKOL NMEA - 0183

NMEA je protokol definován americkou asociací pro komunikaci mezi GPS přijímačem a mikrokontrolérem. Tento protokol má 8 datových bitů, přičemž sedmý bit (MSB) je vždy nulový. Počet stop bitů je jeden nebo více, parita není žádná. Navzájem spolu komunikuje vždy jeden mluvčí (talker) a jeden nebo více posluchačů (listeners). Veškerá data jsou posílána ve formě vět (sentences). Jsou dovoleny pouze tisknutelné ASCII znaky plus znaky konce řádku, tedy `<CR>` a `<LF>` (0x0d, 0x0a hexadecimálně). Každá věta začíná znakem \$ (dolar) a končí sekvencí `<CR><LF>`. Existují tři základní druhy vět [8] :

- věty ze strany mluvčího (talker sentences)
- proprietární věty (proprietary sentences)
- dotazovací věty (query sentences)

Obecný formát vět ze strany mluvčího je: `$ttsss,d1,d2,...<CR><LF>`. Po úvodním znaku \$ (dolar), následují vždy dva znaky, které označují identifikátor mluvčího (talker sentences) *tt*. Tři další písmena *sss* jsou identifikátory vět (sentence identifier). Po těchto dvou identifikátorech následuje datová položka, která je oddělena čárkami. Věta je ukončena znaky `<CR><LF>`, před ně se může někdy udávat nepovinný kontrolní součet, který začíná vždy znakem hvězdička (*). Každá věta může obsahovat nejvýše 80 znaků plus "\$" a `<CR><LF>`, celkem tedy 83 bajtů [8].

Naše sledovací zařízení bude zpracovávat jen větu ze strany mluvčího – typ RMC. Parametry věty RMC jsou uvedeny v tabulce 1, která je převzatá z [16].
Příklad RMC věty:

`$GPRMC, 170138.615,A,4912.2525,N,01635.0378,E,0.04,16.43,280711,,*32`

Tab. 1: Význam věty RMC

POLE	PŘÍKLAD	VÝZNAM
ID ZPRÁVY	<i>\$GPRMC</i>	HLAVIČKA RMC ZPRÁVY
UTC ČAS	<i>170138.615</i>	hhmmss.sss
VALIDITA DAT	A	A=OK, V=VAROVÁNÍ
ZEMĚPISNÁ ŠÍŘKA	<i>4912.2525</i>	ddmm.mmmm
N/S	N	N=SEVER, S=JIH
ZEMĚPISNÁ DÉLKA	<i>01635.0378</i>	ddmm.mmmm
E/W	E	E=VÝCHOD, W=ZÁPAS
VODOROVNÁ RYCHLOST	0.04	d.d -NÁMOŘNÍ UZLY
KURZ POHYBU	16.43	d.d - STUPNĚ
DATUM	<i>280711</i>	ddmmyy (DEN, MĚSÍC, ROK)
E/W		E=VÝCHOD, W=ZÁPAS
KONTROLNÍ SOUČET	*32	*XX

U vět proprietárních je umožněno výrobcům si nadefinovat vlastní větu, avšak obecný formát musí být vždy zachován. Tato věta pak začíná sekvencí "\$P", pak následuje třípísmenný identifikátor výrobce, a dále následují jednotlivé datové položky v souladu s přáním výrobce.

U dotazovací věty může posluchač žádat mluvčího o zaslání kontrolní věty. Obecný tvar věty má tvar: *\$tllQ,sss<CR><LF>*. Každá věta začíná znakem dolar a poté následuje identifikátor toho, kdo žádá (dva znaky *tt*). Další dva znaky *ll* označují toho, komu je poslána žádost. Pátý znak *Q* nám určuje, že jde o typ dotazovací věty. Následuje datová položka, označená *sss*, která určuje, o jaký typ věty se žádá [8].

Existuje nepřehledné množství vět, které jsou uvedeny v tabulkách v literatuře [8].

1.4 AT příkazy

K ovládání GSM části modulu se používají AT příkazy. V našem případě půjde o příkazy GSM 07.05, které jsou k nahlédnutí zde [14] a GSM 07.07 zde [15]. Lze také nahlédnout do literatury, která je přiložená přímo k modulu [19]. Každý řídicí příkaz GSM modulu musí začínat písmeny AT nebo at. Řídicí příkaz je

zakončen znakem <CR>, příklad takového příkazu (ATpříkaz<CR>). GSM modul zpracuje řídicí příkaz a odpovídá sekvencí znaků <CR><LF>, příklad takové odpovědi vypadá následovně <CR><LF>odpověď<CR><LF>. Znak <CR> je standardně nastaven na hodnotu = 0,5h a znak <LF> na hodnotu = 0Ah. Oba tyto znaky se dají předefinovat. Před samotným začátkem práce s GSM modulem je nutné při používání autobaudingu (odpojitelný) odeslat příkaz AT <CR>. Po zadání tohoto příkazu je nutno vyčkat 3s, kdy si modul synchronizuje přenosové rychlosti sériové linky s mikrokontrolérem [19].

Tab. 2: AT příkazy a odpovědi pro SMS komunikaci

PŘÍKAZ	ODPOVĚĎ	POPIS FUNKCE
AT+CMGD=1	OK	VYMAZÁNÍ SMS, POZICE 1
AT+CMGF=1	OK	NASTAVENÍ MODULU, TEXTOVÝ MÓD
AT+CMGS="+X"	OK	ODESLÁNÍ SMS NA TEL. ČÍSLO X
	:CMTI:"SM",1	OZNÁMENÍ O PŘÍCHODU SMS, SMS JE ULOŽENÁ NA SIM KARTĚ, POZICE 1
AT+CMGR=1	:+CMGR:"REC READ",...,THIS IS A TEST OK	PŘEČTENÍ PŘÍCHOZÍ SMS ZE SIM KARTY, POZICE 1
	READ "," + 862876987654, ..., THIS IS A TEST	ULOŽENÁ SMS NA SIM KARTĚ, VZOR

2. OBECNÉ ŘEŠENÍ

Celé zařízení by mělo mít co nejnižší energetické nároky. Napájecí napětí bude použito z palubní sítě motocyklu. Zařízení bude mít taky svoji Li-Po baterii, která bude sloužit jako záloha při neočekávaném výpadku napájecího napětí.

2.1 Modul pro získávání polohy motocyklu

Jako velice vhodnou a zdá se, že asi taky jedinou variantou se jeví použití GPS modulu, který používá GPS systém, který nám poskytne přesnou polohu motocyklu. Jedinou nevýhodou GPS systému je, že systém dokáže pracovat jen při volném výhledu na oblohu. Tzn., že problémy můžou nastat v hustém lese, tunelu, mezi vysokými domy apod. V tom momentě by nám GPS systém poskytl poslední viditelnou polohu, např. před vjezdem do lesa.

2.2 Modul zajišťující odeslání přijatých dat

Pro odeslání přijatých dat budu využívat standardu GSM, který obsahuje GSM modul. Pokrytí GSM signálu je v dnešní době skoro 100%, což splňuje moje požadavky.

2.3 Ostatní zařízení

Pro zjištění náklonu motocyklu použijeme akcelometr, který měří gravitaci ve dvou osách. Tento akcelometr má analogové výstupy, které přivedeme na ADC vstupy mikrokontroléru. Tento mikrokontrolér bude vyhodnocovat veškeré informace přijaté tímto akcelometrem a bude je dále odesílat pomocí GSM části. Mikrokontrolér bude řídit veškeré procesy sledovacího zařízení. S GPS/GSM modulem bude komunikovat po sériové lince (UART). Celé zařízení bude dále doplněno vhodným stabilizátorem pro napájení a obvodem pro dobíjení baterie, která bude sloužit jako záloha. Zařízení bude dále používat další pomocné obvody (např.

JTAG, ISP, a další). K zařízení bude připojena i siréna, kterou bude vlastník sledovacího zařízení kdykoliv zapnout pomocí přepínače na DPS. Přes tento přepínač bude také možno využít připojení výstupního relé, které bude sloužit pro případ odpojení vnitřní sítě motocyklu a tím vyřadí motocykl z chodu.

3. VÝBĚR VHODNÝCH KOMPONENT

Při samotném výběru vhodných komponent musíme zohlednit požadavky na samotné sledovací zařízení. Musíme také splnit podmínku, aby bylo zařízení nízkopříkonové. Další požadavek je samozřejmě co nejnižší pořizovací cena a dobrá dostupnost komponent na českém trhu. Pro přehlednost českého trhu následují tabulky 3 a 4, ve kterých jsou uvedeny GSM a GPS moduly a jejich vlastnosti. V tabulce 5, je uveden přehled mikrokontroléru a jejich vlastností.

Tab. 3: Tabulka vlastností GSM modulů

MODUL	VÝROBCE	PÁSMO	GPRS CLASS	OVLÁDÁNÍ	ROZHRANÍ	CENA vč. DPH
SIM900	SIMCOM	850/900/1800/1900 MHZ	10	GSM 07.07, GSM 07.05	USART	430 Kč
SIM548C	SIMCOM	850/900/1800/1900 MHZ	10	GSM 07.07, GSM 07.05	USART	1 100 Kč
GM862-GPS	TELIT	850/900/1800/1900 MHZ	10	GSM 07.07, GSM 07.05	USART	2 200 Kč
M10R1.0	QUACTEL	850/900/1800/1900 MHZ	10	GSM 07.07, GSM 07.05	USART	510 Kč

Poznámka: Moduly SIM900 a M10 mají jen GSM část, moduly SIM548c a GM862 mají kombinovanou GPS a GSM část.

Tab. 4: Tabulka vlastností GPS modulů

MODUL	VÝROBCE	ANTÉNA	PŘESNOST URČENÍ POLOHY	DOBA ZAPNUTÍ	CHIPSET	ROZHRANÍ	CENA vč. DPH
ITAX300	FASTRAX	aktivní, pasivní	<1,8m	<42s	SiRF III	2x UART	850 Kč
SIM548C	SIMCOM	aktivní, pasivní	<5m	<35s	SiRF III	2x UART	1 100 Kč
GM862-GPS	TELIT	aktivní, pasivní	<2,5m	<35s	SiRF III	2x UART	2 200 Kč
L20	QUACTEL	aktivní, pasivní	<2,5m	<35s	SiEF IV	1xUART, 1xI2C	420 Kč

Poznámka: Moduly ITAX300 a L20 mají jen GPS část, moduly SIM548c a GM862 mají kombinovanou GPS a GSM část.

Tab. 5: Přehled vybraných mikrokontroléru firmy ATMEL

OZNAČENÍ	ATmega128A	ATmega2561V	ATXMEGA256A
Napájecí napětí	2,7 - 5,5 V	2,7 - 5,5 V	1,6 - 3,6V
Paměť FLASH a EEPROM	128K a 4KB	256K a 4KB	256K a 4KB
Programování	ISP a JTAG	ISP a JTAG	JTAG a PDI
Počet USART	2	4	8
Cena na českém trhu	164Kč vč. DPH	380Kč vč. DPH	310Kč vč. DPH

3.1 Výběr GSM/GPS modulů

Použití samostatného modulu pro GSM a GPS se zdálo málo efektivní, jelikož pořizovací cena samotných modulů je hodně vysoká viz tab. 3 a 4. Proto se jako velice vhodné řešení jeví použití jednoho modulu, který obsahuje obě části. Jeho pořizovací cena je o něco vyšší, než například cena samotného GPS modulu. Další výhodou je velikost samotného modulu, ta je díky vysoké integraci velice malá. Pro naše sledovací zařízení jsme vybrali modul firmy SIMCOM SIM548C, který je běžně dostupný na českém trhu. Tento modul disponuje vlastní vestavěnou nabíječkou Li-Po baterií, která bude sloužit jako záložní zdroj při výpadku nabíjecího napětí z motocyklu. Modul SIM548C bude na desku připevněn pomocí vývodového konektoru. K tomuto modulu se dodává veškeré potřebné příslušenství. Přehled nejdůležitějších vlastností, které jsem získal z katalogového listu [18], následuje níže.

Přehled základních vlastností modulu SIM548c:

Obecné vlastnosti

- Quad-band GSM 850/900/1800/1900MHz
- GPRS multi-slot třídy 10
- GPRS mobilní stanice třída B
- Splňuje fáze GSM 2 / 2 +
 - Třída 4 (2W @ GSM850/900MHz)
 - Třída 1 (1W @ GSM1800/1900MHz)
- Ovládání pomocí AT příkazů
- SIM tool kit pro aplikace
- Nízká spotřeba energie

- Rozsah napájecího napětí 3,4 -4,5 V
- Rozměry: 50mm x 33mm x 8,2 mm

Specifikace pro GPS

- Přijímač 20 kanálů, L1 1575,42 MHz, C / A kód 1.023 MHz čip rychlosti
- Přesnost pozice 2.5 m CEP
 - Bez SA / Rychlost 0,1 m / s,
 - Bez SA / čas 1 ms synchronizace s GPS
- Funkce s DGPS / SBAS: 2,0 CEP
- Datum WGS-84
- Doba pořízení dat
 - Start při zahřátí <1 s
 - Teplý start: 35 s
 - Studený start: 35 s
- Provozní napětí 3,3 V DC $\pm$ 5%
- Nízká spotřeba energie 160mW při 3,3 V (plný výkon)
- Krystalový oscilátor, teplotně kompenzovaný s frekvencí stabilitou $\pm$ 0,5 ppm
- paměť 4 MB flash a 1Mb SRAM

Rozhraní

- 60 - vývodový konektor
- Rozhraní na externí SIM 3V nebo 1,8 V
- Duální analogové audio rozhraní
- AT příkazů přes sériové rozhraní
- Vestavěné SIM karty
- Sériové rozhraní a ladění rozhraní
- Duální sériové rozhraní pro GPS
- Dva samostatné anténní konektory pro GSM / GPRS a GPS anténa a dvě podložky pro GSM / GPRS a GPS

3.1.1 Funkční diagram

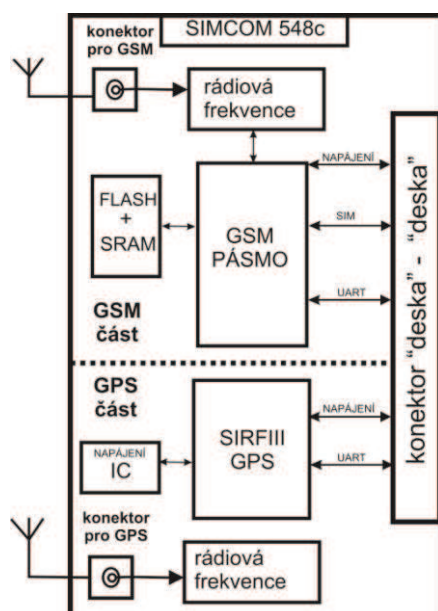
SIM548C má dvě části (GSM a GPS) na jednom místě DPS a má jeden konektor. Následující obrázek ukazuje funkční schéma SIM548C, ilustruje především funkční část. Schéma i popis částí je převzat z katalogového listu [19].

GSM část:

- Pásmo GSM
- Flash paměti + SRAM
- GSM část rádiové frekvence
- Rozhraní antény
- Rozhraní „deska-deska“

GPS část:

- SIRFIII GPS pásmo
- GPS část rádiové frekvence
- Rozhraní antény
- Rozhraní „deska-deska“



Obr. 4: Funkční diagram

3.2 Výběr mikrokontroléru

Vhodný mikrokontrolér jsem vybíral z velkého množství dostupných mikroprocesorů na českém trhu pocházejících od mnoha výrobců jako například Intel, Microchip, Atmel a další. Pomocí tabulky 4, ve které je přehled vhodných integrovaných obvodů od firmy ATMEL, jsem zvolil mikrokontrolér z rodiny AVR, který díky svým parametrům a obsahu periférií plně splňuje moje požadavky na řídicí jednotku. Jedná se o osmi bitový mikrokontrolér ATmega128A, který disponuje dostatečnou pamětí programu i pamětí dat. Obvod obsahuje dvě sériové linky pro GPS a GSM části. Mikrokontrolér umožňuje programování přes rozhraní ISP, JTAG. AVR jádro poskytuje velmi značný výpočetní výkon 16 MIPS při kmitočtu 16 MHz [11].

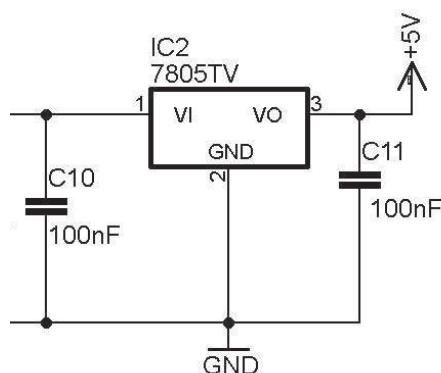
Základní parametry [11]:

- Napájecí napětí 2,7 až 5,5V
- Pouzdro TQFP64
- 8mi bitová RISC architektura
- Taktovací kmitočet 0 – 16 MHz
- Programovací rozhraní ISP a JTAG
- 53 programovatelných I/O linek
- Paměti: 128 Kb ISP FLASH, 4 Kb EEPROM, 4 Kb SRAM
- Sériové master/slave rozhraní
- Plně duplexní sériové rozhraní USART
- Rozsah provozních teplot -40°C do 85°C

V příloze F je uvedeno vnitřní schéma mikrokontroléru včetně popisů bloku, dále je v příloze F uveden obr. 25 s popisem a rozložením vývodů ATmegy128A.

3.3 Stabilizátor napětí na hodnotu +5V

Při výběru stabilizátoru jsem vzal v potaz, že potřebuji stabilizovat napětí z 12V na 5V, kterými je napájena velká část sledovacího zařízení. Na českém trhu lze vybírat mezi výrobci National Semiconductor, Various, STmicroelectronic a dalšími. Zvolil jsem stabilizátor firmy Various 7805TV. Tento stabilizátor je chráněn dvěma keramickými kondenzátory o hodnotách 100 nF. Tyto kondenzátory chrání stabilizátor proti rušení. Ke stabilizátoru je připevněna i plastová ploška, na kterou lze přidělat chladič. Zapojení integrovaného stabilizátoru je převzato z katalogového listu [13].



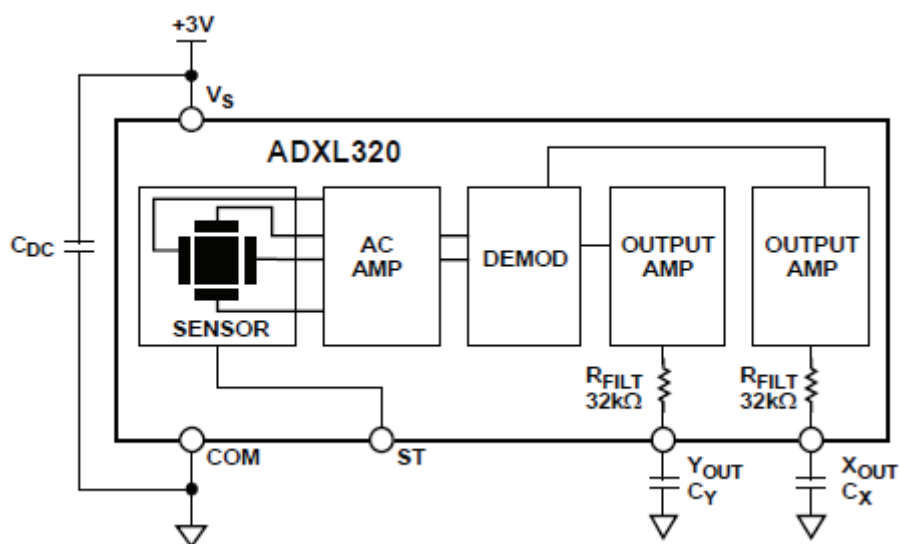
Obr. 5: Zapojení stabilizátoru 7805TV podle [13]

3.4 Výběr akcelometru

Při výběru akcelometru, který bude sloužit ve sledovacím zařízení jako senzor náklonu, jsem zohledňoval spotřebu, cenu a dostupnost na českém trhu a hlavně to, aby měl analogový výstup. Jako nejlepší varianta se zda akcelometr firmy Analog Devices ADXL320. Tento akcelometr měří ve dvou osách X a Y. Dále jsem uvedl základní vlastnosti a vnitřní zapojení ADXL320, obojí převzato z katalogového listu [9].

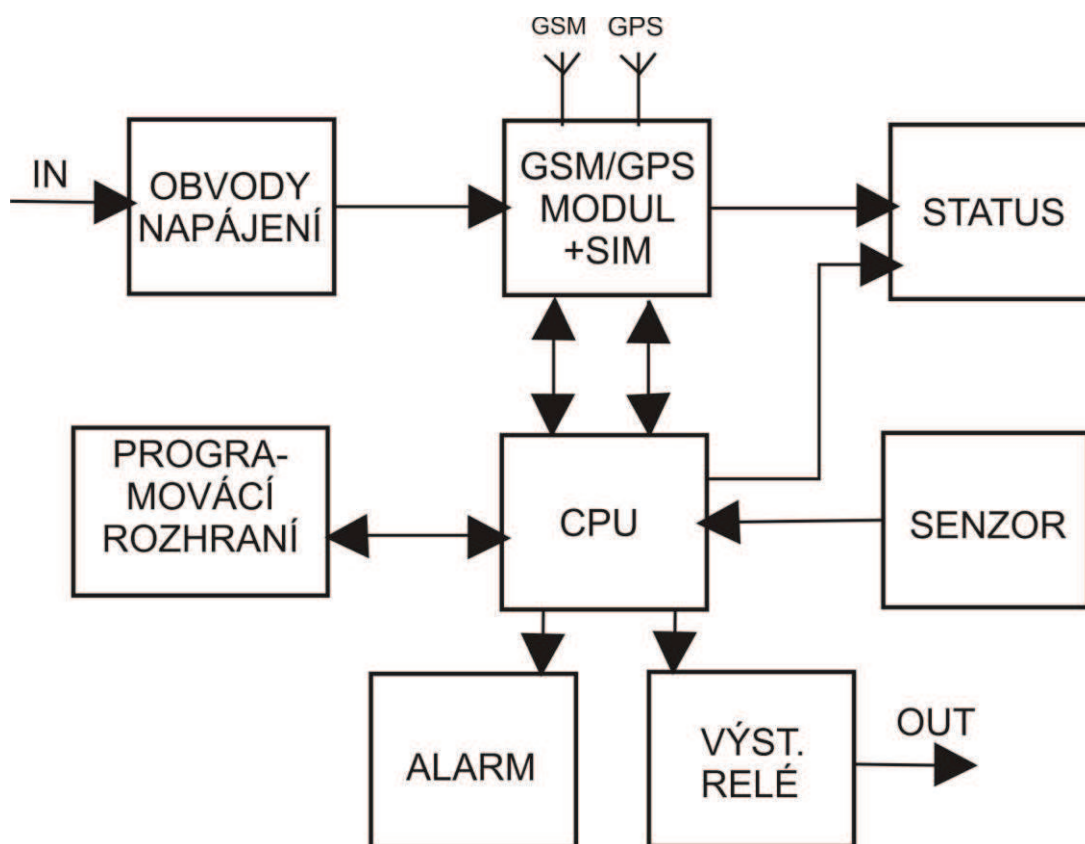
Základní vlastnosti akcelometru ADXL320 [9]:

- Napájecí napětí 2.4 V do 5.25 V
- Nízká spotřeba: 750 μA at $V_s = 5 \text{ V}$
- Měřené přetížení $\pm 5g$
- Malé pouzdro 4 mm $\times$ 4 mm $\times$ 1.45 mm
- Lze nastavit citlivost pro každou osu pomocí kondenzátorů C_y a C_x



Obr. 6: Vnitřní zapojení ADXL320 [9]

4. BLOKOVÉ SCHÉMA ZAŘÍZENÍ



Obr. 7: Blokové schéma zařízení

Popis jednotlivých bloků:

- **OBVODY NAPÁJENÍ** – napájení pro všechny části zařízení, nabíjení Li-Po akumulátoru
- **GSM/GPS MODUL + SIM** – kompletní GSM/GPS modul SIM548c, zajišťuje napojení na systém GPS pro určení polohy a spolupráci se systémem GSM pro napojení na síť mobilního operátora + rozhraní karty SIM (Slot pro SIM kartu)
- **CPU** – mikrokontrolér AVR ATmega128A, který vykonává veškeré řídicí funkce a vyhodnocuje údaje, které přijme od ostatních zařízení

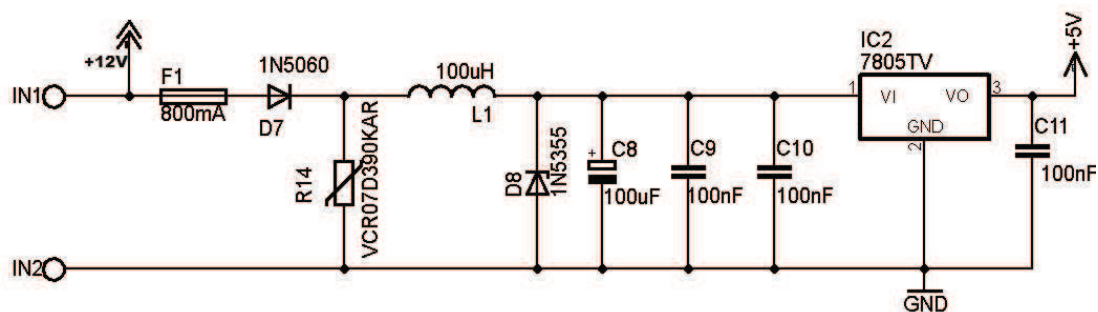
- SENZOR – akcelerátor ADXL327, který používá tříosé měření pro určení náklonu motocyklu
- ALARM – siréna, která je připojena k mikrokontroléru přes přepínač
- VÝSTUPNÍ RELÉ – výstupní relé FINDER, které je připojeno přes přepínač a optočlen
- PROGRAMOVACÍ ROZHRANÍ – deseti vývodový ISP a JTAG – pomocí těchto rozhraní lze programovat mikrokontrolér
- STATUS – bloky LED diod, indikující stavy sledovacího zařízení

Kompletní výkres sledovacího zařízení naleznete v příloze B, kompletní popis bloků následuje v kapitole 5.

5. POPIS BLOKŮ

5.1 Obvody napájení

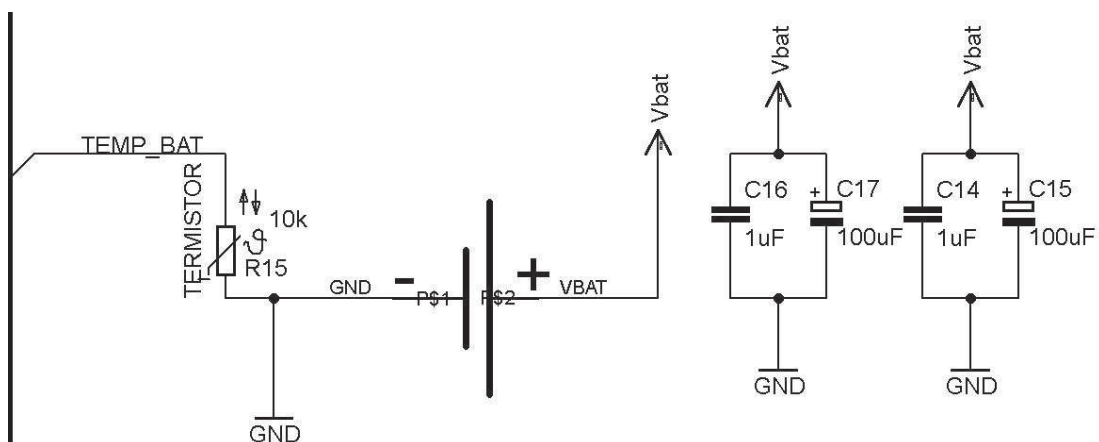
Sledovací zařízení bude napájeno z napěťové sítě uvnitř motocyklu. Těchto 12V bude přivedeno na průmyslové Wago svorky s názvem IN. Proud dále prochází přes pojistku F1, která je na DPS umístěna pomocí držáku pro pojistku. Následuje dioda D7, která má v napájecí cestě funkci ochrany proti prepólování. Dále varistor R14 je v obvodu zařazen jako přepětová ochrana a tlumivka L1 nám ztlumí případné vyzařování elektromagnetických vln, které by mohly rušit sledovací zařízení. Mezi plus a zem je připojena referenční dioda D8, která slouží jako ochrana proti vniknutí vyšších napětí než 18 V. Při průchodu napětí nad tuto hodnotu dojde k průrazu diody a přepálí se tavná pojistka F1. Dále jsou v napěťové cestě zapojeny dva filtrační kondenzátory C8 a C9 o hodnotách 100 uF a 100 nF, které slouží k odstranění vysokofrekvenčních a nízkofrekvenčních rušení. Poté je napětí přivedeno na stabilizátor 7805TV, který nám usměrní napětí 12V na hodnotu 5V. Tento stabilizátor je chráněn dvěma keramickými kondenzátory C10 a C11 o hodnotách 100 nF, které slouží k zamezení rušení.



Obr. 8: Napěťová cesta + zapojení stabilizátoru [13].

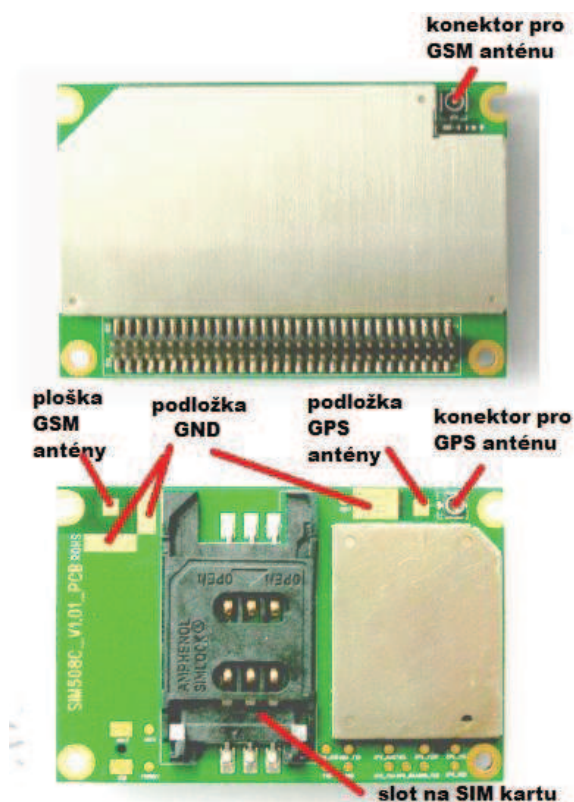
Lineární stabilizátor 7805TV bude dále napájet ostatní komponenty v zařízení. Jeho výstup +5V je také přiveden na vstup modulu SIMCOM548c. Tento modul bude většinu času v režimu spánku, kde bude proudový odběr cca 100 mA. Modulem je nabíjena Li-Po baterie. Při nabíjení vnitřní baterie bude spotřeba proudu cca 700 mA. Proudové špičky, které budou vznikat v GSM části modulu, budou

kryty z baterie. Hodnoty blokujících kondenzátoru pocházejí z katalogového listu [18].



Obr. 9: Zapojení baterie + blokující kondenzátory [18].

5.2 GPS/GSM modul

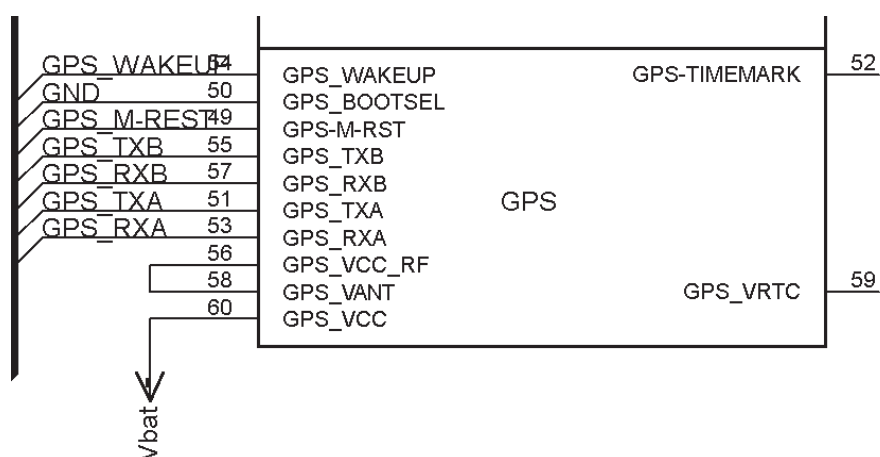


Obr. 10: Modul SIM548c – fotografie obou stran modulu s popisky

GPS/GSM modul obsahuje kombinovaně obě části a to jak GPS, tak GSM část. Obě části jsou však na sebe nezávislé. Každá část má své napájecí napětí i umístění interních stabilizátorů v modulu. Zem GND je společná pro obě části modulu. Celý modul je napájen za pomoci Li-Po baterie. K samotnému modulu je shora připojen i slot na SIM kartu viz obr. 10.

5.2.1 GPS část

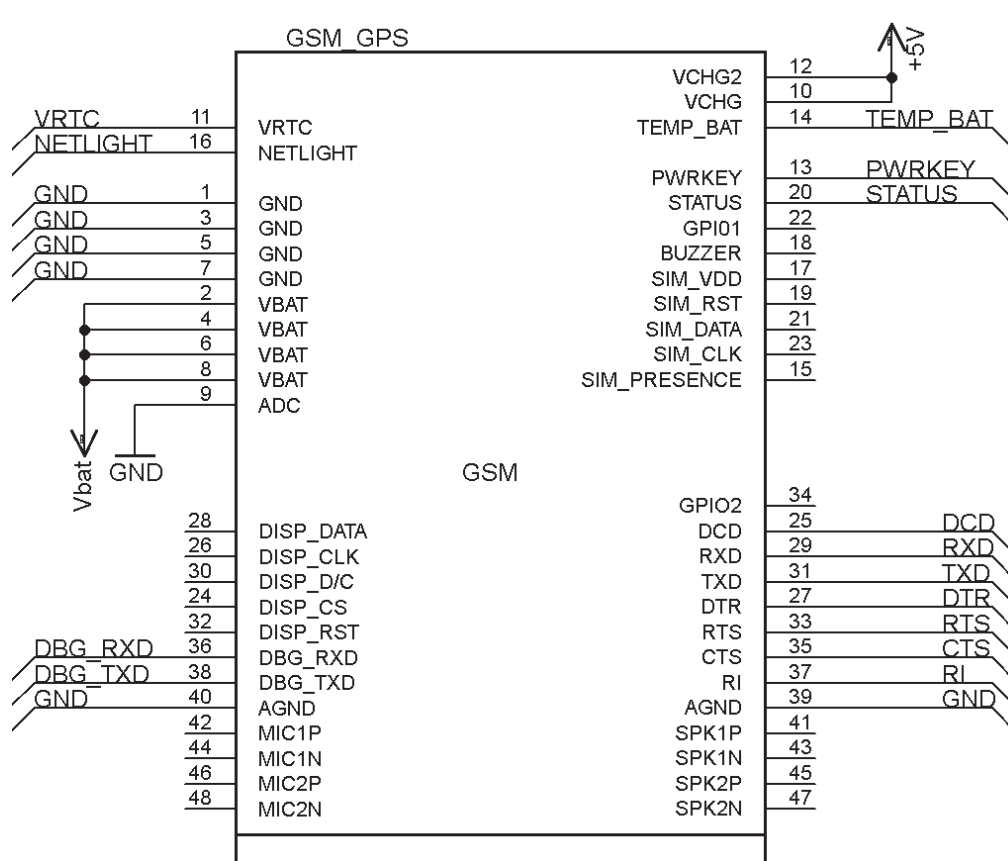
V GPS části je napájení řešeno za pomoci vývodu GPS_VCC a zemního GND. GPS část obsahuje svůj vlastní vnitřní stabilizátor, proto můžeme napětí přivádět přímo z Li-Po baterie. Komunikace mezi GPS částí a mikrokontrolérem probíhá po sériové lince za pomoci vývodů GPS_TXB a GPS_RXB. Komunikace probíhá ve formátu NMEA-0813, modul začne posílat datový tok po zapnutí zařízení. Pro restart GPS části slouží vývod GPS_M-RST. Dále je možnost měnit funkční režimy GPS části. Volbu zda je zařízení zapnuto, vypnuto anebo v úsporném režimu obstarává vývod GPS_WAKEUP. Vývody GPS_TXA a GPS_RXA (sériová linka) jsou vyvedeny na kolíkovou lámací lištu a budou sloužit jako servisní. GPS_BOOTSEL je uzemněn na GND, jelikož funkci přeprogramování vnitřní paměti, kde je uložena firmware, nebudeme potřebovat. Vývody GPS_VANT a GPS_VCC_RF jsou spolu spojeny a přivádějí napájecí napětí pro aktivní anténu GPS. Pro zvýšení kvality příjmu GPS signálu použijeme aktivní anténu se zesilovačem. Napájecí napětí antény je 3V. Viz [18].



Obr. 11: Zapojení GPS části - Eagle

5.2.2 GSM část

Tak jak je to u GPS části, tak i GSM část komunikuje s mikrokontrolérem po sériové lince přes vývody RxD a TxD. První z nich zajišťuje přijímání, druhá vysílání dat. Vývod NETLIGHT je připojen na informační LED diody, o kterých se píše více v kapitole STATUS, viz 5.5. Vývod VBAT je připojen ke kladnému pólu Li-Po baterie. Záporný pól je zemnicí GND. Vývod PWRKEY dělá funkčně to samé co v GPS části vývod GPS_WAKEUP, tedy řídí režimy modulu. Určuje, zda je GSM část modulu zapnutá, vypnutá nebo je v úsporném režimu. Vývod STATUS je propojen s výstupní částí mikrokontroléru a informuje mikrokontrolér o tom, v jakém režimu zrovna modul pracuje. Teplotu baterie bude kontrolovat termistor, který je připájen poblíž akumulátoru a je připojen na vývod TEMP_BAT. Toto nám bude sloužit k tomu, aby se hlídala nabíjecí křivka a v případě nouze aby došlo k úplnému odpojení baterie před tím, než by došlo k výbuchu baterie. Ve chvíli kdy dojde k odpojení baterie, tak nám záložní kondenzátor C4, který je připojen na vývod VRTC, přivede od GSM části napětí. Kondenzátor C4 má funkci záložního zdroje a dále nám zálohuje aktuální datum a čas. Pro případné přehrání firmwaru budou sloužit vývody DBG_RXD a DBG_TXD, které jsou vyvedeny na kolíkovou lámací lištu. Komunikace na těchto vývodech bude probíhat po sériové lince. Vývody, které začínají označením SIM, nemusíme zapojovat. Slot na SIM kartu je totiž připájen přímo na modul viz obr. 10. Na vývody VCHG a VCHG2 je přivedeno napětí +5V přímo ze stabilizátoru 7805. Dále GSM část modulu obsahuje vývody na připojení mikrofonu, displeje a reproduktoru. Tyto periferie nebudeme využívat, takže zůstávají nepřipojené [18]. Vývod DCD je řídicím signálem generovaným DCE k indikaci, že DTE očekává příjem dat. DTR je řídicí signál generovaný DTE k indikaci, že je modul ONLINE a lze začít komunikaci. RTS je signál, který se pošle s žádostí o zasílání zpráv. CTS je řídicí signál, generovaný DCE k indikaci, že je schopno vysílat data směrem k přijímači. RI je signál DCE, který zjistí příchozí hovor na telefonní lince [20].



Obr. 12: Zapojení GSM části - Eagle

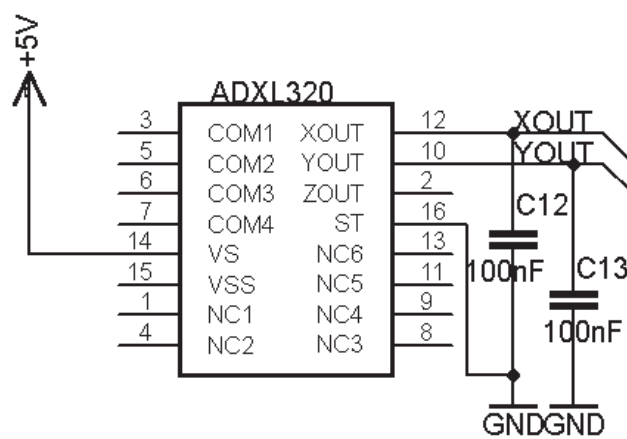
5.3 CPU část

Celé sledovací zařízení bude řídit mikrokontrolér firmy ATMEL ATmega128A. Mikrokontrolér bude obsluhovat i GSM/GPS modul. S kterým bude komunikovat po sériových linkách. Pro časování obvodu je užit krystal s pouzdrem HC49U o hodnotě 16 MHz, který je připojen na vývody XTAL1 a XTAL2. Frekvence 16 MHz nám zaručuje nulovou chybovost a zároveň se jedná o maximální pracovní frekvenci mikrokontroléru ATmega128A [11]. Krystal je doplněn v zapojení o dva keramické kondenzátory C6 a C7 o hodnotách 22 pF. Tyto hodnoty kondenzátoru jsou zvoleny podle doporučení výrobce v katalogovém listu. Napájení mikrokontroléru je přivedeno na vývody VCC a GND. Část VCC je doplněna o dva keramické kondenzátory C1, C2 a jeden elektrolytický kondenzátor C3. Hodnoty kondenzátoru jsou voleny podle katalogového listu [11]. Na vývod AVCC bude

přiváděno napětí +5V, které bude napájet vestavěný A/D převodník. Vstup AREF je vyveden na lištu pro případné další použití. Programovat mikrokontrolér lze pomocí JTAGU nebo ISP, více viz kapitola programovací rozhraní.

5.3.1 Část měření

Sledovací zařízení bude měřit náklon motocyklu. K tomuto úkolu jsem již výše vybral akcelometr firmy ADXL. Tento akcelometr bude napájen pomocí stabilizátoru +5V. Výstupy obvodu X a Y jsou přivedeny na mikrokontrolér ATmega128A. Budou k tomu sloužit vývody interního A/D převodníku ADC1 a ADC0. Vstup X i Y je doplněn o filtrační keramický kondenzátor. Tyto kondenzátory o hodnotách o 100 nF odstraní okolní rušení nebo nežádoucí zákmity. Hodnoty kondenzátoru jsou voleny podle výrobce, viz [9].



Obr. 13: Zapojení ADXL320 s filtračními kondenzátory [9]

5.4 Programovací rozhraní a programátor

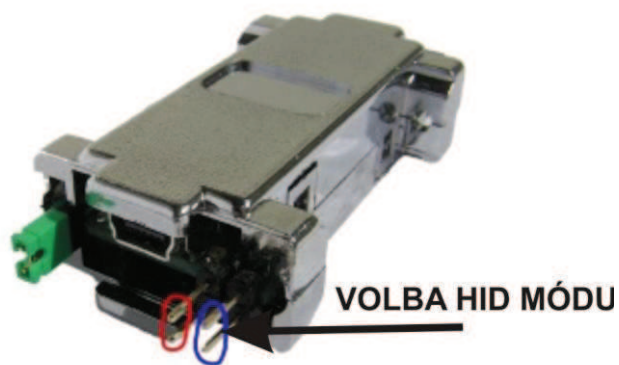
Sběrníková část sledovacího zařízení umožňuje programování mikrokontroléru dvěma způsoby. Jedná se o ISP a JTAG. Obě tyto programovací rozhraní budou ve variantě s deseti vývody, viz níže. Programovat se bude pomocí programátoru AVRPROG USB v2.

5.4.1 Programátor AVR

AVR PROG USB v2 je pokročilý programátor AVR ISP, který umožňuje snadné programování systému. Je kompatibilní s Atmel AVR Studio a dalšími vývojovými prostředími. AVR PROG USB v2 pracuje s Windows 7 v HID módu. Součástí programátoru je 50 cm propojovací kabel ukončený výstupními 2x5 vývody pro programování přes ISP rozhraní.

Základní specifikace [10]:

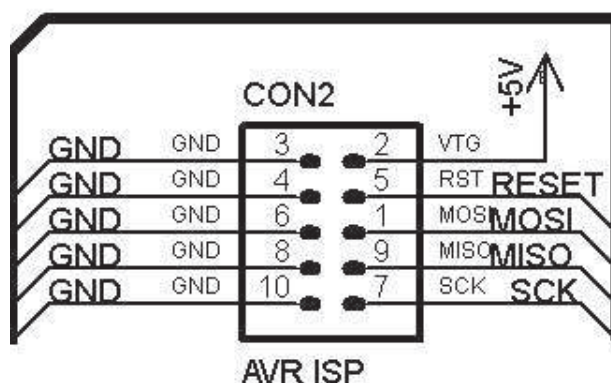
- propojení s PC pomocí USB
- kompatibilní s STK500v2
- podpora všech AVR procesorů
- napájen přes USB port
- programovací napětí obvodu od 1.6V do 5V
- dva operační módy (COM & HID)
- dvě LED diody signalizující stavy programátorovi



Obr. 14: Programátor AVR PROG USB v2 – volba HID módu

5.4.2 ISP – (In System Programming)

Toto rozhraní je v dnešní době velice rozšířené. Výhodou tohoto rozhraní je, že se integrovaný obvod nemusí přenášet z vyvíjené aplikace do programovacího zařízení a zpět. Ve sledovacím zařízení probíhá komunikace mezi mikrokontrolérem a ISP po sériové lince. Deseti vývodové ISP je připájeno na DPS. Na straně počítače je připojen přes USB port programátor AVR PROG USB v2 a programování probíhá v jazyce C pomocí programu AVR studio.

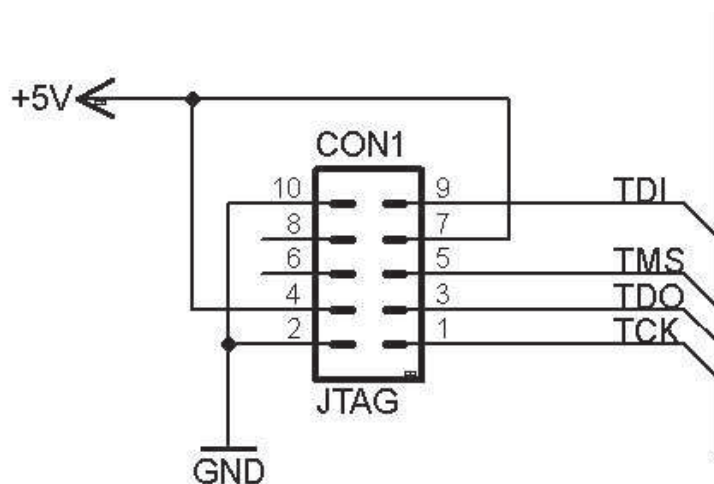


Obr. 15: Zapojení konektoru ISP

Na obrázku 15 je zapojení použitého ISP konektoru. Rozhraní ISP obsahuje napájení (VTG), ovládání resetu (RST), vodič pro sériový zápis (MOSI) a vodič pro sériové čtení (MISO) obsahu interních pamětí FLASH i EEPROM. Dále konektor obsahuje synchronizaci přenosu dat (SCK) a zbylých 5 vývodu je uzemněno (GND) [17].

5.4.3 JTAG – (Join Test Action Group)

Rozhraní JTAG bylo navrženo k testování plošných spojů, programování mikrokontroléru a FLASH pamětí. Jedná se o tzv. Standard Test Action Port, který je definovaný normou IEEE 1149.1. Také u tohoto rozhraní není potřeba přenášet integrovaný obvod z vyvíjené aplikace do programovacího zařízení a zpět. Jedná se o sériové rozhraní, které zvládne jednak programování mikrokontroléru tak jeho ladění. Deseti vývodové rozhraní je na DPS připájeno a na straně PC je připojeno přes USB port. Programování probíhá pomocí programu AVR studio [12].



Obr. 16: Zapojení deseti vývodového JTAGu

Na obrázku 16 Je zapojení deseti vývodového JTAGu. Rozhraní JTAG obsahuje 2 vývody napájení (VCC), synchronizaci přenosu (TCK), sériový zápas (TDI), sériové čtení (TDO) a volbu modulů (TMS). Dva vývody jsou uzemněny (GND). U jednotlivých vývodů je třeba říct, že každé písmeno T před názvem znamená TEST [12].

5.5 STATUS – LED diody

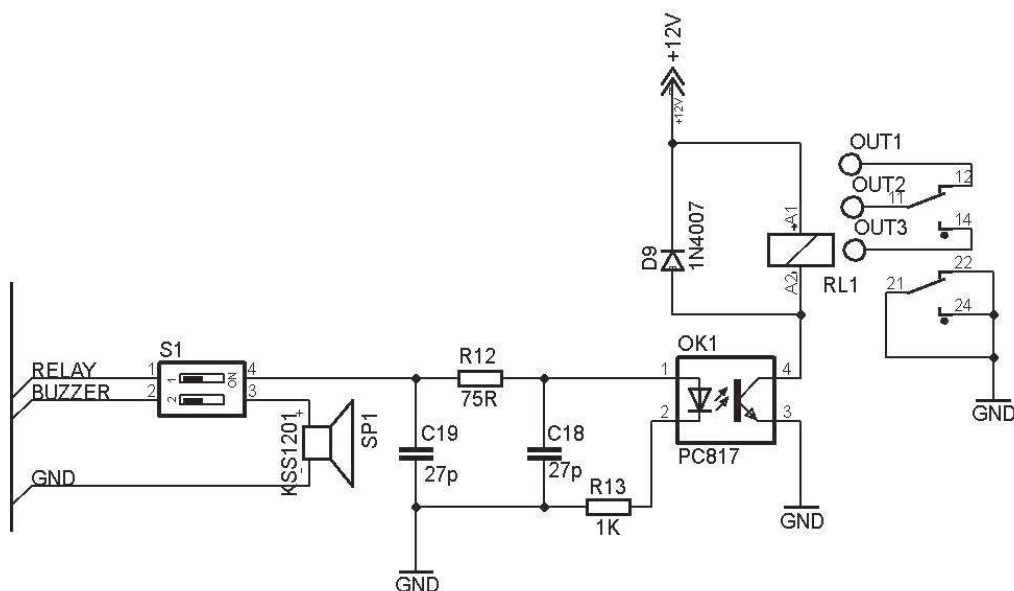
Jedná se o pomocný blok LED diod, které slouží k indikaci stavu sledovacího zařízení. Blok LED diod LED2 – LED5 je připojen k vývodům mikrokontroléru ATmega128A a je jen na mě jakou funkci jim při programování dám. LED 1 je připojena k modulu SIM 548c k části GSM vývodu STATUS a indikuje tyto stavy modulu, viz Tab. 6. Informace jsou převzaty z katalogového listu [18].

Tab. 6: Stavy LED1 – STATUS [18]

STAV DIODY	STAV MODULU SIM 548c
dioda nesvítí	GSM část modulu je zcela vypnutá
dioda bliká 64 ms / 800 ms	GSM část modulu hledá signál
dioda bliká 64 ms / 3000 ms	GSM část modulu našla signál
dioda bliká 64 ms / 300 ms	Modul komunikuje za pomoci GPRS

5.6 Alarm a výstupní relé

Alarm i výstupní relé jsou připojeny na výstupní vývody mikrokontroléru. Obě dvě periférie lze zapnout manuálně pomocí přepínače a je jen na vlastníkově sledovacího zařízení, zda tyto funkce využije. Na výstup relé jsou přidány průmyslové konektory, které lze připojit k zapalování motocyklu a v případě odcizení motocyklu dojde k odpojení od vnitřní sítě. V mém sledovacím zařízení bude funkce alarmu vypnutá, jelikož si myslím, že vlastníkově motocyklu se jedná o to, aby útočník nevěděl, že motocykl nějaké sledovací zařízení obsahuje. A v případě krádeže a zvuku sirény nedošlo k demontáži zařízení z motocyklu.



Obr. 17: Zapojení relé a alarmu

6. VÝROBA PROTOTYPU

Návrh celého sledovacího zařízení je proveden v programovém prostředí EAGLE 5.6.0 Light. Je volena tato starší verze, jelikož novější „šestkové“ verze nejsou plně kompatibilní se staršími verzemi programu EAGLE. Návrh DPS je prováděn podle daných pravidel, které jsou k nahlédnutí zde [7]. Největší pozor jsem musel dávat na správně natažené spoje a to, aby se všude a správně rozlila zemnicí plocha. Deska je navržena jako oboustranná, z důvodů velkého množství součástek a spojů. Deska bohužel není prokovená, ale je volena metoda prodrátkování propojek obou stran.

Základní technické parametry desky:

- Rozměr: 85,5mm x 112,5mm
- Tloušťka materiálu: 1,5 mm
- Vrtaná DPS: ANO
- Nepájivá maska: ANO
- Síla mědi: 17μm
- Potisk: NE
- Materiál DPS: FR4

Všechny výkresy sledovacího zařízení jsou k nahlédnutí v příloze B, C, D. Nutno však upozornit, že nejsou uvedeny v měřítku 1:1. Dále bylo nutno vyrobit knihovny k některým součástkám např. GPS/GSM modelu. Tyto knihovny jsou přidány na CD, které je součástí bakalářské práce. Seznam všech součástek je také nahlédnutí v příloze A, kde je přehledně rozepsán do tabulky.

6.1 Realizace prototypu

Po dokončení výrobního procesu desky sledovacího zařízení byla deska ručně vyvrtána. Prokovy desky byly prodrátkovány, aby se propojily obě strany desky. Deska byla osazena postupně všemi součástkami. Nejprve byly osazeny součástky napěťové části. Postupovalo se od SMD součástek až k těm větším. Tudíž nejprve byly osazeny filtrační kondenzátory C8, C9, C10, C11. Poté dioda D7, varistor R14, tlumivka L1, stabilizátor IC2 a nakonec držák na pojistku F1. Na vstupní svorky bylo přivedeno napětí +12V a na stabilizátoru IC2 bylo měřeno, zda je na jeho výstupu požadované napětí +5V. Případně zda napěťová část není ve zkratu. Dále jsme desku osadili konektorem pro GSM/GPS modul, zálohovací kondenzátor C4, filtrační kondenzátory C14, C15, C16, C17, které slouží jako blokovací kondenzátory pro napájecí napětí modulu. Jako další jsme připájeli držák SIM karty na samotný modul. Další byly osazeny komponenty cesty STATUS a to rezistory R1, R2, R3, dioda D1, tranzistor T1 a LED dioda červená LED1. V tuto chvíli lze připojit modul SIMCOM a připojit na něj napájecí napětí. Je třeba zkontrolovat, zda se baterie správně nabíjí. Poté můžeme desku osadit o ostatní součástky (rezistory, kondenzátory, konektory, relé, apod.). Osazenou výslednou desku najdete na fotografii v příloze G. V poslední řadě provedeme další měření, a pokud je vše v pořádku, můžeme přejít k programování mikrokontroléru.

7. PROGRAMOVÁNÍ MIKROKONTROLÉRU

Samotný mikrokontrolér ATmega128A, byl naprogramován přes programovací rozhraní ISP, za pomoci programátoru AVR PROG USB v2. Program byl vytvářen v programovém prostředí AVR studio 4. Byl použit programovací jazyk „AVR GCC“, což je obdoba jazyku „C“.

Použité otevřené knihovny pro sledovací zařízení jsou převzaty z [20] a [21]. Při samotném programování bylo využito především skript k předmětu BMPT [1] ing. Tomáše Frýzy, Ph.D.

Pro lepší pochopení funkčnosti programu sledovacího zařízení byl sestaven vývojový diagram, viz Obr. 18.

7.1 Formát sestavené SMS zprávy

Příklad SMS zprávy, která bude odeslána modulem SIM548c:

Dobrý den, aktuální poloha motocyklu je:

Zeměpisná šířka: +49.135306

Zeměpisná délka: +16.343441

Čas UTC: 195522.232

Datum UTC: 280602

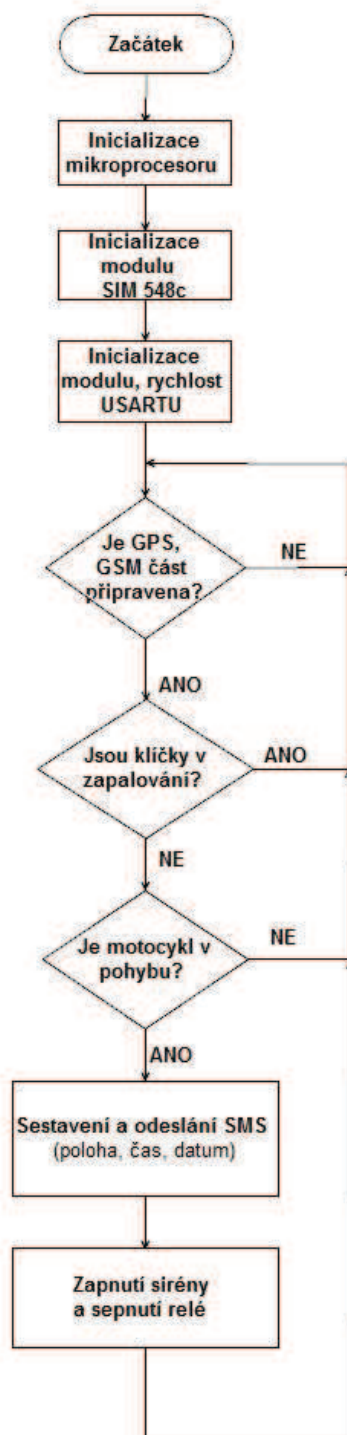
Konec zprávy. Nashledanou

Takto sestavená SMS zpráva je odeslána na telefonní číslo +420724825153, které je přiřazeno AT příkazem v programové části. Ve zprávě dostaneme údaje o aktuální poloze motocyklu, datum ve formátu UTC a datum ve formátu UTC.

7.2 Popis hlavní části programu

Ve hlavní části programu je vytvořena nekonečná smyčka s podmínkou na začátku programu. Tato podmínka nebude nikdy splněna, tudíž se cyklus bude pořád opakovat. Po inicializaci mikroprocesoru a modulu SIM548c, dojde na další podmínku a tou je jestli jsou klíčky v zapalování. Pokud NE, začíná modul střežit motocykl. Při pohybu motocyklu se sestaví SMS ve formě textu (viz 7.1) a odešle se na tel. číslo s aktuálními údaji o poloze. Následuje navrácení do původního stavu.

Celý program včetně knihoven je uveden na CD, které je dodáno s bakalářskou prací.



Obr. 18: Vývojový diagram

8. ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala popisem struktur GSM a GPS systému, protokolu NMEA a popisem AT příkazů. Při psaní bakalářské práce jsem se seznámil s problematikou sledovacích/vyhledávacích zařízení. V další fázi práce jsem zařízení navrhnul a podle daných předpisů vyrobil, osadil komponenty a naprogramoval. Toto zařízení má převážně sloužit jako ochrana proti zlodějům motocyklů a řídí jej mikrokontrolér od firmy ATMEL ATmega128A. Hlavní bezpečnostní ochranu obstarává akcelometr, který monitoruje pohyb motocyklu ve dvou osách. Dále je zařízení vybaveno sirénou a výstupním relé, které v případě alarmu vyřadí motocykl z provozu. Umístění sledovacího zařízení bude pod sedlem jezdce, kde najdeme dostatečné místo pro instalaci zařízení. Celé zařízení bude dodáváno v kovové krabici, která bude sloužit jako chladič a za druhé poslouží jako ochrana před vniknutím útočníka do zařízení. Realizované sledovací zařízení najdete na fotografii v příloze E.

Zařízení je funkční, ale programová část by potřebovala otestovat v ostrém provozu. Kde by byly odstraněny chyby, které můžou vyvolávat falešné poplachy. Bylo by třeba provést řadu měření akcelometru, abychom mohli správně nastavit úroveň A/D převodníku. Jedná se tudíž o prototyp, který je ve stádiu testovacího modulu. Paměť mikrokontroléru obsahuje ještě velké množství místa, což se nám hodí pro případné budoucí rozšíření o další ochranné systémy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

KNIHY A SKRIPTA:

- [1] FRÝZA, T., FEDRA, Z., POVALAČ, A., PROKOPEC, J. Mikroprocesorová technika a embedded systémy. [online]. 2011 - [cit. 2012-05-08]. Dostupné na [www: http://www.urel.feec.vutbr.cz/~fryza/](http://www.urel.feec.vutbr.cz/~fryza/).
- [2] HANUS, S. Rádiové a mobilní komunikace. Skripta FEKT VUT v Brně. Brno, 2009.
- [3] HOJGR, Radek a Jan STANKOVIČ. *GPS: praktická uživatelská příručka*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2007, 221 s. ISBN 978-80-251-1734-7.
- [3] KREJČÍŘÍK, Alexandr. *SMS: střežení a ovládání objektů pomocí mobilu a SMS : GSM pagery a alarmy: princip použití, návody, příklady*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 303 s. ISBN 80-730-0082-2.
- [5] PROKOPEC, Jan a Stanislav HANUS. *Systémy mobilních komunikací*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2008, 134 s. ISBN 978-80-214-3791-3.
- [6] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2002, 197 s. ISBN 80-248-0124-8.
- [7] VRBA, K.; HERMAN, I.; KUBÁNEK, D. Konstrukce elektronických zařízení. Skripta FEKT VUT v Brně. Brno, 2005.

KATALOGOVÉ LISTY – INTERNET:

- [8] *Abclinuxu.cz: GPS a komunikační protokol NMEA*. [online]. 2006 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z WWW: <http://www.abclinuxu.cz/clanky/ruzne/gps-a-komunikacni-protokol-nmea-3-dekodovani-dat>
- [9] *Analog.com: ADXL320*. [online]. 2010 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z WWW: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADXL320.pdf
- [10] *And-tech.pl: AVR PROG USB v2*. [online]. 2010 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z WWW: <http://www.gme.cz/dokumentace/752/752-447/czn.752-447.1.pdf>

- [11] *Atmel.com:ATmega128A*. [online]. 2008 [cit. 2010-12-13]. Dostupné z WWW: http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=4574
- [12] *Atmel.com:JTAG*. [online]. 2009 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z WWW: <http://www.atmel.com/Images/doc2475.pdf>
- [13] *Datasheetcatalog.org:7805TV*. [online]. 2008 [cit. 2010-12-13]. Dostupné z WWW: http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/228/390068_DS.pdf
- [14] *Etsi.org: GSM 07. 05*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://www.etsi.org/deliver/etsi_gts/07/0705/05.03.00_60/gsmts_0705v050300p.pdf
- [15] *Etsi.org: GSM 07. 07*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://www.etsi.org/deliver/etsi_gts/07/0707/05.00.00_60/gsmts_0707v050000p.pdf
- [16] *Gpsinformation.org: RMC*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>
- [17] *Ou.edu:ISP*. [online]. 2007 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z WWW: http://www.cs.ou.edu/~fagg/classes/ame3623_s05/atmel/avrisp_ug.pdf
- [18] *Soselectronic.hu:SIM548c*. [online]. 2008 [cit. 2010-12-13]. Dostupné z WWW: http://www.soselectronic.hu/a_info/resource/c/sim548c.pdf
- [19] *Wctek.com:ATcommand set SIM548c*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://wctek.com/documents/SIM548C_ATC_V1.00.pdf
- [20] *Wikipedia.org:RS232*. [online]. 2007 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/RS-232>

KNIHOVNY AVR

- [21] *Procyon AVRlib File List*. [online]. 2010 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z WWW: <https://ccrma.stanford.edu/courses/250a/docs/avrlib/html/files.html>
- [22] *AVR Libc Home Page*. [online]. 2010 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z WWW: <http://www.nongnu.org/avr-libc/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

GPS - Global Position System

GSM - Global System for Mobile communications

GPRS – General Packet Radio Servis

BST - Base Transceiver Station

BSC – Base Station Controller

MSC – Mobile Switching center

EIR – Equipment Identification register

VLR – Visitor Location Register

HLR – Home Location Register

NSS – Network Switching Subsystem

BSS – Base Station Subsystem

CPU - Central Processing Unit

SIM - Subscriber Information Module

ISP – In System Programming

JTAG – Joint Test Action Group

MS – Mobile station

UART – Universal Asynchronous Receiver and Transmitter

USART - Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter

DPS – Deska Plošného Spoje

SMS – Short Message Servis

SEZNAM PŘÍLOH

- A SOUPISKA SOUČÁSTEK
- B KOMPLETNÍ SCHÉMA
- C DPS SLEDOVACÍHO ZAŘÍZENÍ
- D ROZLOŽENÍ SOUČÁSTEK NA DPS SLEDOVACÍHO ZAŘÍZENÍ
- E FOTOGRAFIE HOTOVÉHO VÝROBKU
- F ROZLOŽENÍ VÝVODŮ A BLOKOVÉ SCHÉMA ATMEGA128A
- G OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

A SOUPISKA SOUČÁSTEK

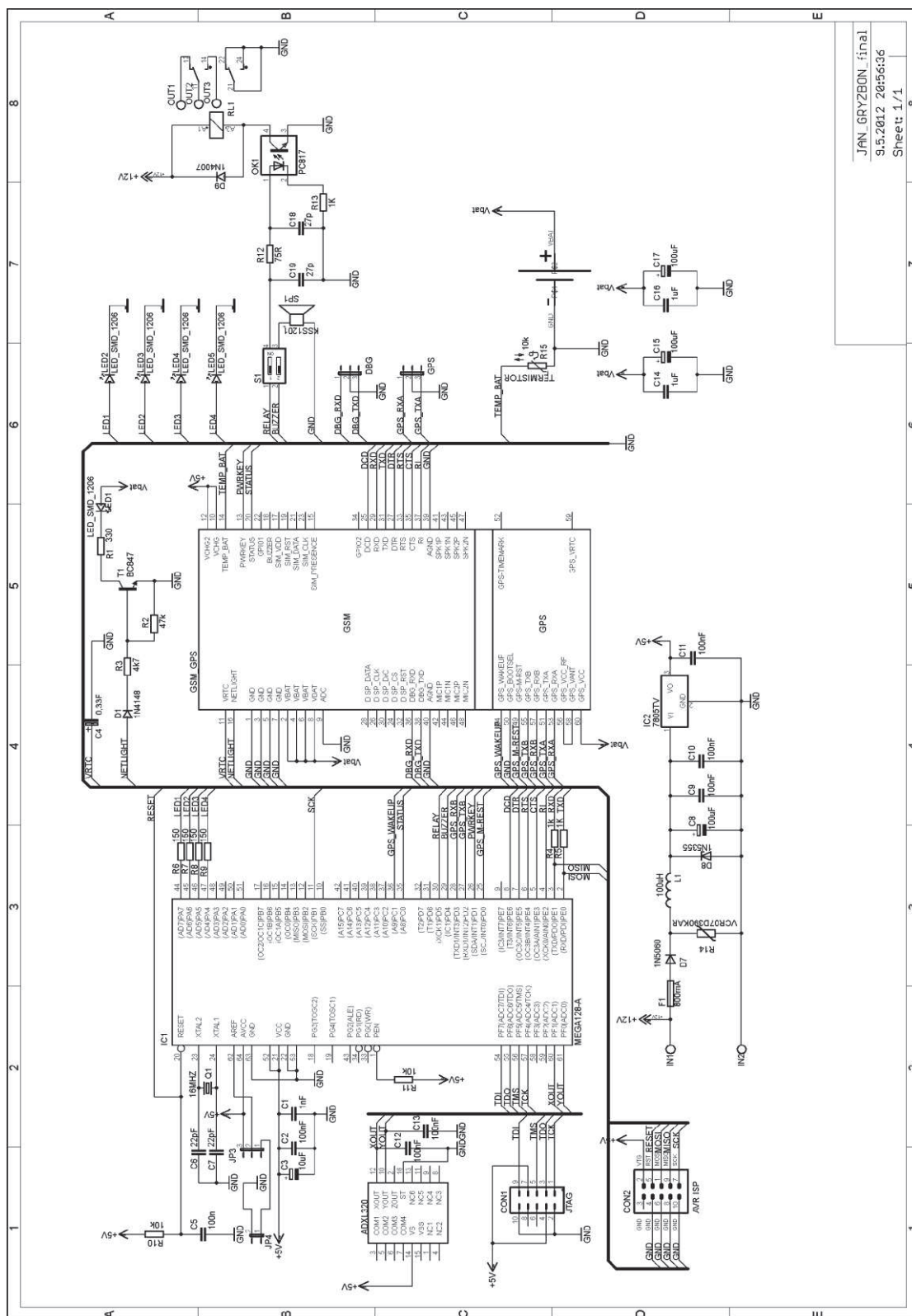
Tab. 7: Soupiska součástek 1/2

Počet	Označení	Hodnota	Typ	Název
1	R1	330	R1206	Rezistor
1	R2	47K	R1206	Rezistor
1	R3	4K7	R1206	Rezistor
3	R4, R5, R13	1K	R1206	Rezistor
4	R6, R7, R8, R9	150	R1206	Rezistor
2	R10, R11	10k	R1206	Rezistor
1	R12	75	R1206	Rezistor
1	R14		VCR07D390KAR	Varistor
1	R15	10k	NTC640	Termistor
1	C1	1nF	C1206	Kondenzátor
7	C2, C5, C9, C10, C11, C12, C13	100nF	C1206	Kondenzátor
1	C3	10uF	CT 10M/25V	Kondenzátor
1	C4	0,33F	MAL219612334E3	Kondenzátor
2	C6, C7	22pF	C1206	Kondenzátor
3	C15, C17	100uF	CTS 100M/10V C	Kondenzátor
2	C14, C16	1uF	C1206	Kondenzátor
1	C8	100uF	CE 100M/50V	Kondenzátor
2	C18, 19	27pF	CK1206 27P/50V	Kondenzátor
1	F1	800mA	FST00.8	Pojistka
1	IC1		ATmega128A	Mikrokontrolér
1	IC2		7805-STM	Stabilizátor
1	Q1	16MHZ	HC49/S	Krystal
4	GPS, DBG, JP4, JP3		3vývody	Lámací lišta
2	CON1, CON2		MLW10G	Konektor
5	IN1, IN2, OUT1, OUT2, OUT3		WAGO236-742	Svorky
1	ADXL		ADXL320	Akcelometr
1	GSM_GSM		SIMCOM548C	Modul GPS/GSM

Tab. 8: Soupiska součástek 2/2

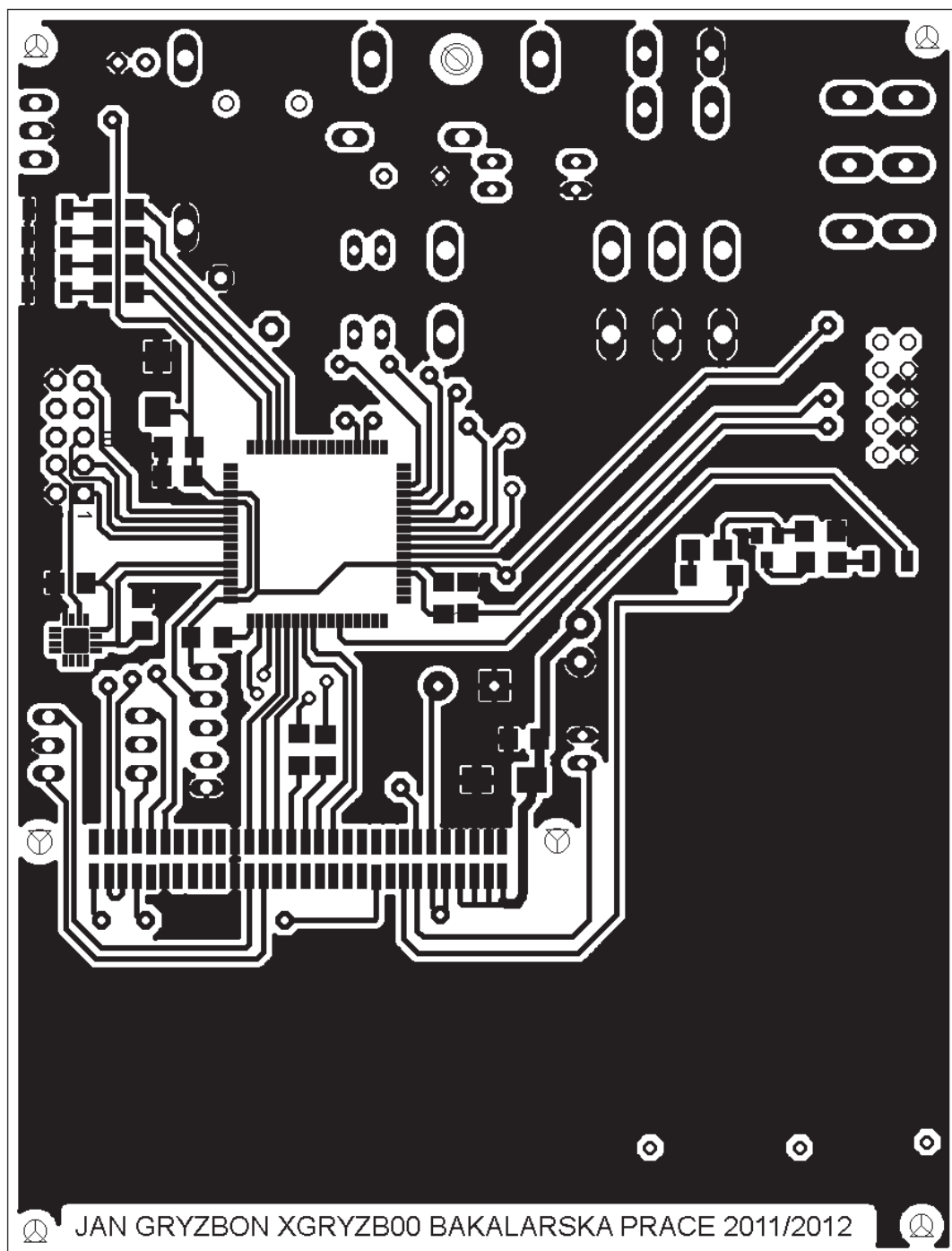
Počet	Označení	Hodnota	Typ	Název
1	L1	100uH	DPU100A1	Tlumivka
1	D1	1N4148	SOD80	Dioda
1	D9	1N4007	DO213AB	Dioda
1	D7	1N5060	DO204AP	Dioda
1	D8	1N5355	DO-201	Dioda
1	S1		DIP 02 BLUE	Přepínač
1	SP1		KSX-1205C	Sirénka
1	RL1		RELEF4051-12	Relé
1	OK1		PC452-COS	Optočlen
1	BATT		Li-Po 3,7V, 500mAh	Baterie
3	LED1, LED4, LED5		1206 RED 45/130°	LED Dioda
1	LED2		1206 GREEN 35/130°	LED Dioda
1	LED3		1206 YELLOW 60/130°	LED Dioda
1	T1		BC847A	Tranzistor

B KOMPLETNÍ SCHÉMA



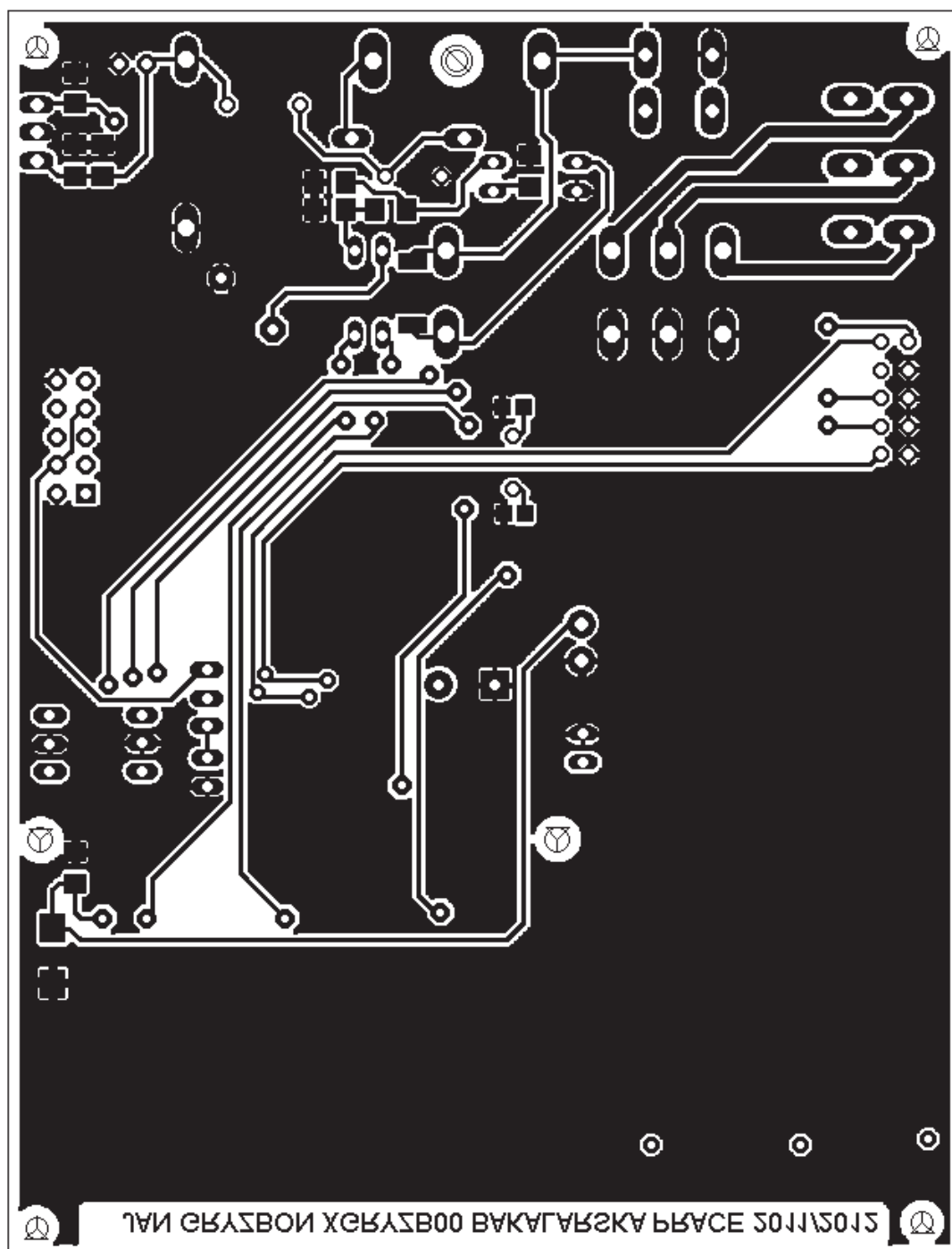
C DPS SLEDOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

C.1 První část



Obr. 20: DPS sledovacího zařízení – strana TOP

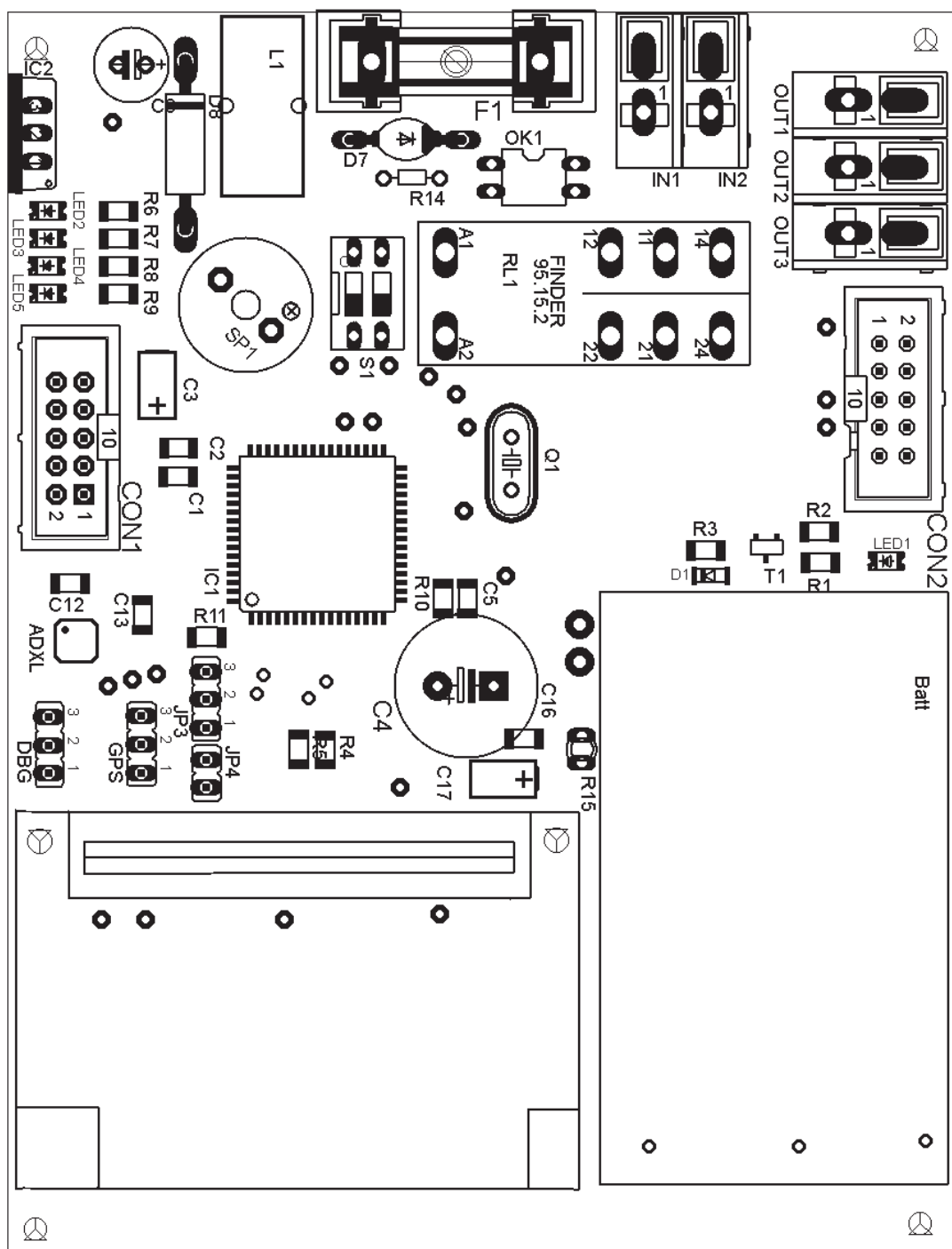
C.2 Druhá část



Obr. 21: DPS sledovacího zařízení – strana BOTTOM

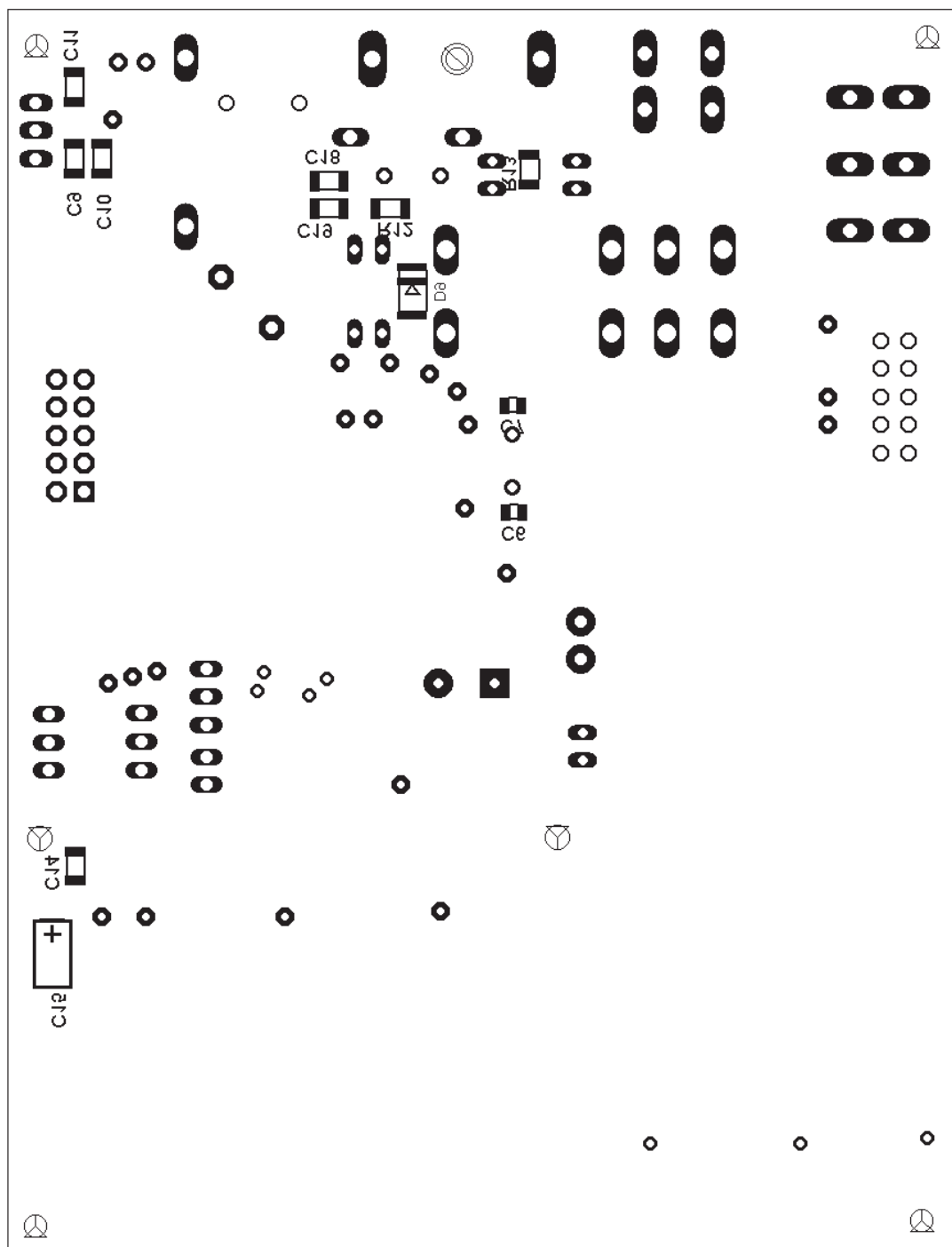
D ROZLOŽENÍ SOUČÁSTEK NA DPS SLEDOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

D.1 První část



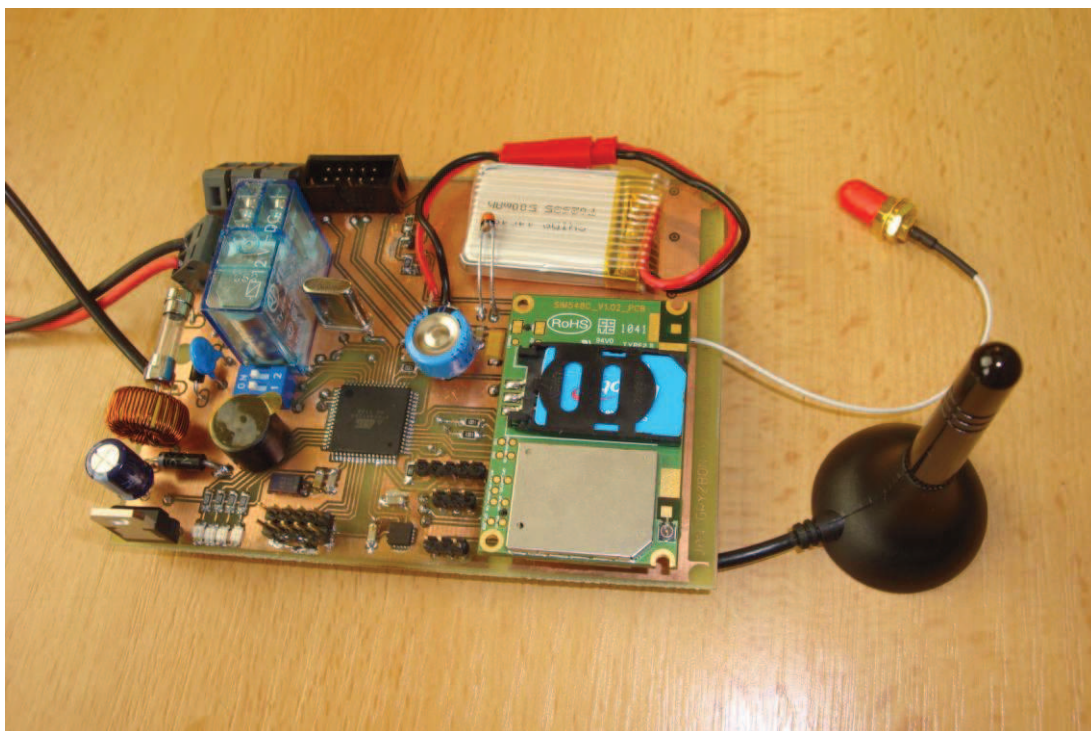
Obr. 22: Rozložení součástek na DPS sledovacího zařízení – strana TOP

D.2 Druhá část



Obr. 23: Rozložení součástek na DPS sledovacího zařízení – strana BOTTOM

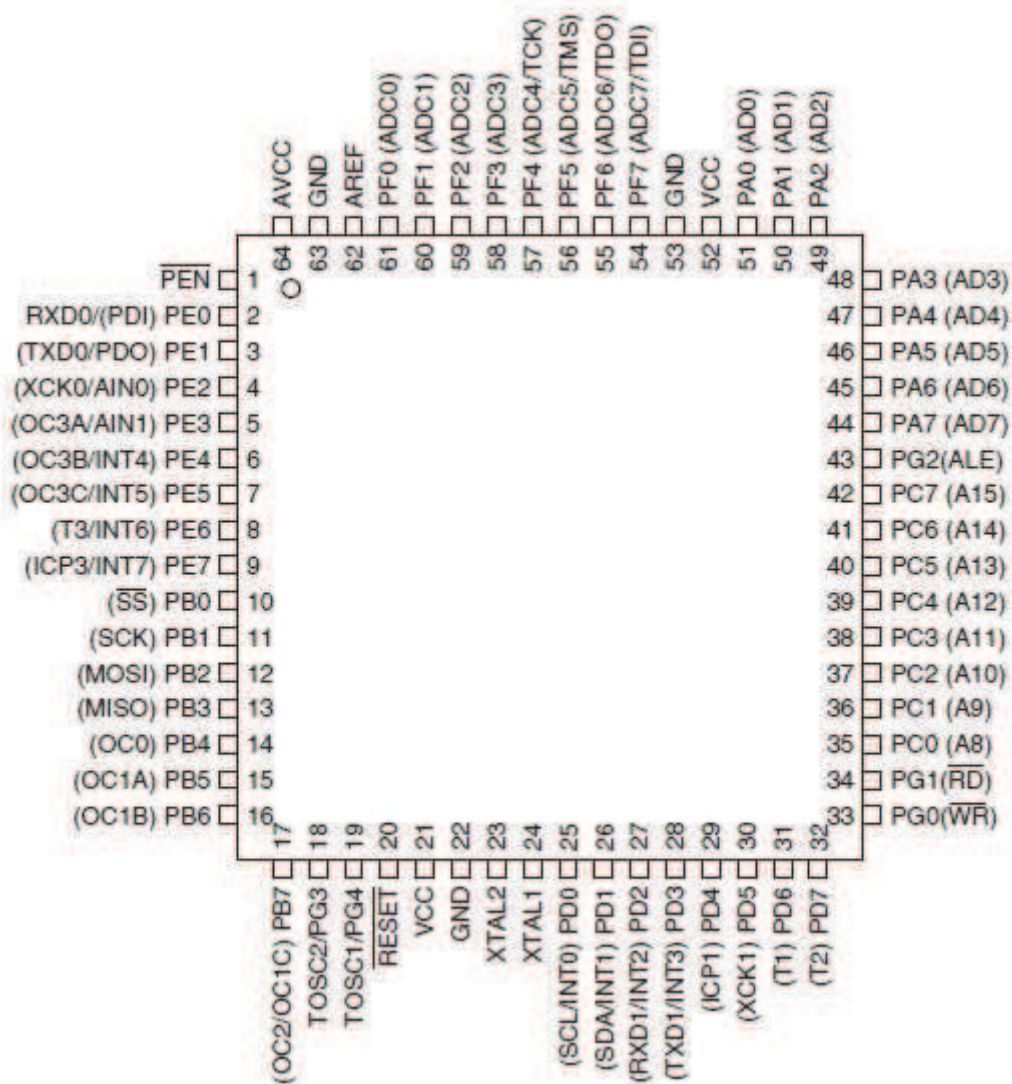
E FOTOGRAFIE HOTOVÉHO VÝROBKU



Obr. 24: Fotografie hotového výrobku

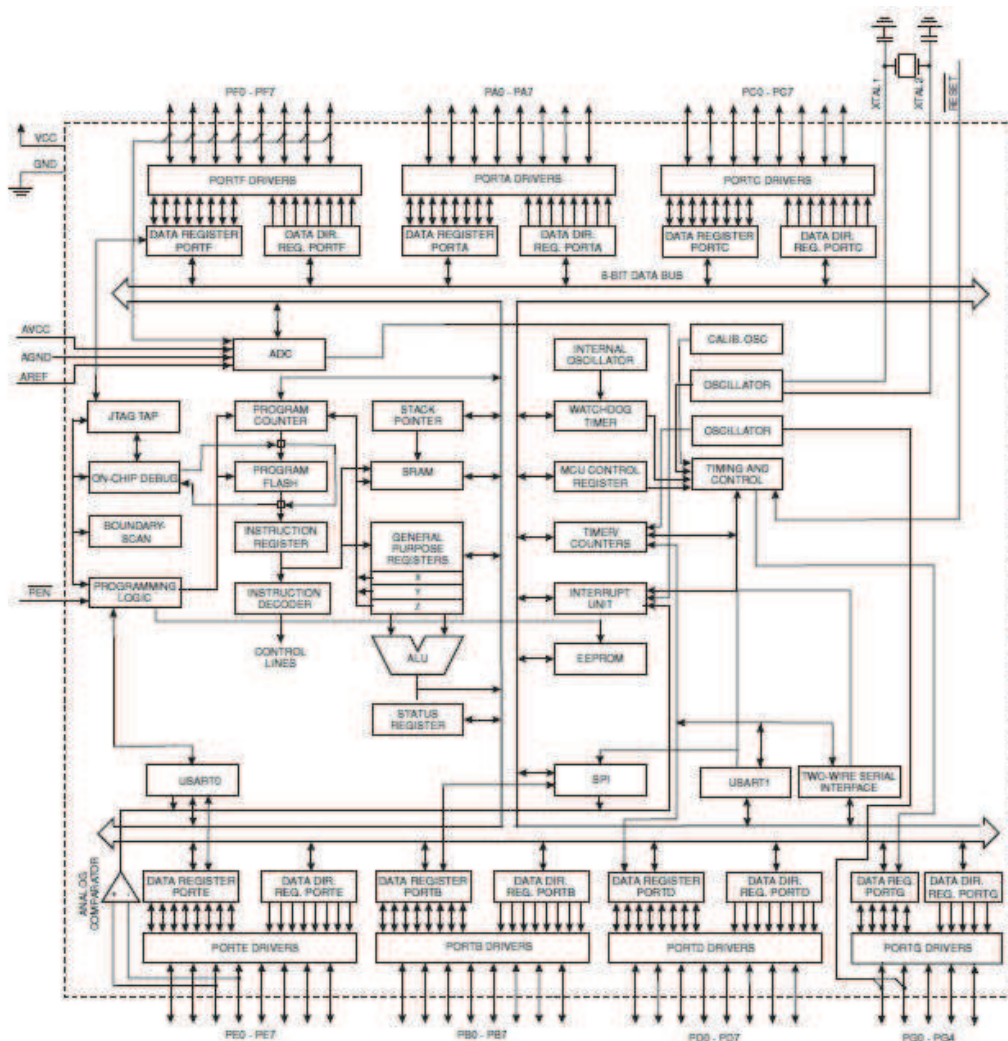
F ROZLOŽENÍ VÝVODŮ A BLOKOVÉ SCHÉMA ATMEGA128A

F.1 První část



Obr. 25: Rozložení vývodů mikrokontroléru ATmega128A [5].

F.2 Druhá část



Obr. 26: Blokové schéma mikrokontroléru ATmega128A [5].

G OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

- Elektronická verze bakalářské práce ve formátu PDF
- Všechny výkresy DPS navržené v programovém prostředí Eagle
- Všechny knihovny použité při návrhu DPS v Eaglu, zvláště ty nově vytvořené
- Zdrojové kódy navrženého programu (firmwaru), včetně knihoven