České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Katedra řídicí techniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Komunikace CAN v automobilu

Praha, 2005 Miroslav Černý

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou (bakalářskou) práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb. , o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne _____ _____

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Janu Krákorovi za pomoc a trpělivé vedení během tvorby této práce.

Rovněž bych rád poděkoval Ing. Ondřejovi Špinkovi za pomoc při oživování řídících modulů a cenné rady při jejich programování.

Dále bych rád poděkoval všem blízkým, kteří mě po celou dobu studia na FEL ČVUT podporovali.

Abstrakt

Toto práce se zabývá návrhem a realizací zařízení pro sledování automobilu. Teoretická část textu popisuje základní principy fungování sítě GSM, GPRS a systém družicové navigace GPS. Praktická část popisuje návrh a realizaci zařízení mobilní jednotky založené na modulu Siemens XT55, dále je věnována pozornost řídícímu modulu na bázi mikroprocesoru HC12D60, který plní funkci řízení mobilní jednotky. Posledním úkolem praktické části je realizace základního programového vybavení, demonstrující funkci zhotoveného zařízení.

Abstract

This thesis deals with design and implementation of the equipment for vehicle tracking. Theoretical part of this document describes basic principles of GSM, GPRS networks and the system of satellite navigation GPS. Practical part of this document describes design and implementation of the mobile unit device based on module Siemens XT55. Next part references control module based on microprocessor HC12D60, which is used to control the mobile unit. Last objective is the implementation of the basic software, which can demonstrate function of the implemented device.

vložit originální zadáníííííííííííííííííí !!!!!

Obsah

1 Úvod **1**

2 Mobilní telekomunikační síť GSM **2**

2.1 Architektura sítě GSM 2

2.2 Datové přenosy v sítích GSM 5

2.2.1 CSD, HSCD 5

2.2.2 GPRS 6

3 GPS **9**

3.1 Úvod do systému GPS 9

3.2 Vlastnosti a zpracování signálu GPS 10

3.3 Přesnost GPS 11

3.3.1 Diferenční GPS (DGPS) 11

3.3.2 WAAS 12

3.4 NMEA protokol 12

4 Zařízení pro sledování automobilu **14**

4.1 Návrh technického vybavení 14

4.1.1 Řídící modul 15

4.1.1.1 Úpravy řídícího modulu 16

4.1.2 Mobilní jednotka 16

4.1.2.1 Modul XT55 17

4.2 Realizace HW mobilní jednotky 27

4.2.1 Blokové schéma 27

4.2.2 Popis zapojení 31

4.2.2.1 Napájení 31

4.2.2.2 Logika pro zapnutí a vypnutí mobilní jednotky . . . 33

4.2.2.3 SIM 36

4.2.2.4 Audio 36
4.2.2.5 LED 37
4.2.2.6 Konektory 38
4.2.2.7 Převodník napětí 38
4.2.2.8 Vstupní a výstupní brány 39
4.2.2.9 Převodníky pro připojení sériových rozhranní k PC . 41
4.2.3 HW konfigurace 42
4.3 Programové vybavení 43
4.3.1 PDU formát SMS 44
4.3.2 Aplikace pro Windows 45
4.3.3 Program pro řídící modul 48

5 Závěr **50**

Literatura **50**

A Hardware řídícího modulu **52**

B Hardware mobilní jednotky **56**

C Vybrané AT příkazy **62**

D Obrazová část **64**

E Obsah přiloženého CD **67**

Seznam obrázků

2.1 Blokové schéma sítě GSM 2

4.1 Obecný návrh technického řešení 14
4.2 Blokové schéma XT55 17
4.3 Spouštění GSM části modulu XT55 19
4.4 Vypínání GSM části modulu XT55 pomocí signálu EMERG_OFF . . 21
4.5 Audio rozhranní modulu XT55 25
4.6 Blokové schéma mobilní jednotky 27
4.7 Připojení rozranní ASC0, ASC1, SD2 k řídícímu modulu 29
4.8 Mechanizmus připojení rozranní ASC0, ASC1 k zařízením 30
4.9 Mechanizmus připojení rozranní SD2 k zařízením 30
4.10 Zapojení XT55 31
4.11 Napájení část 1 32
4.12 Napájení část 2 33
4.13 Průběhy signálů při spouštění XT55 34
4.14 Logika spouštění mobilní jednotky 35
4.15 SIM rozhranní 36
4.16 Zapojení použitého SIM konektoru 36
4.17 Audio rozhranní 37
4.18 Audio konektor terminálů Siemens 37
4.19 Zapojení indikačních LED části GPS, GSM 37
4.20 Konektory s vyvedenými signály 38
4.21 Převodník napěťových úrovní 39
4.22 Logika vstupně výstupních bran 40
4.23 Rozhranní pro připojení k PC 41
4.24 PDU formát pro odeslání SMS 44
4.25 Transformace septetů na oktety v PDU formátu SMS 45
4.26 Program pro tvorbu PDU formátu SMS 46

4.27 Aplikace pro sériovou komunikaci s modulem 46
4.28 Hlavní okno aplikace XT55 centrum 47
4.29 GSM okno aplikace XT55 centrum 47
4.30 GPS okno aplikace XT55 centrum 48
4.31 Připojení tlačítek a signalizačních LED k řídícímu modulu 49

A.1 Elektrické schéma řídícího modulu 54
A.2 Osazovací výkres řídícího modulu 55

B.1 Elektrické schema mobilní jednotky 59
B.2 Osazovací výkres – strana součástek 60
B.3 Osazovací výkres – strana spojů 61

D.1 Řídící modul ze strany součástek 64
D.2 Mobilní jednotka ze strany součástek 65
D.3 Mobilní jednotka ze strany spojů 65
D.4 Sestava řídícího modulu a mobilní jednotky 66

Seznam tabulek

2.1 1-4 třída HSCSD 6
2.2 Kódovací schémata GPRS pro 1 časový slot 7

3.1 Význam věty RMC formátu NMEA 13

4.1 Vybrané vlastnosti modulu XT55 18
4.2 Propojení signálů zařízení DCE-DTE 23
4.3 Signály rozhranní SIM 24
4.4 Indikace stavu GSM části XT55 pomocí LED 26
4.5 Příklad nastavení přepínačů mobilní jednotky 43
4.6 Obsazení portů G, H řídícího modulu 49

A.1 Seznam součástek řídícího modulu 52

B.1 Seznam součástek mobilní jednotky 56

C.1 Vybrané AT příkazy 63

Kapitola 1

Úvod

Cílem této práce je navrhnout a realizovat zařízení pro sledování automobilu. Zařízení se má skládat z řídícího modulu založeného na mikroprocesoru HC12D60, který bude s automobilem komunikovat po CAN sběrnici a dále z mobilní jednotky, která bude umožňovat přesné zjištění polohy automobilu díky vestavěné podpoře družicové navigace GPS. Mobilní jednotka má dále zprostředkovat výměnu dat mezi řídícím modulem a vzdáleným dispečinkem, k čemuž bude využívat mobilní síť GSM. Zařizení s takovou výbavou lze použít v širokém spektru aplikací z nichž lze uvést například vedení elektronické knihy jízd, telemetrie, zabezpečení vozidla proti krádeži a další uplatnění v logistice.

Teoretická část práce se zabývá popisem mobilní sítě GSM a způsobem datových přenosů v této síti, dále je věnována pozornost satelitnímu navigačnímu systému GPS. Praktická část se zabývá realizací mobilní jednotky. Nejdříve popisuje modul Siemens XT55, který tvoří jádro mobilní jednotky a dále navazuje popisem HW mobilní jednotky. Závěr praktické části patří popisu ukázkového SW vybavení pro PC a řídící modul.

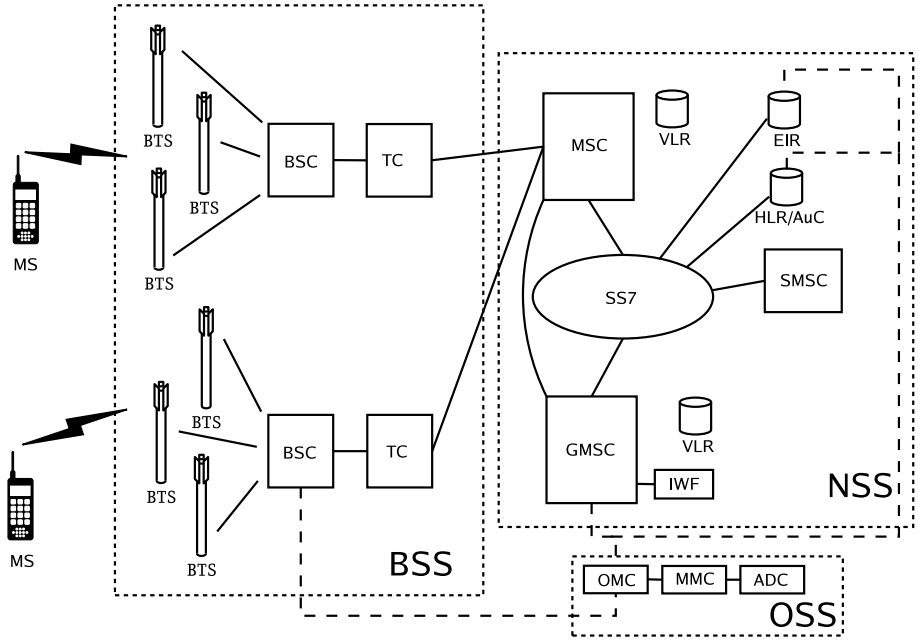
Kapitola 2

Mobilní telekomunikační síť GSM

Vývoj systému GSM se datuje od roku 1982, kdy sdružení *Conference of European Posts and Telegraphs* založilo skupinu *Groupe Spécial Mobile*. Dnes se zkratka GSM vysvětluje jako *Global System Mobil*. GSM představuje digitální buňkovou radiokomunikační síť určenou pro přenos hlasu a dat. Evropský systém GSM používá pásma 900 MHz, 1800 MHz, systém USA 1900 MHz.

2.1 Architektura sítě GSM

Obrázek 2.1 názorně ukazuje strukturu sítě GSM.



Obrázek 2.1: Blokové schéma sítě GSM

GSM síť je rozdělena na následující dílčí subsystémy

- Mobilní uživatelské stanice (MS) – představuje mobilní telefon, nebo GSM modem
- Subsystém základnových stanic (BSS) – prostřednictvím rádiového rozhraní komunikuje s jednotlivými stanicemi MS
- Síťový spojovací subsystém (NSS) – systém radiotelefonních ústředen
- Operační a podpůrný subsystém (OSS) – dohlíží na řádnou činnost a údržbu celé sítě GSM

Mobilní uživatelské stanice - MS (Mobile Station)

Mobilní zařízení (Mobile Equipment)

Skládá se především z rádiového přijímače/vysílače, pomocí kterého komunikuje se základnovými stanicemi a obvodů pro zdrojové a kanálové kódování, dekódování. Mobilní zařízení je jednoznačně identifikováno pomocí čísla IMEI (International Mobile Equipment Identity), uloženého v paměti.

Karta SIM (Subscriber Identification Module)

Je nezbytnou součástí mobilní stanice, bez níž lze použít stanici použít pouze pro tísňové volání. Jejím smyslem je ověření a identifikace uživatele. Čip SIM karty obsahuje čtyřmístné identifikační číslo PIN (Personal Identification Number) a neměnné identifikační číslo PUK (Personal Unblocking Key), uchovává šifrovací klíč Kc, IMSI (International Mobile Subscriber Identity), autentikační klíč (Ki), TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity), LAI (Location Area Identity). Dále je čip SIM karty vybaven pamětí pro telefonní seznam a pamětí pro SMS zprávy.

Subsystém základnových stanic - BSS (Base Station Subsystem)

Základními prvky subsystému BBS jsou zařízení:

- stanice BTS (Base Transciever Station) – základnová stanice poskytující vlastní rádiové spojení s mobilním zařízením.

- základnová řídicí jednotka BSC (Base Station Controller) – představuje řadič základnových stanic BTS. Může ovládat několik (až deset) těchto stanic, přiděluje rádiové kanály a řídí předávání spojení mezi BTS (handover).
- transkodér TC (TransCoder) – má na starosti přizpůsobení různých komunikačních rychlostí mezi BSC a MSC

Síťový spojovací subsystém - NSS (Network Switching subsystem)

Subsystém NSS se skládá z následujících částí:

- mobilní radiotelefonní ústředna MSC (Mobile Switching Centre) – ústředna mobilní telefonní sítě, řídí provoz v síti a spojuje jednotlivé účastníky. Mobilní síť může obsahovat i několik těchto ústředen.
- mobilní radiotelefonní ústředna GMSC (Gateway Mobile Switching Centre) – ústředna pro připojení externích sítí. Mezi další funkce patří registrace v síti, ověřování, určení polohy, roaming, spojení s pevnou sítí, směrování hovorů.
- domovský lokační registr HLR (Home Location Register) – hlavní databáze, ve které jsou uložena veškerá důležitá data o uživatelích sítě. Obsahuje důležitá čísla IMSI (International Mobile Subscriber Identity), MSISDN (Mobile Subscriber ISDN Number), zpřístupněné služby, údaje o poloze uživatele.
- návštěvnický lokační registr VLR (Visitor Location Register) – přechodně uchovává a obnovuje data o uživatelích, kteří se v dané chvíli se nacházejí v oblasti příslušné MSC.
- centrum autentičnosti AuC (Authentication Centre) – chráněná databáze, obsahující klíče pro ověřování totožnosti účastníků.
- identifikační registr mobilních stanic EIR (Equipment Identity Register) – v této databázi jsou uložena čísla IMEI mobilních stanic povolených k užití v dané síti.
- jednotka spolupráce s externími sítěmi IWF (Inter-Working Functionality)
- SMS centrum
- systém SS7 (signaling system 7) – zajišťuje řízení a signalizaci sítě

2.2 Datové přenosy v sítích GSM

2.2.1 CSD, HSCD

Systém GSM používá pro rádiové přenosy kanály s šířkou přenosového pásma 200 kHz. Na těchto kanálech lze dosáhnout přenosové rychlosti až 271 kb/s, což je mnohonásobně více než je potřeba pro přenos hovoru. Proto jsou tyto kanály rozděleny metodou časového multipexu (TDMA) na 8 časových úseků (time slots). Na každý časový úsek (hovorový kanál) tedy připadá 33,8 kbit/s. Z toho je však 11 kbit/s použito jako režijní přenosová kapacita zajišťující funkci sítě GSM, takže k dispozici je pouze 22,8 kbit/s. Ani tuto kapacitu však nelze plně využít k přenosu samotných uživatelských dat, protože i zde je potřeba přidat určitý počet režijních bitů (zabezpeční přenosu, korekce chyb), takže k dispozici zůstává cca.13 kb/s. Pro přenos hovoru kapacita 13 kb/s postačuje.

Systém GSM nabízí dvě základní varianty datových přenosů, přičemž obě jsou omezeny přenosovou kapacitou vyhrazenou pro jeden hovor – tedy 13 kb/s První varianta představuje přenos standardizovanou rychlostí 9600 b/s. Podle použitých mechanizmů na korekci chyb lze dále rozdělit na:

- přenos v transparentním režimu – s konstantním přenosovým zpožděním, proměnnou chybovostí (vliv přenosových podmínek v místě příjmu).
- přenos v netransparentním režimu – s proměnným přenosovým zpožděním, konstantní chybovostí

Datové přenosy rychlostí 9,6 kbit/s (zbývajících 13,2 kbit/s slouží k zajištění spolehlivosti přenosu) jsou možné všude v síti GSM i v místě se slabším pokrytím signálu. Druhá varianta přenosu přichází v úvahu v místech s dostatečně kvalitním signálem, kdy je možné dosáhnout při přenosech rychlosti až 14,4 kbit/s, ovšem na úkor zabezpečení spolehlivosti přenosu. Uvedený způsob přenosu dat je označován jako CSD (Circuit Switched Data),

HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) je řešení pro rychlejší přenos dat, kdy komunikace mobilního terminálu a základnové stanice BTS probíhá současně na více časových slotech vytížených na rychlost 9,6 kb/s nebo 14,4 kb/s. Přidělení slotů je závislé na momentálním počtu dostupných kanálů a na schopnosti samotné mobilní stanice. Maximální teoretická dosažitelná rychlost je 64 kb/s protože právě touto rychlostí je limitováno propojení BSC a MSC. Přenos dat pomocí HSCSD bývá většinou asymetrický, tedy ve směru od mobilní stanice k BTS je přidělen jiný počet

časových slotů než ve směru k mobilní stanici. Tento způsob se používá například pro připojení k internetu, kdy data směřují převážně směrem od sítě k uživateli. Sítě a mobilní terminály GSM se rozlišují podle parametru multi-slot class, který určuje, kolik časových slotů a v jaké konfiguraci lze použít pro vysílání resp. příjem při jednom datovém spojení. Standard HSCSD definuje 18 tříd, z nichž 4 uvádí pro názornost tabulka 2.1.

Třída HSCSD	Rychlost na 1 timeslot (kb/s)	Max. počet timeslotů na vysílání / příjem	Celkový max. počet timeslotů
Class 1	14.4	1/1	2
Class 2	14.4	2/1	3
Class 3	14.4	2/2	3
Class 4	14.4	3/1	4

Tabulka 2.1: 1-4 třída HSCSD

Datové přenosy založené na principu přepojování okruhů (circuit switching), vytváří souvislou přenosovou cestu s vyhrazenou kapacitou, která existuje po určitou dobu souvisle v čase. Při datovém spojení je alokován určitý počet časových slotů, které po dobu spojení nemohou být využity k jinému účelu. Zde se objevuje nevýhoda těchto přenosů, spočívající v poměrně omezeném množství kanálů a s tím také časových slotů uvnitř buňky GSM systému. Další nevýhoda se ukazuje při předávání spojení z jedné BTS do druhé. V tomto případě je nutné, aby následující BTS poskytovala stejný nebo větší počet volných slotů. Jinak dochází k rozpadnutí spojení (případě transparentního režimu) nebo ke snížení rychlosti (v případě netransparentního režimu).

2.2.2 GPRS

GPRS (Generalised Packet Radio Service) představuje datový přenos v rámci sítí GSM založený na principu principu přepojování paketů. Přenášená data jsou rozdělena na úseky, které se vloží do paketů. Paket obsahuje záhlaví s adresou příjemce a zakončení. Spojení mezi koncovými uživateli není přímé, ale je prováděno přes uzly. Pokud uzel obdrží poškozený paket, vysílá žádost o opakované vysílání. Pakety jsou číslovány, neboť mohou být dopraveny k adresátovi různými cestami s různou dobou přenosu. V tomto je možno také spatřit rozdíl od přenosu dat metodou přepínání okruhů, kde přenos probíhá v reálném čase.

Síť GPRS lze chápat jako nadstavbu nad sítí GSM, která pro svojí činnost využívá některé komponenty sítě GSM, především síť základnových stanic BTS. Systém je doplněn o uzly

- GGSN (Gateway GPRS Support Node) – směruje v obou směrech datové pakety a obsluhuje všechny uživatele přihlášené do GPRS sítě, kteří se nacházejí v jeho dosahu.
- SGSN (Serving GPRS Support Node) – poskytuje rozhraní mezi GPRS sítí a externími sítěmi pracujícími dle standardu IP nebo X.25

Data se přenášejí ve volných časových slotech, které právě nevyužívá síť GSM pro telefonování. Rychlost přenosu závisí na počtu časových slotů, které jsou v daný okamžik k dispozici a rovněž také závisí na kvalitě signálu. Podle kvality signálu se dohodne mobilní stanice s infrastrukturou na způsobu kódování přenášených dat – kódovacím schématu. GPRS zavádí čtyři různá kodovací schémata (coding scheme), která jsou uvedena v tabulce 2.2.

Třída	Přenosová rychlost (kb/s).
CS-1	9.05
CS-2	13.4
CS-3	15.6
CS-4	21.4

Tabulka 2.2: Kódovací schémata GPRS pro 1 časový slot

Kódovací schémata mají velký význam v tom, že datový přenos bude probíhat v místech s různým pokrytím signálu vždy maximální bezpečnou rychlostí. Pro GPRS byly definovány tyto třídy terminálů:

- class A - terminál je schopen současně ovládat služby GSM i GPRS. Obě služby lze ovládat nezávisle na sobě.
- class B - terminál může být současně připojen k GSM i GPRS, ale v jeden časový okamžik může ovládat pouze jednu z těchto služeb. Může například přerušit přenos paketů při příchozím hovoru a pokračovat později.
- class C - u těchto terminálů je nutné nastavit režim GSM nebo GPRS. Při nastavení na GSM není možno využívat GPRS a naopak.

Mobilní terminál může být pomocí GPRS trvale připojen neboť v případě, že nevysílá resp. nepříjímá, nezabírá pro sebe žádnou přenosovou kapacitu. Z tohoto důvodu je zpoplatnění odvozeno od množství přenesených dat a ne (jako je tomu v případě CSD, HSCSD) od doby připojení.

Do sítě GPRS se mobilní terminál připojuje přes vstupní bod APN (Access Point Name) operátora se kterým dochází k výměně dat. Mobilní terminál identifikován přidělenou IP adresou (v sítích standardu IP). Tato adresa může být přidělována dynamicky při každém připojení, nebo může být statická. Správa paketů je stejná jako v jiných sítích s protokolem IP. Více o mobilních sítích lze nalézt např. v [12]

Kapitola 3

GPS

3.1 Úvod do systému GPS

Systém GPS (Global Positioning System) je radionavigační systém, který byl vyvíjen pro americké námořnictvo a vzdušné síly již od počátku šedesátých let. Původně vojenský systém dnes nachází stále širší uplatnění v civilní sféře. Koordinaci civilních a vojenských zájmů řídící vláda USA. Systém GPS je tvořen třemi segmenty.

- Kosmický segment tvoří 21 družic plus další tři družice v aktivní záloze. Oběžné roviny mají sklon k rovníku 55°, výška drah nad Zemí je přibližně 20200 km. Oběžná doba družic činí 11 h 58 min. Nad jakýmkoliv místem na Zemi je možnost příjmu maximálně z 12 družic, dalších 12 družic se v danou chvíli nachází na protilehlé straně Země. Pro výpočet polohy je nutný příjem minimálně ze tří družic, pro určení výšky je třeba signál ze 4 družic.

- Řídící segment tvoří hlavní řídící stanice MCS (Master Control Station) umístěná v Colorado Springs v USA. Další část řídícího segmentu tvoří monitorovací stanice rozmístěné po celé Zemi (např. Colorado Springs, Havaj, Kwajalein, Diego Garcia, Ascension). Monitorovací stanice sbírají data z družic, která předávají MCS. Zde jsou vypočítány parametry drah družic – efemeridy a parametry hodin družic, které jsou předány družicím a z nich následně vysílány uživatelům.

- Uživatelský segment zahrnuje všechny dostupné GPS přijímače používané v širokém spektru aplikací.

3.2 Vlastnosti a zpracování signálu GPS

Každá družice vysílá na dvou kmitočtech. $L_1 = 1575,42MHz, L_2 = 1227,6MHz$ Nosné vlny signálu signálu $s(t)$ vysílaného družicí, jsou modulovány kódy $C(t)$, $P(t)$ a daty $D(t)$. Kódy $C(t)$, $P(t)$ umožňují měření vzdálenosti a vzájemné oddělení signálů jednotlivých družic, data $D(t)$ slouží k přenosu efemerid družic, z nichž přijímač dokáže určit polohu družic. Kód $C(t)$ je označován jako kód pro hrubé měření – C/A (Coarse Acquisition), $P(t)$ je označován jako přesný kód P (Precision / Protected). Nedostupnost P kódu může být z důvodu bezpečnosti zajištěna jeho zakódováním na Y-kód. Data $D(t)$, která družice vysílá, jsou označována jako navigační zpráva. Navigační zpráva obsahuje následující údaje:

- čas vysílání počátku zprávy
- keplerovské efemeridy družice
- údaje umožňující korigovat přesně čas vysílání družic
- almanach – nese infomaci o poloze ostatních družic (méně přesné efemeridy) a informaci o jejich stavu, což umožňuje na základě příjmu z jedné družice vyhledávat signály ostatních použitelných družic
- koeficienty ionosférického modelu
- stav družice (health) – informuje uživatele o závadách družic a o tom, zda a za jakých podmínek je možné je použít.

Signál $s(t)$ je zpracováván v navigačním přijímači na jehož výstupu dostáváme navigační zprávu a zdánlivou vzdálenost od družice. Ze zdánlivé polohy alespoň od 4 družic může navigační počítač vypočítat polohové souřadnice. Existují tři konfigurace navigačního přijímače

- Několikakanálový navigační přijímač obsahuje nejméně 4 shodné měřící přijímače, z nichž každý provádí souvislé měření a příjem dat od jedné družice. Měření ke všem družícím tak může být vztaženo ke stejným okamžikům, což usnadňuje zpracování získaných navigačních parametrů. Dnes jsou běžně dostupné 12-ti kanálové přístroje umožňující teoreticky současný příjem od 12-ti satelitů.
- Sekvenční navigačního přijímač neprovádí měření ke všem družicím současně, ale sekvenčně během určitého časového intervalu. Tyto přijímače jsou konstruovány jako dvoukanálové. Jeden kanál tvořený měřícím přijímačem provádí

sekvenční měření zdánlivé vzdálenosti k jednotlivým družicím. Druhý měřící přijímač provádí vyhledání signálu a předběžně připravuje navigační parametry a data další požadované družice, která má být zařazena do měřícího cyklu.

- Multipexní navigačního přijímač umožňuje nepřetržitě přijímat data ode všech přijímnaých družic pouze na jedním měřícím přijímačem. Měření k jednotlivým družicím probíhají v krátkém časovém intervalu, zpracování navigačních parametrů se provádí podobně jako u o několikakanálového přijímače. Nevýhodou je menší přesnost měření a větší chybovost dat.

Provozovatel systému rozlišuje mezi autorizovanými uživateli, kterými jsou především armády USA a státu NATO a ostatními neautorizovanými uživateli. Autorizovaní uživatelé využívají službu PPS (Precise Positioning Service), která zahrnuje neomezený přístup k C/A kódu a P-kódu (případně Y-kódu) v kanálu L_1 a L_2. Služba SPS (Standard Positioning Service) je služba pro určování polohy a času dostupná všem uživatelům po celém světě. SPS zahrnuje přístup k C/A kódu a navigačním datovým zprávám na frekvenci L_1. Do května roku 2000 byl C/A kód záměrně znepřesňován vnášením umělé chyby označované jako SA (Selective Availability). Eliminovat tuto chybu umožňovaly pouze přijímače autorizovaných uživatelů. Podrobné informace o zpracování signálu GPS jsou uvedeny v [1].

3.3 Přesnost GPS

Přesnost GPS závisí na počtu přijímaných družic a prostředí ve kterém se GPS přijímač nachází. Dnes, kdy není vnášena do systému umělá chyba SA se přesnost GPS pohybuje kolem 10 m. Největší podíl na chybě měření má průchod signálu ionosférou, chod hodin GPS přijímače a efemeridy. Přesnost lze zvýšit metodou průměrování, kdy GPS přijímač ukáže polohu jako výsledek průměrování několika po sobě jdoucích měření v určitém časovém intervalu. Významného zvýšení přesnosti určování polohy v reálném čase lze dosáhnout použitím direrenční metody měřeni.

3.3.1 Diferenční GPS (DGPS)

Do jednoho bodu se známou polohou je umístěn přijímač, který vytvoří referenční stanici. Referenční stanice provádí měření ke všem viditelným družicím, změřené vzdálenosti porovnává s vypočtenými očekávanými hodnotami a rozdíl těchto hodnot je vysílá rádiovým kanálem k okolním uživatelům. Korekce jsou použitelné pouze

v případě, že přijímač uživatele použil k výpočtu stejné efemeridy, jako referenční stanice k vypočtu korekcí. Tato podmínka se stala jedním z důvodů, proč bylo třeba definovat jistá provozní pravidla, kterými se řídí GPS přijímače i referenční stanice. Komunikačním protokolem a provozními pravidly pro pro diferenční GPS uvedeného typu se zabývá doporučení RTCM SC-104. Přenos korekcí je na pevnině prováděn nejčastějí prostřednictvím geostacionárních družic, což je ovšem náležitě zpoplatněno, v pobřežních vodách přenos korekcí zabezpečují radiomajáky pobřežní služby. V obou případech je pro příjem korekcí potřeba speciální přijímač, který se připojuje k přijímači GPS.

3.3.2 WAAS

WAAS (Wide Area Augmentation System) představuje modernější obdobu DGPS korekcí. Mezi hlavní výhody patří bezesporu bezplatný příjem korekčního signálu z geostacionárních družic a dále, že k příjem korekcí umožňuje sám GPS přijímač WAAS kompatibilní – což je již většina současných GPS přijímačů. WAAS je zajišťován jedinou družicí pro každou ze tří oblastí. Jedna družice pokrývá území Severní a části Jižní Ameriky, druhá družice je určena pro Evropu a třetí pro asijský region. Služba WAAS pro Evropou se oficiálně nazývá EGNOS, pro Asii se nazývá MSAS. Systém WAAS zvyšuje přenost GPS systému z 10 m na 3 m.

3.4 NMEA protokol

NMEA protokol je datový protokol, který byl vytvořen americkou organizací vydávajcící normy pro elektronická námořní zařízení (National Marine Electronics Association). Byl vytvořen z důvodu sjednocení vstupních a výstupních dat přístrojů od různých výrobců. Tento protokol resp. jeho část využívají pro výměnu dat také přístroje GPS. GPS přijímač posílá na výstupní port v pravidelném intervalu textové informace – věty (zprávy), které mají různý obsah sdělení. Množství a typ vysílaných zpráv se mezi jednotlivými GPS přijímači liší, některé základní však nabízejí všechny přístroje. Protokol NMEA umí zpracovat velké množství komerčních aplikací na PC, z nichž jmenujme např. Geobáze, Infomapa, Quo Vadis, Route 66.

Příklad jedné ze základních zpráv NMEA protokolu:

```
$GPRMC,080857.705,A,5002.2814,N,01545.3594,E,0.15,324.32,260105,,*05
```

Uvedená zpráva představuje doporučené minimum přenášených dat (Recomended minimum specific GPS / Transit data). Význam jednotlivých segmentů zprávy

vysvětluje tabulka 3.1

080857.705	UTC čas, formát hhmmss (hodiny—minuty—vteřiny)
A	platnost zobrazovaných dat. A – platná pozice, V – neplatná pozice
5002.2814	zeměpisná šířka, formát ddmm.mmmm (stupně—minuty.desetinné vyjádření zbytku)
N	určení zeměpisné polokoule u zeměpisné šířky (N/S – severní / jižní)
01545.3594	zeměpisná délka, formát dddmm.mmmm (stupně—minuty.desetinné vyjádření zbytku)
E	určení polokoule u zeměpisné délky (E/W – východní / západní)
0.15	rychlost nad zemí 0.00 až 999.99 uzlů
324.32	azimut pohybu 000.00 až 360.00 stupňů
260105	UTC datum, formát ddmmrr (den—měsíc—rok)
,	přijímač nezjistil, hodnota magnetické odchylky (rozpětí 000.00 až 180.00 stupňů)
,	přijímač nezjistil, směr magnetické odchylky (E/W – východ / západ)
*05	kontrolní součet

Tabulka 3.1: Význam věty RMC formátu NMEA

Pro výpočet kontrolního součtu se používá logická funkce xor. Algorimus je následující.

- Nechť A je číslo reprezentující kontrolní součet, B je ASCII hodnota znaku NMEA zprávy.
- Pro všechny znaky NMEA zprávy mimo zahajovacího znaku `$` a ukončovacího znaku `*` proveď: `A:=A xor B`

Popis zpráv NMEA protokolu je uveden v [3], [8].

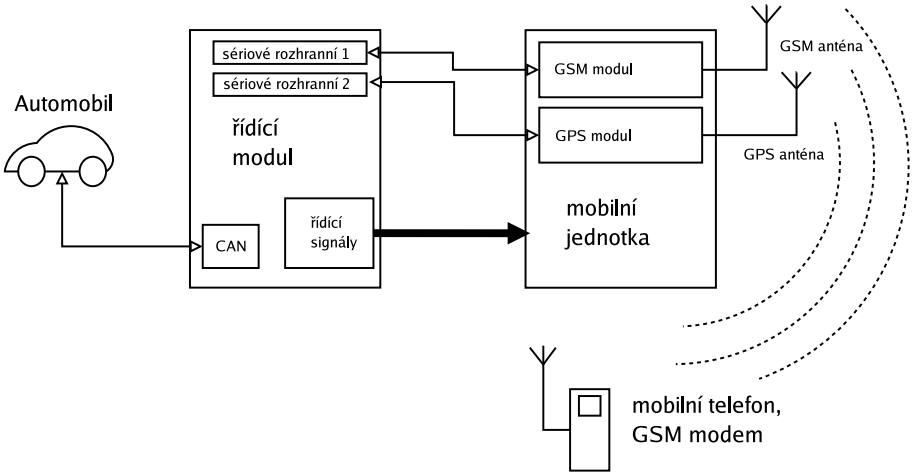
Kapitola 4

Zařízení pro sledování automobilu

Cílem práce je navrhnout zařízení pro vzdálené sledování automobilu. Zařízení má umožnit výměnu dat s automobilem vybaveným CAN sběrnicí, zjistit polohu vozu pomocí systému družicové navigace a zajistit výměnu dat s dispečinkem prostřenictvím mobilní sítě. Koncepci návrhu popisuje kapitola 4.1, realizace zařízení je tématem kapitoly 4.2.

4.1 Návrh technického vybavení

Na obrázku 4.1 je znázorněna koncepce návrhu zařízení pro sledování automobilu.



Obrázek 4.1: Obecný návrh technického řešení

Zařízení bude složeno ze dvou částí – mobilní jednotky a univerzálního řídícího

modulu. Řídící modul bude připojen na sběrnici CAN automobilu a bude zajišťovat výměnu dat mezi automobilem a mobilní jednotkou. Základní částí mobilní jednotky budou moduly GPS a GSM/GPRS.

- GPS modul zajišťující především informaci o poloze vozu
- GSM/GPRS modul určený pro výměnu dat mezi řídícím modulem a monitorovacím stanovištěm.

Komunikace mobilní jednotky s řídícím modulem bude probíhat prostřednictvím dvou asynchronních sériových rozhranní.

Řídící modul na bázi 16-ti bitového mikroprocesoru procesoru Motorola byl vyvinut v diplomové práci [4] a proto mu bude věnována jen nezbytná pozornost. Realizace moblní jednotky je naproti tomu hlavní náplní této práce.

4.1.1 Řídící modul

Součástí mojí práce byla úprava a realizace dalších desek řídícího modulu. Z tohoto důvodu jsou uvedeny alespoň základní vlastnosti

- 16-ti bitový mikroprocesor Motorola MC68HC912D60 obsahující 20-ti bitovou ALU, 60 kB programové FLASH, 2 kB RAM, 1 kB EEPROM, implementaci řadiče sběrnice CAN (verze 2.0A, 2.0B), dvě asynchronní sériová rozhranní SCI a debugovací rozhranní BDM
- 2Mbit FLASH paměť AM29F200BB určená jako paměť programu s garancí 1000 000 cyklů zápis/výmaz
- 16-ti bitová externí RAM IS61C3216 o kapacitě 64kB
- Banky externí paměti lze jednotlivě namapovat resp. odstranit z adresového prostoru mikroprocesoru
- Umístění a spouštění programu aplikace je realizováno prostřednictvím asynchronního sériového rozhranní připojeného přes programovací adaptér na RS-232C osobního počítače.
- Napájecí napětí 12 V +/-5 V připojené ke stabilizovanému zdroji napětí 7805.
- Řadič CAN PCA82C250, maximální rychlost sběrnice 500 kb/s, galvanické oddělení signálů sběrnice CAN
- Vyvedení všech signálů procesoru na konektory

4.1.1.1 Úpravy řídícího modulu

Při programování zaváděcího programu do externí FLASH původních desek řídícího modulu bylo zjištěno, že pin /RESET externí FLASH je přímo spojen s pinem /RESET mikroprocesoru v důsledku čehož externí programátor neměl možnost tento pin ovládat. Z toho důvodu vždy před programováním zaváděcího programu bylo nutné odpájet pin /RESET externí FLASH, což se ukázalo jako velmi nepraktické. Proto jsem byl pověřen provést při realizaci nových modulů úpravu, která měla tuto nectnost odstranit. Řešením bylo přidání zkratovací propojky JP9. Upravené schéma je umístěno v příloze A. Druhá změna oproti původnímu návrhu nastala až při osazování součástek. K osazení byly použity mikroprocesory MC68HC912D60A, které již nemají pin VFP pro připojení napětí 12 V při programování FLASH pomocí BDM. Z tohoto důvodu nebyly osazeny s tímto související součástky: D1, D2, C3, R2, R14.

4.1.2 Mobilní jednotka

Základní požadavek na HW mobilní jednotky je podpora satelitní navigace a komunikace v síti GSM/GPRS. Jednotka má být umístěna na konektorech řídícího modulu a nesmí ho rozměrově přesahovat, což vytváří významné omezení při rozvrhování součástek na desce plošného spoje. Další požadavek vychází z předpokladu, že jednotka bude používána v osobním automobilu s palubním napětím 12 V s uvažovaným možným rozpětím +/- 3 V. Jednotka by měla být připravena pro plánované připojení dalších modulů a měla by být koncipována jako vývojový prostředek s možností ovládání pomocí PC nebo řídícího modulu.

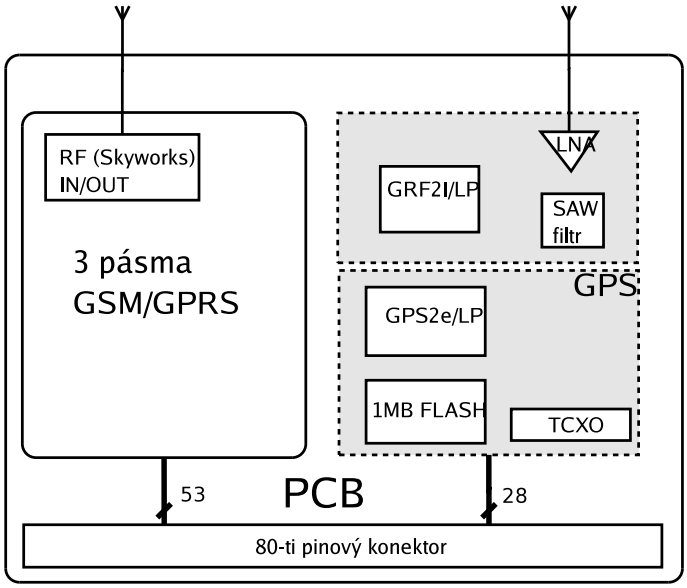
Splnění základního požadavku podpory satelitní komunikace a mobilní sítě GSM/GPRS spočívalo především v nalezení vhodných GSM/GPRS a GPS modulů. Hlavním kritériem při výběru byly kromě nabízených funkcí: rozměry, konektivita, dostupnost a cena. Výsledkem hledání byl modul XT55 od firmy Siemens, který sjednocuje oba GSM/GPRS a GPS moduly do jednoho celku.
Shrnutí požadavků na návrh HW mobilní jednotky:

- použít modul XT55 sjednocující technologie GPS/GPRS a GPS
- napájení ze zdroje stejnosměrného napětí 12 V +/- 3 V
- rozměrově kompatibilní s řídícím modulem
- přizpůsobit pro další nástavby

- všechny signály z modulu XT55 vyvést na konektory

4.1.2.1 Modul XT55

Siemens XT55 jehož blokové schéma je zakresleno na obrázku 4.2 je kompaktní modul, který byl navržen jak pro použití v sítí GSM (900 MHz, 1800 Mhz, 1900 Mhz), tak i pro satelitní navigaci díky implementované podpoře GPS systému. Další klíčovou vlastností je podpora GPRS přenosu dat (CS-1, CS-2, CS-3, CS-4), která byla další z podmínek při rozhodování o výběru tohoto modulu. Integrace modulu do uživatelské aplikace se provádí prostřednictvím 80-ti pinového konektoru, na který jsou přivedeny veškeré napájecí, datové, řídící a jiné vstupy resp. výstupy.



Obrázek 4.2: Blokové schéma XT55

Výčet některých základních vlastností modulu uvádí v přehledu tabulka 4.1 (více je popsáno v [6])

Zdroj napětí		3.3 V - 4.8 V pro část GSM samostatný zdroj 3.3 V pro část GPS
GPS GPRS		čipset SiRFstar IIe/LP procesor ARM7 GPRS multi-slot class 10
DATA	GPRS: CSD: WAP:	GPRS mobile station class B data downlink max 85.6kb/s data uplink transfer: max 42.8 kb/s coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3, CS-4 podpora PAP, CHAP protokolu pro PPP spojení přenosové rychlosti 2.4, 4.8, 9.6, 14.4 kb/s, netransparentní,V.110 podporováno
SMS		Text, PDU mód, paměť SMS na SIM kartě 25 využitelných pozic v paměti modulu
Audio		2 analogová, 1 digitální rozhranní
Anténní rozhranní		2 konektory pro připojení GSM antény a aktivní GPS antény
Sériová rozhranní části GSM	ASC0 ASC1	autobauding, 8 pinů HW, SW řízení toku dat (handshake) 4 piny, pouze RTS1, CTS signály pro handshake, SW řízení toku dat
Sériová rozhranní části GPS		SD1 rychlost 4800 Bd, SD2 rychlost 9600 Bd

Tabulka 4.1: Vybrané vlastnosti modulu XT55

Zdroj napětí

Část GSM vyžaduje zdroj napětí připojené na 5 pinů GSM_BATT+ v maximálním rozsahu hodnot 3.3 V – 4.8 V, typicky 4.3 V. Zdroj musí být schopen dodat špičkový proud při „transmit burst“, který obvykle dosahuje až 1.6 A. O řízení napájení uvnitř modulu se stará napěťový zdroj ASIC. Jeho funkce v obvodu jsou následující:

- Pomocí LDO regulátoru stabilizuje napětí pro GSM procesor.
- Řídí procedury zapnutí a vypnutí. Watchdog implementovaný v GSM pro-

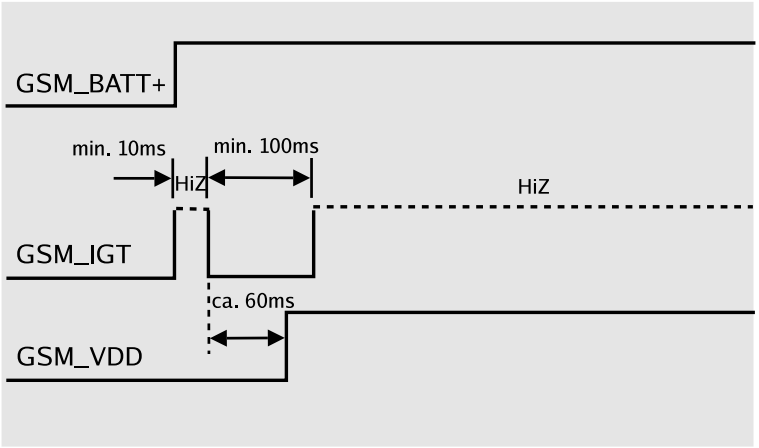
cesoru periodicky posílá signály do ASIC. Jakmile je tento periodický chod signálů přerušen, modul je vypnut.

- Na pinu GSM_VDD udržuje napětí 2.9 V, které lze použít například jako napájení pro stavové led, napěťové převodníky apod. V módu „power down“ je toto napětí nulové.
- Poskytuje napájení pro rozhranní SIM.

Část GPS vyžaduje zdroj napětí připojené na 2 piny GPS_VCC v rozsahu hodnot 3.3 V +/- 5 % a musí být schopen pokrýt maximální proudový odběr 100 mA. K napájení aktivní antény z externího zdroje slouží pin GPS_VANT. Při použití 3 V antény lze pin GPS_VANT spojit s pinem GP_SVCC_RF, který poskytuje napětí 3 V.

Zapnutí modulu

Spouštění GPS části spočívá pouze v připojení napětí 3.3 V na piny GPS_VCC. Složitější je situace v případě spouštění cášti GSM. Zde bude popsán pouze standardní způsob, kdy je modul uváděn z módu „power down“ do normálního módu. K tomuto účelu slouží signál GSM_IGT (ignition). Ke spuštění GSM části je potřeba podržet signál GSM_IGT na úrovni 0V nejméně po dobu 100 ms, ne však dříve, než 10 ms po poslední spádové hraně signálu GSM_VDD. Situace spouštění je přehledně uvedena na obrázku 4.3



Obrázek 4.3: Spouštění GSM části modulu XT55

Při návrhu hostitelské desky pro modul XT55 je třeba při spouštění jeho GSM části uvažovat následující pravidla:

- neměnit stav signálu GSM_IGT dříve, než napětí GSM_BATT+ dosáhne úrovně 3 V
- neměnit stav signálu GSM_IGT dříve, než 10 ms po poslední spádové hraně signálu GSM_VDD
- 10 ms potom, co GSM_BATT+ dosáhne 3 V lze úroveň signálu GSM_IGT změnit na 0 V. Doba spádové hrany přitom nesmí přesáhnout 1 ms.
- Počkat dalších 100 ms na zapnutí modulu

Pin GSM_IGT se ovládá tranzistorem s otevřeným kolektorem

Vypnutí modulu

Obdobně jako v případě zapnutí GPS části XT55 modulu, spočívá vypnutí v přerušení napájecího napětí. Část GSM lze vypnout třemi způsoby. Nejlepší a nejbezpečnější je vypnutí pomocí AT příkazu `AT^SMSO`. Tato metoda umožní bezpečné odhlášení modulu od sítě a následné uložení dat a přechod do bezpečného stavu před vypnutím napájecího napětí. Před vypnutím modulu je jím ještě odeslána následující zpráva:

```
^SMSO: MS OFF

 OK
^SHUTDOWN
```

Obrdžení sekvence `^SHUTDOWN` signalizuje bezpečné uložení dat v trvalé paměti.

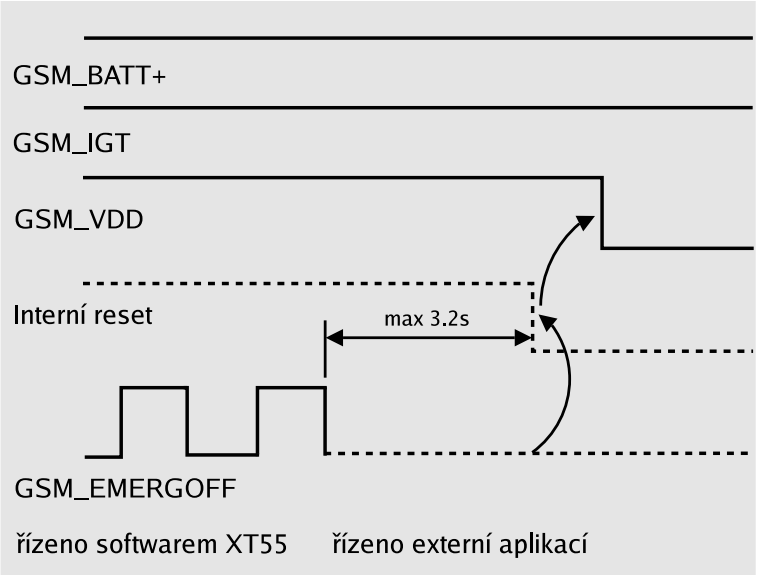
Druhou možností vypnutí GSM části modulu, je použití pinu GSM_EMERGOFF. Tento pin je primárně určen pro použití při vzniklých problémech, kdy software dlouho neodpovídá. Při tomto způsobu nedochází k ukládání dat do trvalé paměti. Tato procedura zobrazená též na obrázku 4.4 funguje následujícím způsobem:

- Napětí GSM_BATT+ je stabilně připojeno na modul
- Modul je v činnosti pokud interní signál reset je držen ve stavu log 1. Během provozu XT55 watchdog GSM procesor generuje v pravidelných intervalech pulzy. Jakmile je úroveň pinu GSM_EMERGOFF stažena na log 0, přestanou tyto pulzy přicházet na interní zdroj napětí ASIC a ten odpojí interní napájení GSM části (maximálně do 3.2 s) a modul se vypne. Pin GSM_EMERGOFF se ovládá tranzistorem s otevřeným kolektorem.

Třetí možností je automatické vypnutí, které může nastat když:

- XT55 překračuje horní resp. dolní limity teploty
- bylo zjištěno podpětí v napájení

Procedura automatického vypnutí je ekvivalentní první uvedené metodě pomocí AT příkazu.



Obrázek 4.4: Vypínání GSM části modulu XT55 pomocí signálu EMERG_OFF

Komunikační rozhranní

GSM část modulu disponuje dvěma asynchronními sériovými rozhranními, která jsou až na napěťové úrovně kompatibilní s RS232. Napěťové úrovně jsou 0 V v log. 0 a 2.65 V v log. 1. Datový rámec pro obě rozhranní je konfigurován na 8 datových bitů, bez parity, 1 stop bit. Komunikace je možná při rychlostech rychlostech 1200, 2400, 4800, 9600, 38400, 115200, 230400 bit/s. Obě rozhranní umožňují HW i SW (XON/XOFF) kontrolu toku dat. GSM část se chová jako zařízení DCE. První rozhranní, pojmenované ASC0 má následující vlastnosti:

- 8 signálů
- obsahuje 2 datové signály GSM_TXD0, GSM_RXDO, stavové signály GSM_RTS0, GSM_CTS0 a řídící signály modemu GSM_DTR0, GSM_DSR0, GSM_DCD0 a GSM_RING0

- je určeno především pro hlasová volání, CSD, fax, GPRS a ovládání GSM části pomocí AT přikazů
- umožňuje pracovat v multiplexním režimu, při kterém je rozhranní rozděleno na tři virtuální kanály
- dotazování na signál GSM_DTR se děje jednou za sekundu.
- podporuje automatickou detekci komunikační rychlosti (autobauding).
- autobauding nelze použít při práci v multiplexním režimu
- lze použít při upgrade firmware XT55

Druhé rozhranní ASC1 narozdíl od ASC0 nedisponuje řídícími signály modemu a jeho funkce jsou ve srovnání s ASC0 omezené. Možnosti rozhranní ASC1 charaterizuje následující výčet.

- 4 signály
- obsahuje 2 datové signály GSM_TXD1, GSM_RXD1, stavové signály GSM_RTS1, GSM_CTS1
- je určeno pro hlasová volání, GPRS a ovládání GSM části pomocí AT příkazů. Není možno použít pro CSD, fax a práci v multiplexním režimu
- pokud pracuje rozhranní ASC0 v multiplexním režimu, nelze použít rozhranní ASC1.

Propojení signálů zařízení DCE-DTE přes rozhranní ASC0 uvádí tabulka 4.2.

Zařízení DCE (XT55)		Zařízení DTE (aplikace)	
Pin	Směr signálu	Pin	Směr signálu
GSM_TXD0	vstup	TXD0	výstup
GSM_RXD0	výstup	RXD0	vstup
GSM_RTS0	vstup	RTS0	výstup
GSM_CTS0	výstup	CTS0	vstup
GSM_DTR0	vstup	DTR0	výstup
GSM_DSR0	výstup	DSR0	vstup
GSM_DCD0	výstup	DCD0	vstup
GSM_RING0	výstup	RING0	vstup

Tabulka 4.2: Propojení signálů zařízení DCE-DTE

GPS část modulu je vybavena dvěma asynchronními sériovými rozhranními, která jsou až na napěťové urovně kompatibliní s RS232. Napěťové úrovně jsou CMOS 3.3 V. Obě rozhranní jsou jsou tvořena pouze datovými vodiči SDI (vysílání), SDO (příjem). Formát datového rámce je pro obě rozhranní nastaven na 8 datových bitů, bez parity, 1 stopbit

- První rozhranní – SD1 tvoří vodiče SDI1, SDO1, komunikační rychlost 4800 Bd
- Druhé rozhranní – SD2 tvoří vodiče SDI2, SDO2, komunikační rychlost 9600 Bd

Rozhranní pro SIM

Součástí GSM části modulu je rozhranní pro připojení SIM karty. Toto rozhranní se skládá ze šesti pinů a popisuje ho tabulka 4.3.

Pokud by SIM karta byla odpojena od SIM rozhranní během doby, kdy je s ní navázána komunikace, mohlo by dojít k poškození tohoto rozhranní i samotné SIM karty. Z tohoto důvodu je součástí rozhranní signál GSM_CCIN, který signalizuje přítomnost zásuvky se SIM kartou. Při vytažení zásuvky se SIM kartou z držáku dochází ještě před samotným odpojením pinů SIM karty ke změně úrovně signálu GSM_CCIN a GSM procesor okamžitě ukončí provoz SIM rozhranní. Držák a zásuvka SIM musí být ovšem této funkci přizpůsobeny.

Signál	Směr signálu	Popis
GSM_CCGND	-	oddělený zemní vodič z důvodu zlepšení EMC.
GSM_CCCLK	výstup	hodinový signál čipu SIM karty, jehož rychlost nastavuje GSM procesor
GSM_CCVCC	výstup	napájení pro SIM kartu poskytované z interního zdroje ASIC
GSM_CCIO	obousměrný	datová sériová linka
GSM_CCRST	výstup	resetování čipu SIM karty, provádí GSM procesor
GSM_CCIN	vstup	slouží pro zjištění přítomnosti SIM karty v držáku. Je nutností v aplikacích, ve kterých uživatel může odebrat SIM kartu z držáku během operace. Použití je možné pouze ve spojení s držákem SIM karty

Tabulka 4.3: Signály rozhranní SIM

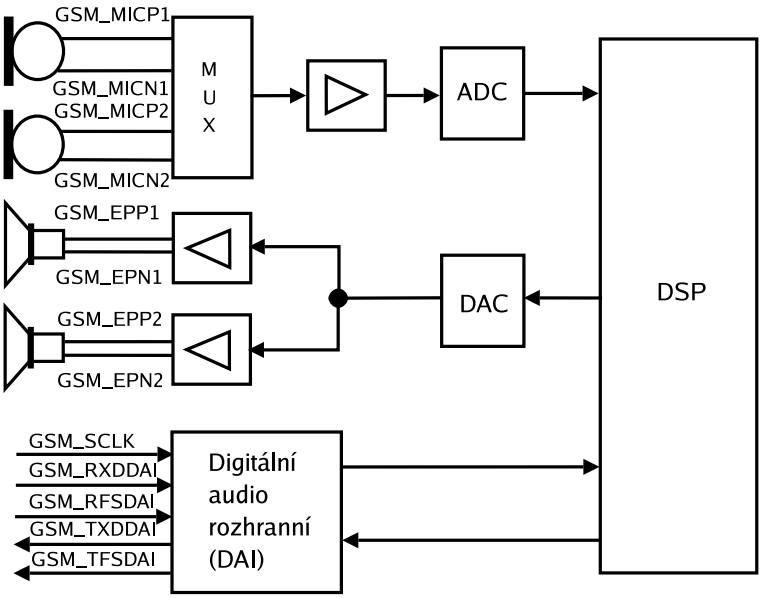
Audio rozhranní

GSM část modulu disponuje jedním digitálním sériovým rozhranním využívající PCM modulaci a dvěma analogovými audio rozhranními s následujícími vlastnostmi:

- 1. analogové rozhranní není vybaveno zdrojem napětí pro aktivní mikrofon. Impedance mikrofonního obvodu je 50 kΩ. Obě mikrofonní linky je zapotřebí doplnit kapacitory 100 nF.
- 2. analogové rozhranní je vybaveno zdrojem napětí pro aktivní mikrofon. Impedance mikrofonního obvodu je 2 kΩ.

Blokové schéma audio rozhranní je uvedeno na obrázku 4.5 Audio rozhranní je přizpůsobeno pro použití soupravy Votronic HH-SI-30.3/V1.1/0
Před použitím je zapotřebí nastavit příslušný audio mód pomocí AT příkazů. Příklad nastavení:

```
AT^SNFS=4
AT^SAIC=2,2,1
```



Obrázek 4.5: Audio rozhranní modulu XT55

Řídící signály

GSM část modulu disponuje dvěma řídícími signály GSM_IGT a GSM_EMERGOFF jejichž význam je popsán v sekcích 4.1.2.1 a 4.1.2.1.
Řídící signály části GPS mají napěťové urovně CMOS 3.3 V. Patří mezi ně následující:

- GPS_M-RST: vstupní pin pro resetovací signál aktivní v log 0. Po resetu začne nové hledání satelitů.
- GPS_GPIO (T-MARK): výstupní pin na němž se každou sekundu objeví puls délky 1 us synchronizovaný s 1 us času GPS.
- GPS_BOOTSEL: vstupní pin, při programování FLASH (upgrade GPS firmware) je třeba nastavit do log 1.
- GPS_RFPC0, GPS_RFPC1: vstupní piny sloužící k přepínání do úsporného módu. Musí být externě spojeny s piny GPS_GPIO8 a GPS_GPIO4
- GPS_GPIO8, GPS_GPIO4: jsou řídící výstupy sloužící k přechodu do úsporného módu. Externě musí být propojeny dvojice GPS_GPIO8 – GPS_RFPC0 a GPS_GPIO4 – GPS_RFPC1. Pin GPS_GPIO8 může zároveň sloužit pro ovládání stavové LED. Pokud LED svítí nepřerušovaně, hledá GPS přijímač satelity. Blikání signalizuje provoz v úsporném módu (Trickle power).

Další vstupy a výstupy

Z části GSM je zde uveden výstupní pin GSM_SYNC. Výstup tohoto pinu se liší podle módu nastaveného AT příkazem `AT^SSYNC=M`, kde M je číslo módu. Standardní nastavení je pro M=0, kdy je generován synchronizační signál sloužící k oznámení zvýšení spotřeby z napájecího zdroje během „transmit burst“. Protože odběr při „transmit burst“ dosahuje až 1.6 A, může být díky indikaci synchronizačním signálem omezen včas odběr ostatních obvodů a omezen tak celkový proud napájecím obvodem. Druhý mód pro M=1 má význam pro signalizaci pomocí LED. Přehled indikovaných stavů pomocí LED uvádí tabulka 4.4

Mód LED	Stav GSM modemu
stále nesvítí	GSM část XT55 je vypnuta nebo v úsporném režimu
600 ms svítí/ 600ms nesvítí	není vložena SIM karta nebo nebyl zadán PIN nebo hledá síť nebo se přihlašuje se do sítě
75 ms svítí / 3 s nesvítí	úspěšně přihlášen do sítě
75 ms svítí / 75 ms nesvítí / 75 ms svítí / 3 s nesvítí	aktivováno GPRS spojení
sekvence záblesků	indikuje GPRS přenos dat.
stále svítí	hlasová nebo datová volání.

Tabulka 4.4: Indikace stavu GSM části XT55 pomocí LED

GPS část obsahuje několik vstupě výstupních pinů. Jsou to GPS_GPIO0, GPS_GPIO1, GPS_GPIO3, GPS_GPIO5, GPS_GPIO6, GPS_GPIO7, GPS_GPIO10, GPS_GPIO13, GPS_GPIO14, GPS_GPIO15. Tyto piny nemají trvale definovaný význam, neboť jsou rezervovány pro konkrétní potřeby zákazníka.

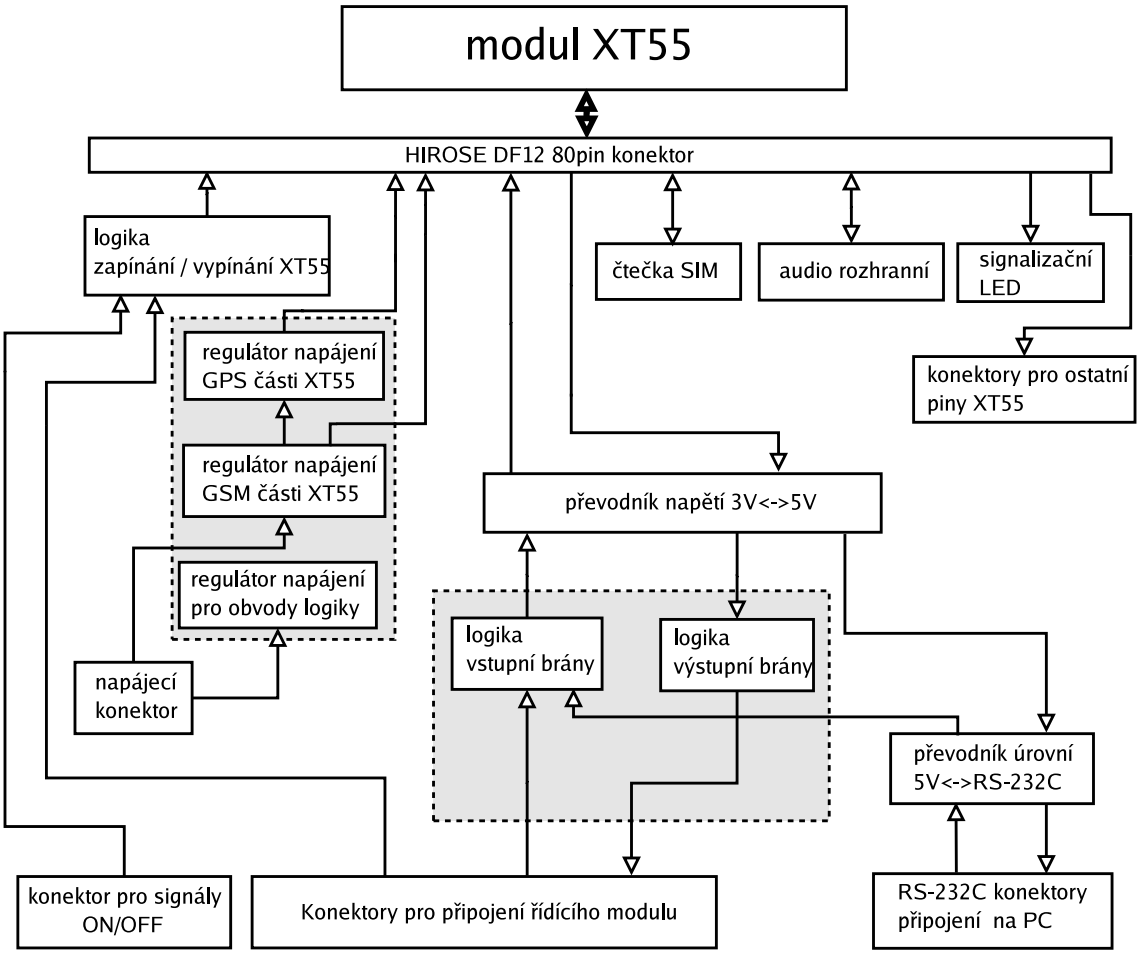
Speciální provozní módy

Modul XT55 nabízí různé další speciální režimy provozu, které se týkají především úspory napájení. GSM část nabízí mód pro nabíjení baterie, několik variant úsporného módu (Sleep mode) při kterém je odstavováno sériové rozhranní a dále umožňuje přechod po stanoveném čase do stavu, kdy jsou napájeny pouze hodiny RTC (Alarm mode). GPS část modulu nabízí rovněž úsporné režimy, které se nazývají „Trickle power“ a „Push to Fix“ jejichž principem je zjištování požadovaných GPS informací v určitém časovém rozmezí. Podrobnější popis těchto režimů (uvedený v [6]) je nad rámec této práce.

4.2 Realizace HW mobilní jednotky

4.2.1 Blokové schéma

Blokové schéma mobilní jednotky je uvedeno na obrázku 4.6.



Obrázek 4.6: Blokové schéma mobilní jednotky

Jádrem mobilní jednotky je kombinovaný GSM/GPRS a GPS modul XT55, který byl popsán v části 4.1.2.1. Tento modul je připojen k desce mobilní jednotky pomocí 80-ti pinového konektoru, na nějž jsou vyvedeny veškeré signály a napájecí vstupy. O napájení modulu se starají dva napěťové zdroje, zvlášť pro GSM a GPS část, neboť každá část vyžaduje oddělené napájení s různým napájecím napětím. Třetí zdroj je použit pro napájení logických obvodů. Vstupní napětí pro regulátor napětí GSM části a logiky je přivedeno z externího zdroje (např. palubní síť osobního automobilu) přes napájecí konektor. Zdroj napětí pro GPS část je napájen ze zdroje pro část GSM

Zapínání a vypínání modulu má na starosti zvlášní logika, která reaguje na spouštěcí resp. vypínací signál přicházející:

- ze samostatného konektoru pro spouštění a vypínání
- z konektoru pro připojení řídícího modulu

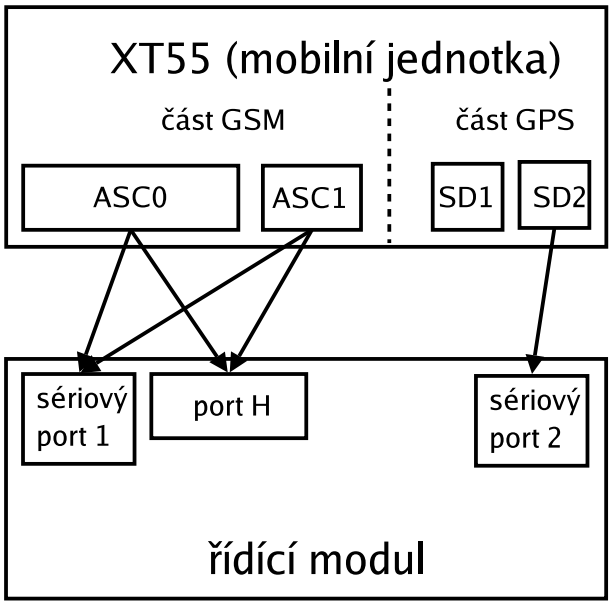
Na logiku zapínání a vypínání modulu byly kladeny následující požadavky

- spouštění modulu celého modulu XT55 (GSM i GPS část) na náběžnou hranu spouštěcího signálu
- při vypnutí modulu vypnout také zdroje napájející XT55

Zdroj spouštění resp. vypínání lze nastavit přepínačem a je možné je kombinovat. Pro připojení SIM karty slouží konektor SIM, který podporuje funkci bezpečného vytažení SIM karty během doby, kdy je rozhranní SIM aktivní. Blok audio rozhranní přizpůsobuje dvě analogová audio rozhranní modulu XT55 k přímému přiipojení sluchátek a mikrofonu. Dále je mobilní jednotka vybavena blokem signalizačních LED, který obsahuje 2 LED sloužící k indikaci stavu části GSM a GPS. Mimo tento blok stojí třetí LED, která signalizuje přítomnost napájecího napětí v obvodu mobilní jednotky. Z důvodu použití zařízení pro vývojové účely, byly ostatní nepoužité piny z konektoru XT55 přivedeny přímo na dvojici konektorů

Významnou funkcí mobilní jednotky je zprostředkování sériových rozranní ASC0, ASC1, SD2 modulu XT55 řídícímu modulu nebo osobnímu počítači. Vzhledem ke skutečnosti, že modul XT55 používá pro signály těchto rozhranní ve stavu log. 1 jiné napěťové úrovně než řídící modul a logika mobilní jednotky, byl použit pro vzájemný převod mezi těmito úrovněmi napěťový převodník. Jeho funkcí navíc je v případě potřeby impedanční oddělení modulu XT55 od sběrnice tvořené signály uvedených rozhranní. Za napěťovým převodníkem následují bloky vstupní a výstupní brány, které rozhodují o tom, které zařízení (řídící modul, počítač) bude mít v danou chvíli přistup ke sběrnici a případně které z rozhranní ASC0, ASC1 bude zpřistupněno řídícímu modulu. Úvod do situace nejlépe ilustruje obrázek 4.7

Mikroprocesor řídícího modulu je vybaven dvěma asynchronními sériovými rozhranními. O jedno sériové rozhranní a vstupně výstupní (IO) port (pro řídící a stavové signály) mikroprocesoru „soutěží“ rozhranní ASC0, ASC1 GSM části XT55, druhý kanál je vyhrazen pro rozhranní SD2 GPS části XT55. Rozhranní SD1 nebylo v této části využito, neboť se zdálo být postačující použití jednoho GPS rozhranní. Návrh počítal s možností, že nyní obsazená sériová rozhranní a piny IO portu bude

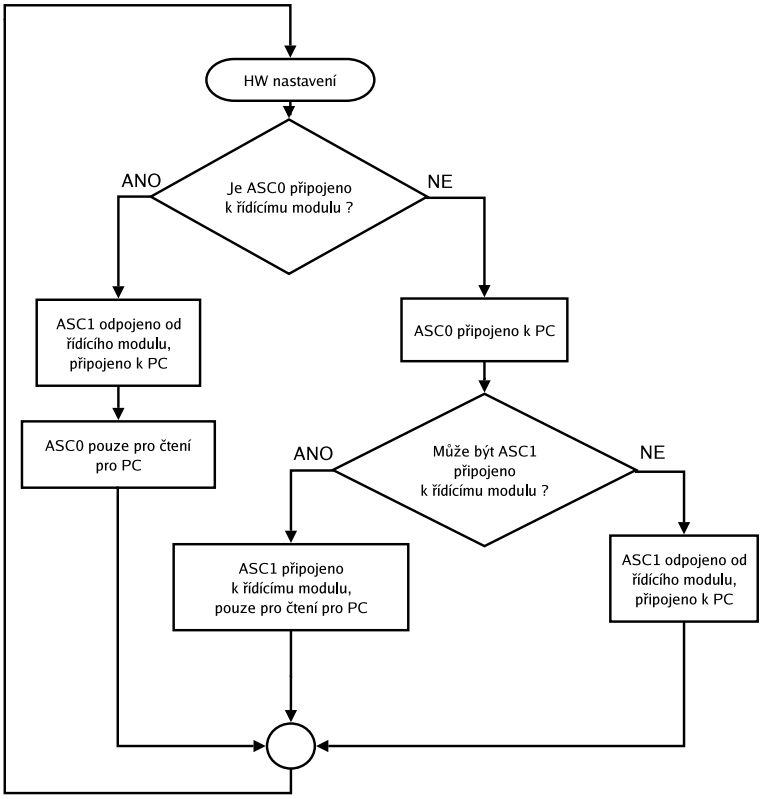


Obrázek 4.7: Připojení rozranní ASC0, ASC1, SD2 k řídícímu modulu

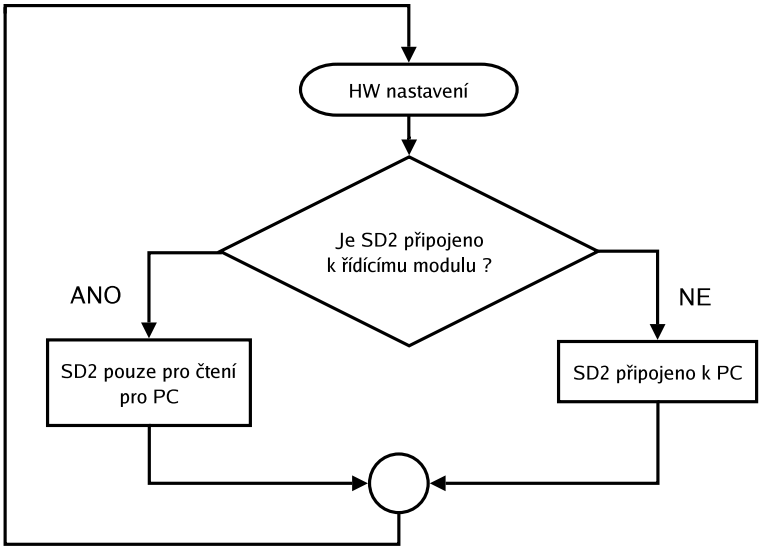
možno využívat dalšími zařízeními, která budou na řídící modul společně s mobilní jednotkou připojena a dále, že k mobilní jednotce bude možné přímo připojit PC, což umožní snadnější testování jednotky a vývoj aplikací. Mechanizmus, který rozhoduje o tom, kdy bude které z rozhranní ASC1, ASC0 připojeno k řídícímu modulu nebo počítači je znázorněn na obrázku 4.8, obdobně je tomu v případě rozhranní SD2 na obrázku 4.9.

HW nastavení se v obou případech provádí pomocí přepínačů (zkratovací propojky). Vhodným nastavením lze docílit:

- pevný stav „připojeno“ nebo „odpojeno“
- o stavu bude rozhodovat mikroprocesor pomocí řídících signálů



Obrázek 4.8: Mechanizmus připojení rozranní ASC0, ASC1 k zařízením



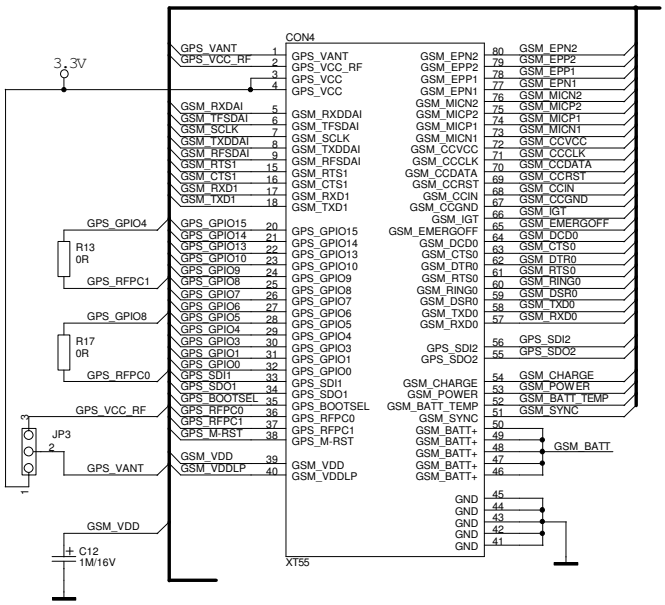
Obrázek 4.9: Mechanizmus připojení rozranní SD2 k zařízením

4.2.2 Popis zapojení

Z důvodu zvýšení přehlednosti byl popis zapojení mobilní jednotky rozčleněn do několika dílčích části. Celé schéma s kompletní výrobní dokumentací je součástí přílohy B.

XT55

Základním prvkem mobilní jednotky je modul XT55 připojený na konektor CON4 Rozložení pinů na konektoru je uvedeno na obrázku 4.10. Rezistory R13, R17 slouží jako propojky ke spojení řídících signálů GPS části, jak je uvedeno v 4.1.2.1. Kondenzátor C12 slouží jako filtrační kondenzátor napájení pro napěťový převodník U4 popsaný níže. Přepínačem JP3 je možno nastavit zdroj napájení aktivní GPS antény.



Obrázek 4.10: Zapojení XT55

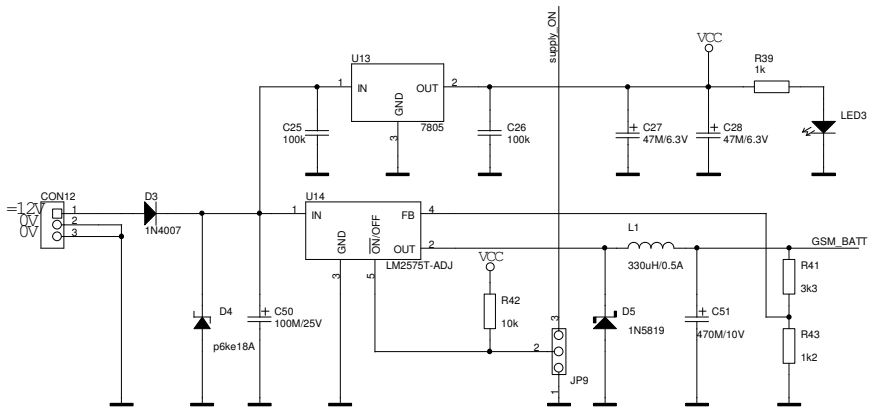
4.2.2.1 Napájení

Blok napájení obsahuje tři zdroje poskytující odlišné úrovně napětí pro části mobilní jednotky:

- analogový stabilizátor U13 poskytuje napětí 5 V pro logické obvody mobilní jednotky

- spínaný zdroj U14 poskytuje napájení 4.6 V pro GSM část a LDO regulátor U15
- LDO stabilizátor U15 poskytuje napájení 3.3 V pro část GPS

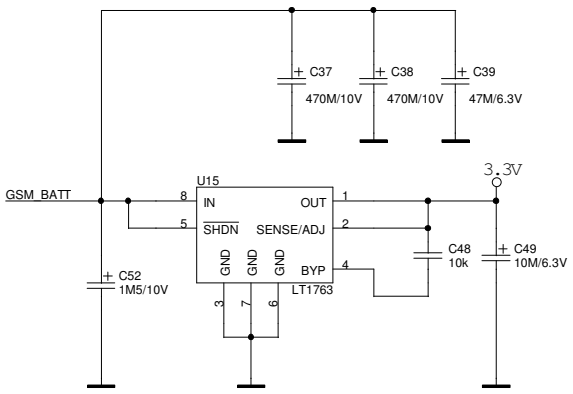
Analogový stabilizátor a spínaný zdroj je zachycen na obrázku 4.11, LDO stabilizátor uvádí samostatně obrázek 4.12



Obrázek 4.11: Napájení část 1

Z napájecího konektoru CON12 je napětí 12V (+/- 3 V) vedeno na stabilizátor napětí U13 a spínaný zdroj U14. Kondenzátory C25, C26 zabraňují zakmitávání obvodu stabilizátoru U13. Kondenzátory C27, C28 slouží jako filtrační kondenzátory napájení 5 V. Rezistor R39 a LED3 tvoří obvod pro indikaci napájecího napětí 5 V. Ochranu proti přepólování napájecího napětí na svorkách konektoru CON12 zajišťuje dioda D3, dioda D4 funguje jako přepěťová ochrana napájecích obvodů. Filtrační kondenzátor C50, induktor L1, dioda D5 a kondenzátor C5 tvoří nezbytné externí součástky spínaného zdroje U14. Přepínačem JP9 lze docílit zapnutí, vypnutí zdroje U14 nebo připojení spouštěcího signálu k tomuto zdroji. Rezistor R42 slouží jako pull-up, čímž je implicitně vypíná U14 v případě, že na JP9 není přítomna propojka. Rezistory R41, R43 nastavují požadované výstupní napětí 4.6 V.

Kondenzátory C48, C49, C52 jsou nezbytné filtrační kondenzátory v zapojení obvodu U15 pro napájení 3.3 V, kondenzátory C37, C38, C39 slouží jako filtrační pro napájení 4.6V. Každý logický obvod je vybaven lokálním blokovacím kondenzátorem, který pokrývá jeho impulzní spotřebu. Mezi tyto kondenzátory, které obrázky 4.11, 4.12 neuvádějí patří: C29–C34 a C40–C46.



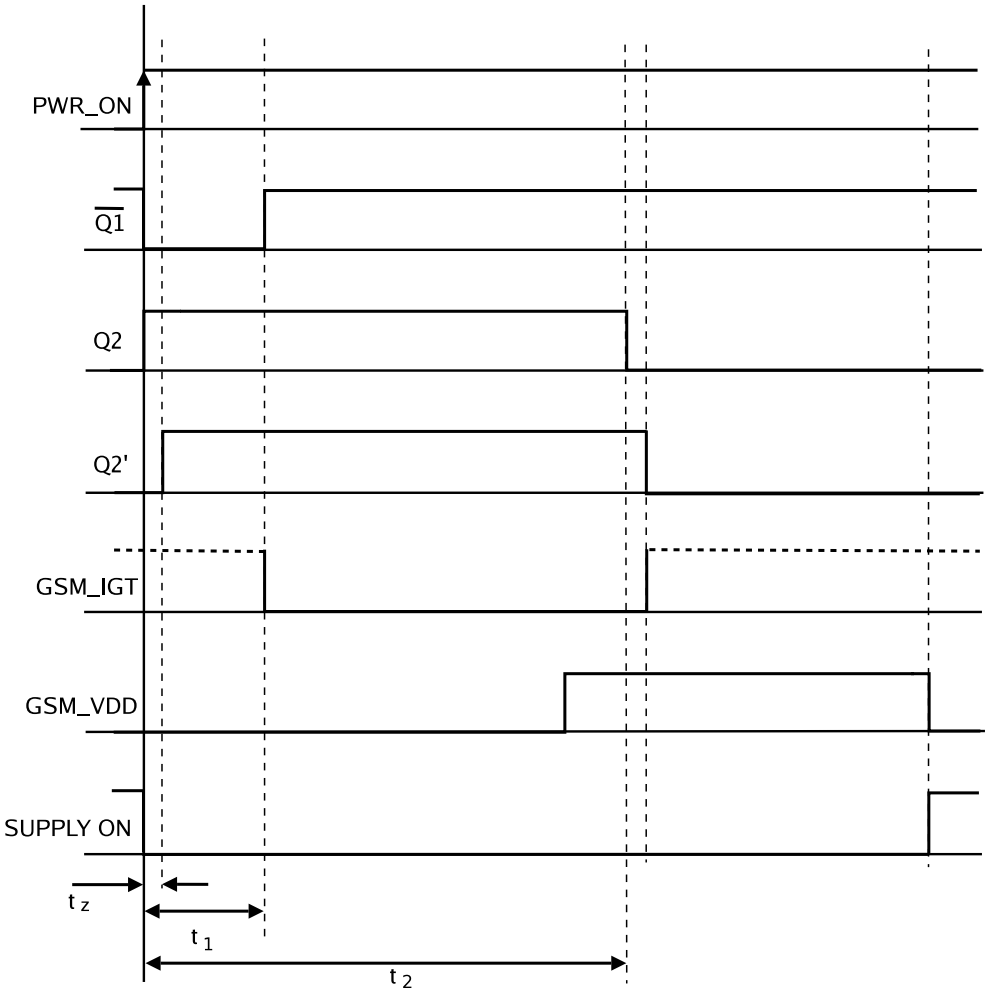
Obrázek 4.12: Napájení část 2

4.2.2.2 Logika pro zapnutí a vypnutí mobilní jednotky

Tato část zařízení je uvedena na obrázku 4.14. O generování časového průběhu spouštěcího signálu pro XT55 se starají 2 monostabilní klopné obvody, které jsou součástí U8. Na náběžnou hranu signálu PWR_ON, viz obrázek 4.13 generuje MKO U8A signál $\overline{Q1}$.

Ve stejný čas je generován MKO U8B signál $Q2$. Požadovaný průběh spouštěcího signálu GSM_IGT by mohl být výsledkem logické funkce $GSM_IGT = \overline{Q_2 \cdot \overline{Q_1}}$. Protože však signály Q_2 a $\overline{Q_1}$ mění současně svoji úroveň, což je pro hradlo realizující tuto logickou funkci nepřípustné, je náběžná hrana signálu Q_2 opožděna průchodem tohoto signálu sérií hradel U10A, U10B, U10C, U10D. Zpožděný signál Q_2 o čas t_z nazveme Q_2'. Definitivní průběh signálu GSM_IGT je výsledkem logické funkce $GSM_IGT = \overline{Q_2' \cdot \overline{Q_1}}$. Logický součin je realizován hradlem U12A. Negaci obstarává navazující tranzistor Q1. Přepínač JP5 umožňuje rozhodovat o tom, zda bude modul XT55 zapnut manuálně, či zapnutí obstará logika. Rezistory R25, R29 slouží k nastavení pracovního bodu tranzistoru Q1.

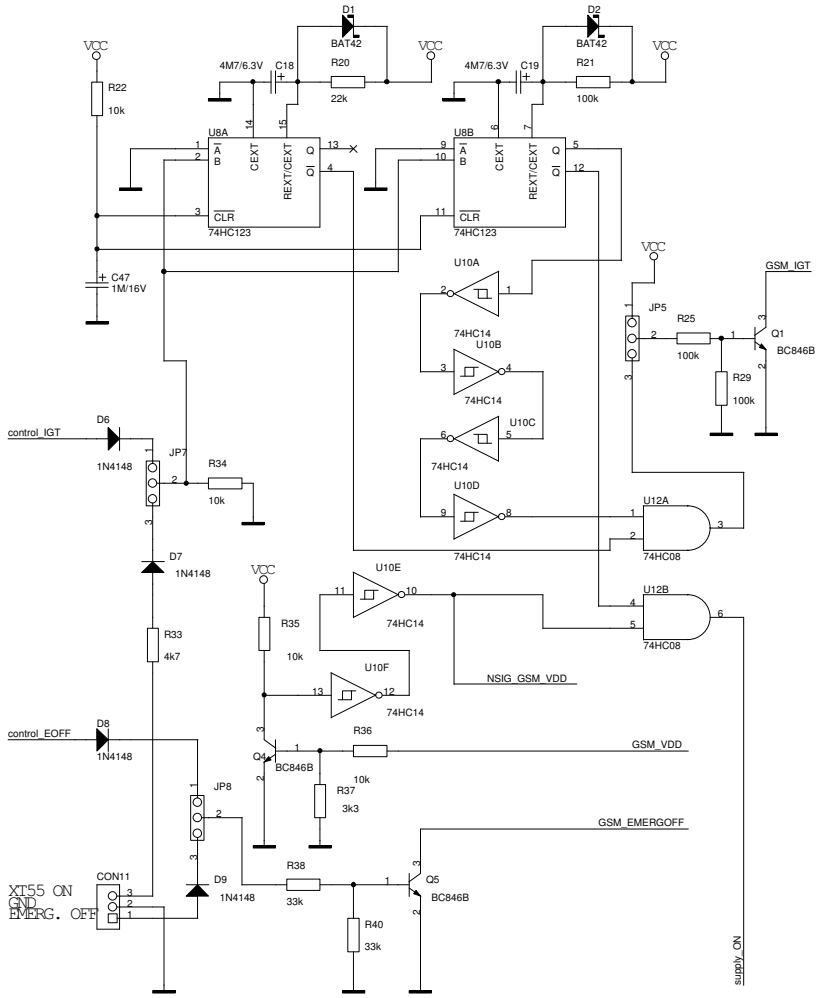
Jakmile dojde k náběžné hraně signálu PWR_ON, signál $SUPPLY_ON$ (aktivní v log. 0) přejde do stavu log 0, čímž dává povel k zapnutí spínaného zdroje U14. Zdroj U14 je zapnut až po dobu, kdy dojde k vypnutí XT55 – jakmile GSM_VDD dosáhne úrovně log 0. Ovládání U14 je realizováno logickou funkcí $SUPPLY_ON = \overline{GSM_VDD + Q_2}$ což s výhodou upravíme do tvaru $SUPPLY_ON = \overline{GSM_VDD} \cdot \overline{Q_2}$ Protože napěťová úroveň GSM_VDD není kompatibilní napěťovými úrovněmi TTL logiky, byl použit napěťový převodník tvořený tranzistorem Q4. Ten zároveň slouží k inverzi signálu GSM_VDD. Z důvodu zajištění požadované strmosti ná-



Obrázek 4.13: Průběhy signálů při spouštění XT55

běžné resp. sestupné hrany signálu $\overline{GSM_VDD}$ pro navazující log. hradla byl tento signál ještě upraven průchodem dvojicí Schmidtových negátorů U10E, U10F. Logický součin $\overline{GSM_VDD} \cdot \overline{Q_2}$ realizuje hradlo U12B. Délku pulzu t_1 MKO U8A určuje kondenzátor C18 a rezistor R20, délku pulzu t_2 MKO U8B určuje kondenzátor C19 a rezistor R21. Přes diody D1, D2 se vybíjejí kondenzátory C18, C19 v případě odpojení napájecího napětí a zabraňují případnému poškození obvodu U8. Přes rezistor R22 je přivedena na resetovací vstupy U8 úroveň H. Kondenzátor C47 zabraňuje nežádoucímu spouštění MKO při připojení napájecího napětí. Rezistory R35, R6, R37 slouží k nastavení pracovního bodu tranzistoru Q4. Tranzistor Q5, rezistory R38, R40 pro nastavení jeho pracovního bodu, tvoří obvod pro vypnutí XT55 pomocí signálu $EMERG_OFF$.

Signál PWR_ON může přijít ze dvou různých zdrojů.



Obrázek 4.14: Logika spouštění mobilní jednotky

- z konektoru CON11, kde je tento signál nazván $XT55_ON$
- z konektoru CON1 (řídícího modulu), kde se tento signál nazývá $control_IGT$

Podobná situace je v případě signálů pro vypnutí, kde

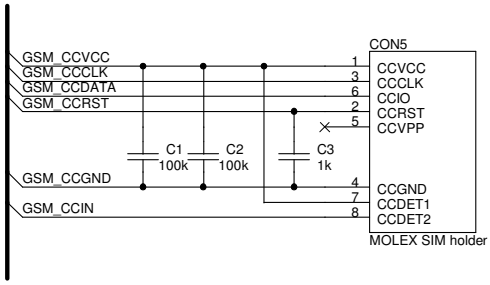
- $EMERG.OFF$ je signál pro vypnutí vycházející z konektoru CON11
- $control_OFF$ je signál pro vypnutí vycházející z konektoru CON1 (řídícího modulu)

Přepínače JP7, JP8 rozhodují o tom, zda bude spuštění resp. vypnutí iniciováno signály z konektoru CON11 nebo z konektoru CON1 od řídícího modulu. Rozmístění přepínačů JP7, JP8 přineslo vedle úspory místa na plošném spoji možnost nastavení propojek tak, že by propojovaly vzájemně tyto přepínače. Z tohoto důvodu byly do

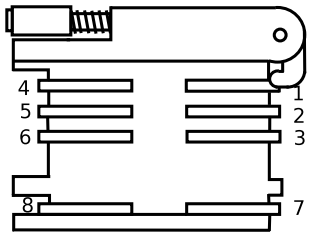
návrhu přidány diody D6, D7, D8, D9 chránící obvody připojené k přepínačům v případě, že by na jejich propojených výstupech byly opačné logické úrovně. Rezistor R34 funguje jako pull-down a definuje napěťovou úroveň v případě, kdy není propojen přepínač JP7. Rezistor R33 slouží k převedení úrovně H signálu XT55_ON na vstup MKO U8A.

4.2.2.3 SIM

Obrázek 4.15 názorně ukazuje propojení SIM rozhranní s konektorem SIM CON5. Kondenzátory C1, C2, C3 slouží blokování napájení SIM karty. Konkrétní typ použitého konektoru (MOLEX) SIM karty a rozvržení pinů je zachyceno na obrázku 4.16.



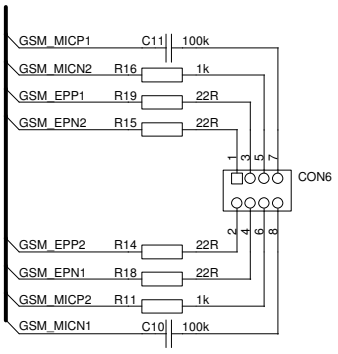
Obrázek 4.15: SIM rozhranní



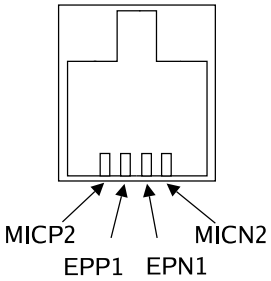
Obrázek 4.16: Zapojení použitého SIM konektoru

4.2.2.4 Audio

Na konektor CON6 jsou vyvedena dvě analogová audio rozhranní XT55, viz obrázek 4.17. Kondenzátory C10, C11 tvoří blokovací kondenzátory na linkách pro připojení pasivního mikrofonu. Rezistory R11, R14, R15, R16, R18, R19 slouží k omezení proudu tekoucím rozhranním při připojení sluchátek resp. aktivního mikrofonu.



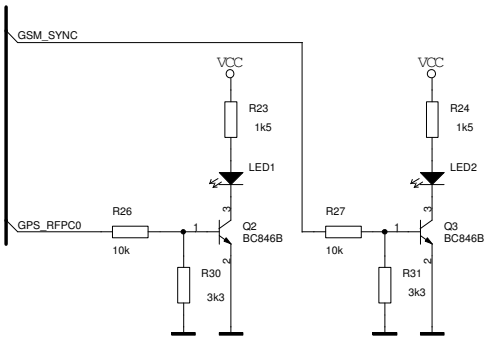
Obrázek 4.17: Audio rozhranní



Obrázek 4.18: Audio konektor terminálů Siemens

Na obrázku 4.18 je zapojení telefonního konektoru pro připojení výrobcem doporučené soupravy sluchátka a mikrofonu (Votronic HH-SI-30.3/V1.1/0).

4.2.2.5 LED

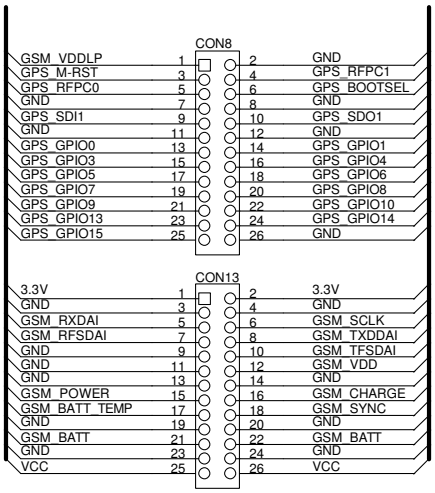


Obrázek 4.19: Zapojení indikačních LED části GPS, GSM

K indikaci stavu GSM, GPS části slouží blok indikačních LED, zapojených podle obrázku 4.19. Rezistory R23, R26, R30 slouží k nastavení pracovního bodu tranzistoru Q2, který spíná signalizační LED1. Rezistory R24, R27, R31 nastavují pracovní bod tranzistoru Q3, který spíná signalizační LED2.

4.2.2.6 Konektory

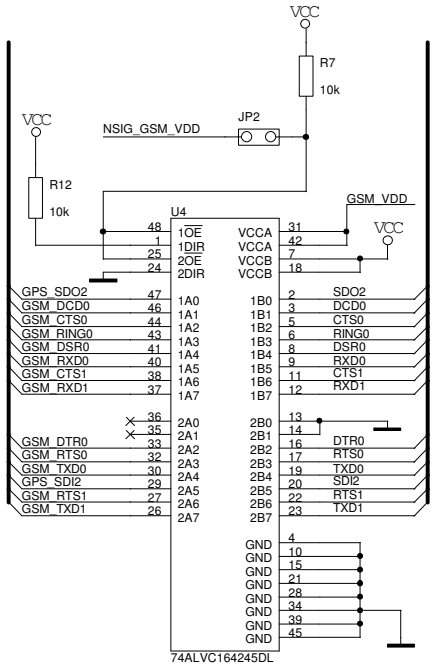
Konektory CON8, CON13 jsou určeny především k vyvedení všech nepoužitých signálů z XT55, dále jsou na ně vyvedeny všechny tři zdroje napájení. Rozložení signálů na konektory je vidět na obrázku 4.20.



Obrázek 4.20: Konektory s vyvedenými signály

4.2.2.7 Převodník napětí

Obvod napěťového převodníku U4 je zachycen na obrázku 4.21. Strana A převodníku je napájena napětím GSM_VDD = 2.9 V, strana B převodníku je napájena ze zdroje 5 V. Převodník je nakonfigurován tak, že blok 8 výstupních signálů z XT55 směřuje ze strany 1A na stranu 1B (převod z 2.9 V na 5 V), druhý blok 6 vstupních signálů do XT55 směřuje ze strany 2B na stranu 2A (převod z 5 V na 2.9 V). Pokud na pinech JP2 není zkratovací propojka, strany A, B jsou trvale impedančně odděleny. Přítomnost zkratovací propojky naopak znamená, že impedanční oddělení stran A, B se bude provádět pouze ve stavu, kdy je modul XT55 vypnut, neboli GSM_VDD=0 V. Rezistor R7 funguje jako pull-up definující úroveň H na řídícím vstupu převodníku pro případ, kdy piny JP2 nejsou propojeny zkratovací propojkou. Přes rezistor R12



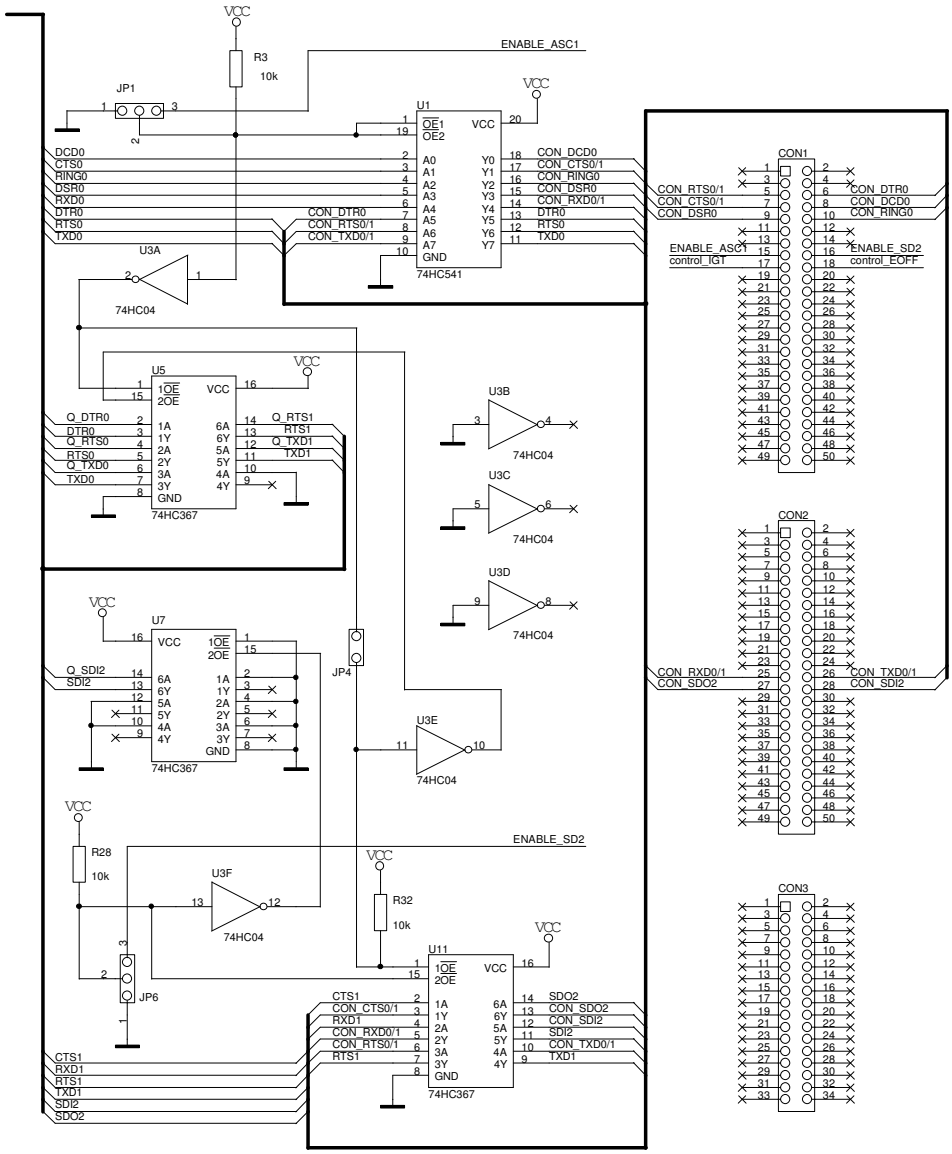
Obrázek 4.21: Převodník napěťových úrovní

je přivedena úroveň H na řídící vstup převodníku. Na obrázku 4.21 nejsou uvedeny kondenzátory C35, C36 které slouží k blokování napájení GSM_VDD

4.2.2.8 Vstupní a výstupní brány

Obrázek 4.22 ukazuje celý blok logiky vstupně výstupních bran. Obvody U1, U11 mají na starosti připojení resp. odpojení sériových rozhranní ASC0, ASC1, SD2 modulu XT55 k resp. od řídícího modulu. Obvody U5, U7 umožňují pouze odpojení vstupů rozhranní ASC0, ASC1, SD2 přicházejících z PC. Přepínač JP1 slouží k nastavení ovládání obvodu U1, který připojuje rozhranní ASC0 k řídícímu modulu. Rezistor R3 definuje napěťovou úroveň H na řídících vstupech $\overline{OE}1$, $\overline{OE}2$ obvodu U1 v případě, že přepínač JP1 není nastaven, čímž implicitně zakazuje řídícímu modulu využívat rozhranní ASC0. Hradlo U3A zakazuje prostřednictvím části obvodu U5 výstup signálů ASC0 z PC v případě, že je ASC0 používáno ve spojení s řídícím modulem a naopak.

Druhé rozhranní ASC1 může být multiplexováno s ASC0 v přístupu na řídící modul. Multiplexování se povoluje propojením pinů JP4 zkratovací propojkou. Připojení ASC1 k řídícímu modulu zprostředkovává část obvodu U11, která je řízena signálem vystupujícím z hradla U3A. Při připojení ASC0 k řídícímu modulu je ASC0 odpojeno od řídícího modulu odpojeno a naopak. Rezistor R32 definuje napěťovou



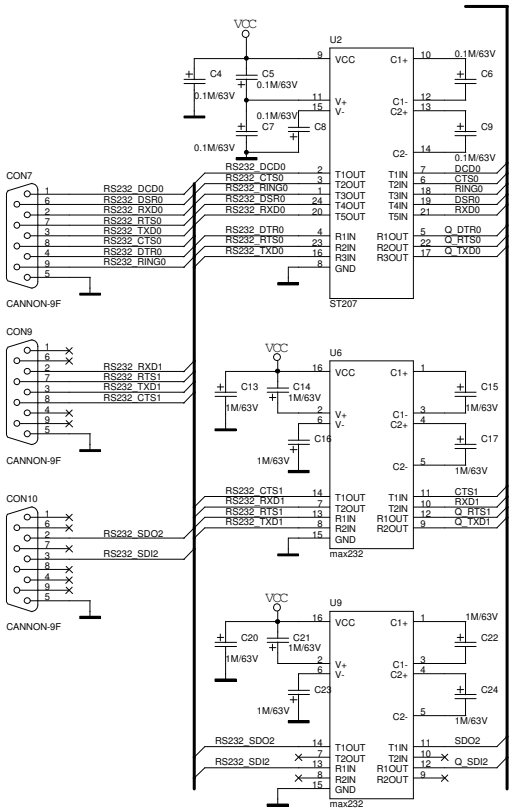
Obrázek 4.22: Logika vstupně výstupních bran

úroveň H na řídících vstupu $1\overline{OE}$ obvodu U11 v případě, že piny JP4 jsou rozpojeny. Pokud tedy zkratovací propojka na JP4 není přítomna, je rozhranní ASC0 ve spojení s řídícím modulem trvale zakázáno. Hradlo U3E zakazuje prostřednictvím druhé části obvodu U5 výstup signálů ASC1 z PC v případě, že je ASC1 používáno ve spojení s řídícím modulem a naopak. Přepínač JP6 umožňuje rozhodnout o připojení sériového rozhranní SD2 k řídícímu modulu. Rezistor R28 definuje napěťovou úroveň H na vstupu $2\overline{OE}$ obvodu U11 v případě, že přepínač JP6 není nastaven,

čímž implicitně zakazuje řídícímu modulu využívat rozhranní SD2. Hradlo U3F zakazuje prostřednictvím části obvodu U7 výstup signálů SD2 z PC v případě, že je SD2 používáno ve spojení s řídícím modulem a naopak.

4.2.2.9 Převodníky pro připojení sériových rozhranní k PC

Pro připojení sériových rozhranní k PC je nutno vyřešit převod mezi napěťovými úrovněmi 5 V mobilní jednotky a RS232C osobního počítače. Zapojení použitých



Obrázek 4.23: Rozhranní pro připojení k PC

převodníků ukazuje obrázek 4.23. Obvod U2 převádí signály rozhranní ASC0. Kondenzátory C5, C6, C7, C8, C9 tvoří nezbytné externí součástky zapojení převodníku, sloužící k vytvoření napěťových větších než je jeho napájecí napětí. Kondenzátor C4 slouží jako filtrační. Signály ASC0 v úrovni RS232C jsou vyvedeny na konektor CON7. Převodník U6 převádí signály rozhranní ASC1, jeho externí součástky tvoří kondenzátory C14, C15, C16, C17, kondenzátor C13 je použit jako filtrační. Signály ASC1 v úrovni RS232C jsou vyvedeny na konektor CON9. Převodník U9 převádí

signály rozhranní SD2, příslušné externí kondenzátory jsou: C21, C22, C23, C24, kondenzátor C20 má funkci filtrace napájení. Pull-up rezistory R1, R2, R4, R5, R6, R8, R9, R10, které nejsou na obrázku 4.23 z úsporných důvodů zakresleny slouží posílení vnitřních pull-up rezistorů převodníků.

4.2.3 HW konfigurace

Mobilní jednotka je vybavena celkem 9 přepínači (resp. propojkami), kterými lze ovlivnit její chování. Význam jednotlivých přepínačů, který je popsán v části 4.2 je pro přehlednost uveden v následujícím výčtu:

- JP1 – slouží k řízení přístupu sériového rozhranní ASC0 (GSM část) na řídící modul čímž zároveň ovlivňuje přístup PC k tomuto rozhranní. Propojení pinů 1-2 připojí řídící modul k rozranní ASC0, PC může z ASC0 pouze číst. Propojením pinů 2-3 je připojování k rozhranní ASC0 přenecháno řídícímu modulu. Bez propojení je rozhranní ASC0 vyhraženo pro komunikaci s PC.

- JP2 – slouží k připojení resp. odpojení všech sériových rozhranní k resp. od modulu XT55. Rozpojením propojky dojde k odpojení rozhranní ASC0, ASC1, SD2 modulu XT55. Standardně propojeno.

- JP3 – určen pro nastavení zdroje napětí (3V/3.3V) pro GPS anténu. Propojením pinů 1-2 je na GPS anténu připojeno napětí 3.3V, propojením pinů 2-3 je připojeno napětí 3 V. Standardně propojeny piny 2-3.

- JP4 – umožní trvalý zákaz přístupu rozhranní ASC1 (GSM část) k řídícímu modulu. Propojením JP4 bude ASC1 k řídícímu modulu připojeno vždy, když ASC0 bude odpojeno a naopak. Bez propojky je trvale zakázáno připojení ASC1 na řídící modul

- JP5 – umožní manuální spouštění modulu XT55. Propojením pinů 1-2 může být modul spuštěn za předpokladu, že jsou propojeny piny 1-2 přepínače JP9. Propojením pinů 2-3 spouštění zajistí spouštěcí logika za předpokladu, že na přepínači JP9 je přítomna propojka (1-2 nebo 2-3).

- JP6 – slouží k řízení přístupu sériového rozhranní SD2 (GPS část) na řídící modul, čímž zároveň ovlivňuje přístup PC k tomuto rozhranní Propojení pinů 1-2 připojí řídící modul k rozhranní SD2, PC může pouze číst. Propojením pinů 2-3 je připojování k rozranní SD2 přenecháno řídícímu modulu. Bez propojení je rozranní SD2 vyhraženo pro komunikaci s PC.

- JP7 – nastavuje zdroj signálu pro zapnutí mobilní jednotky. Propojením pinů 1-2 bude signál pro spuštění vycházet z řídícího modulu, propojením pinů 2-3 bude signál vycházet z pinu 3 konektoru CON11.

- JP8 – nastavuje zdroj signálu pro vypnutí mobilní jednotky. Propojením pinů 1-2 bude signál pro vypnutí vycházet z řídícího modulu, propojením pinů 2-3 bude signál vycházet z pinu 1 konektoru CON11.

- JP9 – umožní manuální zapnutí resp. vypnutí zdroje napětí pro modul XT55. Propojením pinů 1-2 je zdroj trvale zapnut a tím i část GPS modulu. Propojením pinů 2-3 je zapnutí resp. vypnutí zdroje ponecháno na spouštěcí logice. Standardně jsou propojeny piny 2-3.

Příklad konfigurace přepínačů a propojek pro ovládání mobilní jednotky pomocí PC a ovládání pomocí řídícího modulu (ŘM) ukazuje tabulka 4.5.

Přepínač	JP1	JP2	JP3	JP4	JP5	JP6	JP7	JP8	JP9
PC ovládání	-	1-2	2-3	-	2-3	-	2-3	2-3	2-3
ŘM ovládání	1-2	1-2	2-3	-	2-3	1-2	2-3	2-3	2-3

Tabulka 4.5: Příklad nastavení přepínačů mobilní jednotky

Při programování řídícího modulu pomocí asynchronního sériového rozhranní s mobilní jednotkou připojenou na konektory modulu, je zapotřebí sejmout propojku z přepínače JP1 mobilní jednotky. Tím se, jak již bylo několikrát uvedeno, odpojí mobilní jednotka od příslušného sériového rozranní řídícího modulu, které je použito k programování.

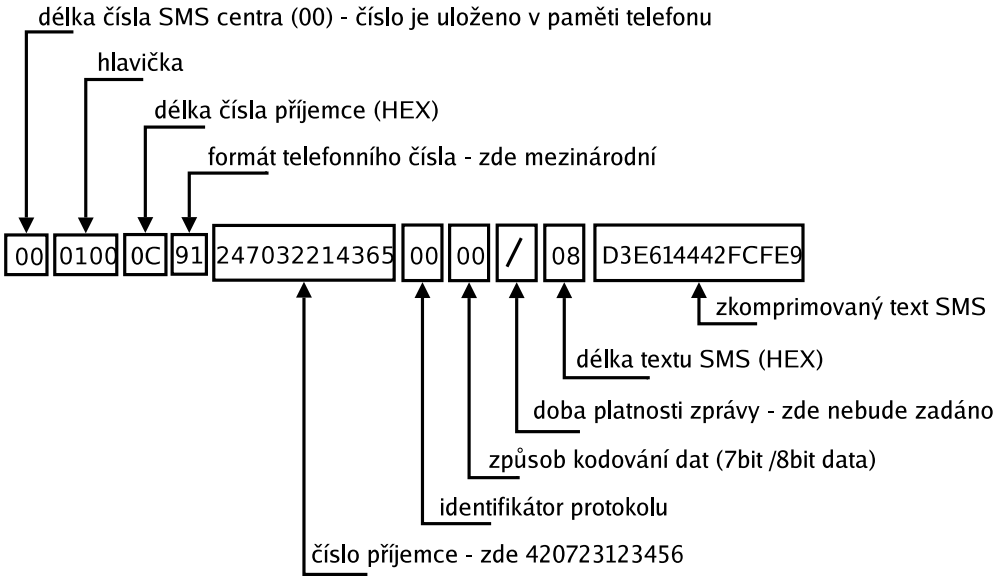
4.3 Programové vybavení

Programové vybavení tvoří především aplikace pro demonstrační a výukové účely. První série tří aplikací je určena pro spouštění na PC pod OS Windows, dále byla vytvořena jedna aplikace pro řídící modul. Aplikace určené pro OS Windows byly naprogramovány v prostředí Borland Delphi, aplikace pro řídící modul v napsaná jazyce C byla vytvořena v prostředí Metrowerks Codewarrior. Popis programování řídícího modulu je uveden v [4]. Veškeré zdrojové kódy jsou obsaženy na přiloženém CD.

Jednim z hlavních požadavků na funkci SW byla možnost odesílání SMS zprávy prostřednictvím mobilní jednotky. Bylo tedy nejprve nutné seznámit se se způsobem přenosu SMS zpráv.

4.3.1 PDU formát SMS

PDU (protocol description unit) je formát určený k přenosu SMS zpráv. Obsah PDU formátu je odlišný v případě odesílané a přijaté SMS. Podrobně je problematika PDU formátu popsána v [13]. Příklad SMS zprávy určené k odeslání ve formátu PDU je vidět na obrázku 4.24. Zpráva obsahuje text „SMS test“ a má být odeslána na číslo 420723123456.



Obrázek 4.24: PDU formát pro odeslání SMS

Úvodní část tvoří délka čísla SMS centra, která je implicitně 0 neboť toto číslo bývá uloženo na SIM kartě. Následuje hlavička s nastavenými paramery zprávy. Číslo příjemce je uvozováno délkou čísla příjemce zadaného v hexadecimálním formátu a formátem telefonního čísla. Standardně obsahuje telefonní číslo 12 číslic. Do PDU formátu je toto číslo vkládáno upravené záměnou pořadí čísic v párech, jak je vidět na obrázku. Dále následuje popis protokolu a způsob kódování dat. Uvedený příklad kóduje sedmibitová data do osmibitových oktetů. Doba platnosti zprávy může být zadána v závislosti na nastavení parametrů hlavičky. Délka textu v hexadecimálním formátu určuje počet znaků nezakódovaného textu – v případě sedmibitových dat se tedy jedná o počet septetů. Poslední částí PDU zprávy je

vlastní text, v konkrétním případě zakódovaný (zkomprimovaný) do osmibitových oktetů. Transformace septetů na oktety je znázorněna na obrázku 4.25

	S	M	S	␣	t	e	s	t
ASCII DEC	83	77	83	32	116	101	115	116
ASCII BIN	01010011	01001101	01010011	00100000	01110100	01100101	01110011	01110100
POSUN ASCII BIN	01010011	00100110	00010100	00000100	00000111	00000011	00000001	00000000
PDU BIN	11010011	11100110	00010100	01000100	00101111	11001111	11101001	
PDU HEX	D3	E6	14	44	2F	CF	E9	

Obrázek 4.25: Transformace septetů na oktety v PDU formátu SMS

Znak textu SMS zprávy, který je zakódován pomocí sedmibitové abecedy (128 znaků pro mobilní telefon běžně postačuje), využívá zřejmě pouze 7 bitů z jednoho byte a tvoří již zmiňovaný septet. Nabízí se tedy možnost využít volný osmý bit pro kompresi textu zprávy.

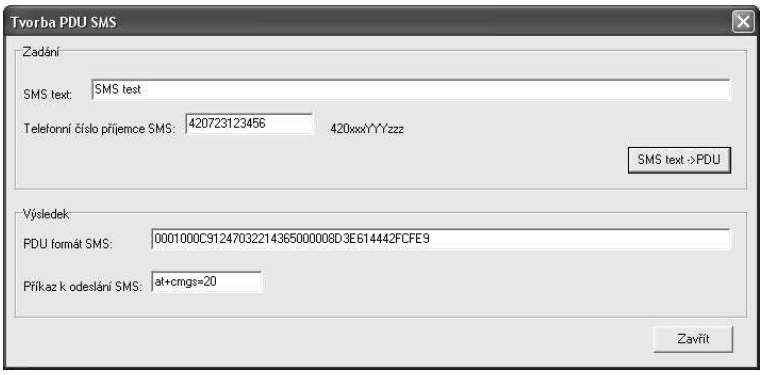
Na osmý (nejvyšší) bit z prvního byte zprávy – písmeno „S“ přesuneme první (nejnižší) bit z následujícího byte – písmeno „M“. Tímto v druhém bytu vznikne nová volná pozice. Druhý byte upravíme posunem o jedno místo doprava, čímž budeme mít dvě volné pozice na nejvyšších místech v byte. Ze třetího byte – pismeno „S“ přesuneme nyní již dva nejnižsí bity na uvoněné pozice druhého byte. Ve třetím byte jsou právě k dispozici tři volné pozice, upravíme posunem o dvě místa doprava. Takto se podle uvedeného schématu pokračuje se zpracováním dalších byte, až se celý osmý byte přesune na místo sedmého. Přesun n-tic bitů z jednoho byte do druhého je jednoduše realizován bitovým posunem a logickým součtem jak je z obrázku 4.25 zřejmé.

Výhodou transformace je úspora jednoho byte na každých 8 znaků textu, což umožňuje odeslání až 160 znaků oproti 140 znakům, které jsou kódovány osmibitově.

4.3.2 Aplikace pro Windows

Generování PDU formátu SMS

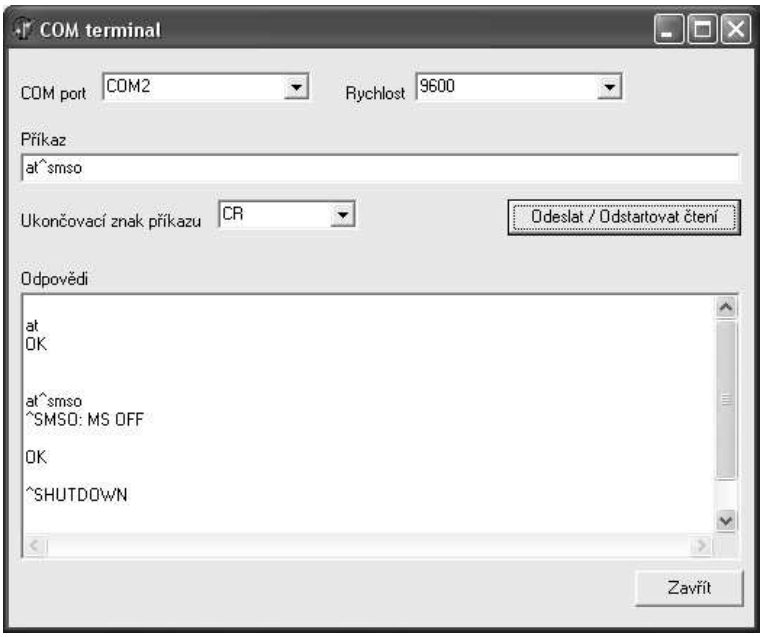
Program na obrázku 4.26 nabízí možnost vytvoření vlastního PDU formátu zprávy SMS ze zadaného telefonního čísla a textu zprávy. Využívá algoritmus popsaný v 4.3.1. Výstup programu dále zobrazí AT příkaz, kterým může být zpráva odeslána.



Obrázek 4.26: Program pro tvorbu PDU formátu SMS

Sériová komunikace s modulem

Tento program – viz obrázek 4.27 vznikl jako nadstavba standardní aplikace Hyperterminal pro sériovou komunikaci ve Windows. Po nastavení parametrů COM portu lze odesílat na tento port příkazy nebo pouze odstartovat čtení dat. Po stisku



Obrázek 4.27: Aplikace pro sériovou komunikaci s modulem

tlačítka „Odeslat / Odstartovat čtení dat“ je spuštěno vlákno, které odešle příkaz (pokud nějaký byl zadán) na komunikační port a následně zahájí cyklické čtení dat z tohoto portu. Pokud se již při prvním čtení nedočká příjmu dat, vlákno je ukončeno a program ohlásí chybné spojení. V opačném případě cyklicky čte data, dokud přichází. Po příchodu posleního datového byte ukončí vlákno svoji činnost. Uvedené

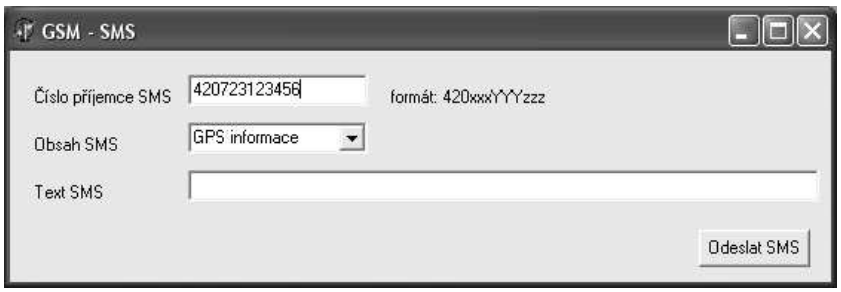
řešení má výhodu v tom, že sériová linka není blokována po celou dobu spuštění programu, ale jen po dobu aktivní komunikace na sériovém rozhranní. Odesílaný příkaz může být ukončen jedním z vybraných ukončovacích znaků, což je užitečné právě při odesílání SMS zpráv.

XT55 centrum

XT55 centrum slučuje komunikaci s částí GSM a GPS mobilní jednotky. Centrální okno aplikace (na obrázku 4.28) slouží k navázání spojení na příslušném komunikačním portu.

Obrázek 4.28: Hlavní okno aplikace XT55 centrum

Po úspěšném připojení GSM části, které potvrzeno obdržením pozitivní odpovědi na inicializační příkaz se objeví okno 4.29, které umožňuje odeslání vlastního textu SMS zprávy nebo v případě, že aplikace již přijímá zároveň platná GPS data, umožní odeslání těchto dat. Odeslání SMS se děje sekvenčně v okně GSM způsobem: vyšli AT přikaz, čekej na odpověď, pokračuj dalším příkazem.



Obrázek 4.29: GSM okno aplikace XT55 centrum

Okno GPS části (viz obrázek 4.30) se objeví bezprostředně po připojení na COM port. Zároveň je spuštěno vlákno, které cyklicky přijímá (nebo čeká na příjem) GPRMC zpráv NMEA protokolu. Příchozí zpráva je v centrálním okně zpracována

- rozděleny parametry zprávy, které jsou již přehledně zobrazeny v okně GPS tak, jak je vidět na obrázku 4.30..

Obrázek 4.30: GPS okno aplikace XT55 centrum

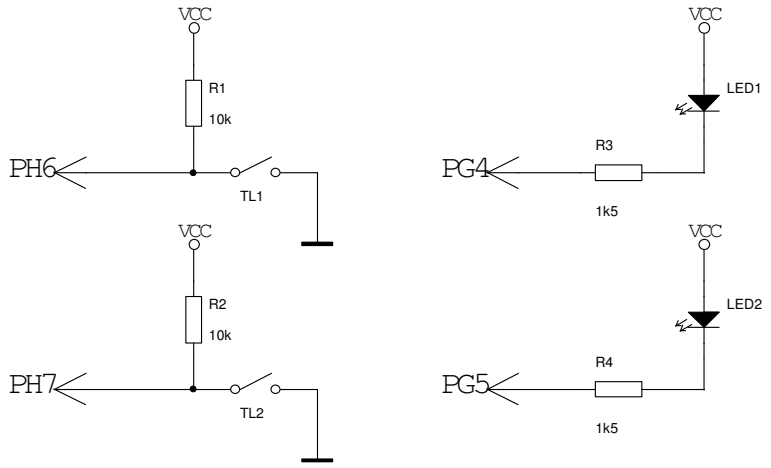
4.3.3 Program pro řídící modul

Cílem tohoto programu je dokázat spolupráci automobilu s řídícím modulem a řídícího modulu s mobilní jednotkou.

Program po spuštění řídícího modulu spustí mobilní jednotku, vyčká na přihlášení do sítě GSM a odešle testovací zprávu SMS. Následně přejde do cyklu, ve kterém čte stav tlačítek připojených na porty řídícího modulu podle obrázku 4.31 a na základě stavu tlačítek posílá příslušné zprávy po CAN sběrnici do automobilu. Stav zobrazuje pomocí LED připojených dle obrázku 4.31
Při realizaci programu bylo nutno ovládnout následuící body

- komunikace přes asynchronní sériové rozhranní (UART)
- komunikace na sběrnici CAN
- vytvoření časových zpoždění pomocí časovačů
- konfigurace vstupně výstupních portů

Na komunikaci po CAN sběrnici byly použity funkce z knihovny, která byla vytvořena jako součást diplomové práce [5]
Tabulka 4.6 uvádí obsazení jednotlivých pinů vstupně výstupních portů. Vstupy (I)



Obrázek 4.31: Připojení tlačítek a signalizačních LED k řídícímu modulu

	7	6	5	4	3	2	1	0
PORT G	x	x	LED2	LED1	O	O	O	O
PORT H	TL1	TL2	I	I	I	I	O	O

Tabulka 4.6: Obsazení portů G, H řídícího modulu

a výstupy (O) přísluší mobilní jednotce. Další vstupy reprezentují tlačítka TL1, TL2 a výstupy LED1, LED2. Piny označené „x“ zůstaly nevyužité. Před použitím portů G, H je nutné tyto porty nejprve nakonfigurovat, aby jednotlivé piny těchto portů byly vstupními resp. výstupními tak, jak to vyžaduje tabulka 4.6.

Kapitola 5

Závěr

Cílem práce bylo navrhnout a realizovat zařízení pro sledování automobilu. Návrh spočíval v použití řídícího modulu na bázi procesoru HC12D60, jehož hlavní funkce představovala výměnu dat s automobilem po sběrnici CAN a ovládání zařízení jako celku, dále návrh počítal s použitím mobilní jednotky s podporou sateletní navigace GPS a datových přenosů v síti GSM/GPRS. Stěžejní částí práce byla realizace mobilní jednotky. Prvním úkolem při realizaci mobilní jednotky byla volba modulů zajišťujících podporu pro fungování v síti GSM/GPRS a satelitní navigaci GPS. Výsledkem hledání byl modul Siemens XT55 integrující obě technologie. Druhým úkolem realizace bylo již vlastní vytvoření HW zajišťující prosředí pro připojení modulu Siemens XT55 a komunikační rozhranní pro PC a řídící modul. Mobilní jednotka byla realizována s úmyslem dosáhnout širokých možností konfigurace, což ji předurčilo k použití pro vývojové účely. Na závěr byly vytvořeny krátké demonstrační aplikace pro PC a řídící modul, které dokazují funkčnost realizovaného zařízení.

Literatura

[1] Hrdina, Z. – Pánek, P. – Vejražka, F. (1999). *Rádiové určování polohy*. Vydavatelství ČVUT, Praha.

[2] Kocourek, P. – Novák, J. (2004). *Přenos informace*. Vydavatelství ČVUT, Praha.

[3] Steiner, I. – Černý, J. (2003). *GPS od A do Z*. ISBN 80-239-0228-8

[4] Musil, M. (2003) *Diplomová práce*. ČVUT Praha

[5] Krákora, M. (2003) *Diplomová práce* ČVUT Praha

[6] Siemens Mobile (21.05.2004) *XT55 Hardware Interface Description, Version 1.00*

[7] Siemens Mobile (17.05.2004) *XT55 AT Command Set, Version 1.00*

[8] Siemens Mobile (19.05.2004) *XT55 GPS Command Specification, Version 0.3*

[9] Siemens Mobile (15.03.2004) *XT55 GPS Startup User's Guide, Version 0.1*

[10] Siemens Mobile (28.06.2004) *XT55 AVL Software User's Guide, Version 0.3*

[11] Siemens Mobile (28.06.2004) *XT55 TCP/IP Software User's Guide, Version 0.1A*

[12] Richtr, T. Technologie pro mobilní komunikaci [online]. Poslední aktualizace 2002-01-19 [cit. 2005-01-20], http://tomas.richtr.cz/mobil/.

[13] Pettersson, L. SMS and the PDU format [online]. Poslední aktualizace 2005-01-19 [cit. 2005-01-19], http://www.dreamfabric.com/sms/.

Příloha A

Hardware řídícího modulu

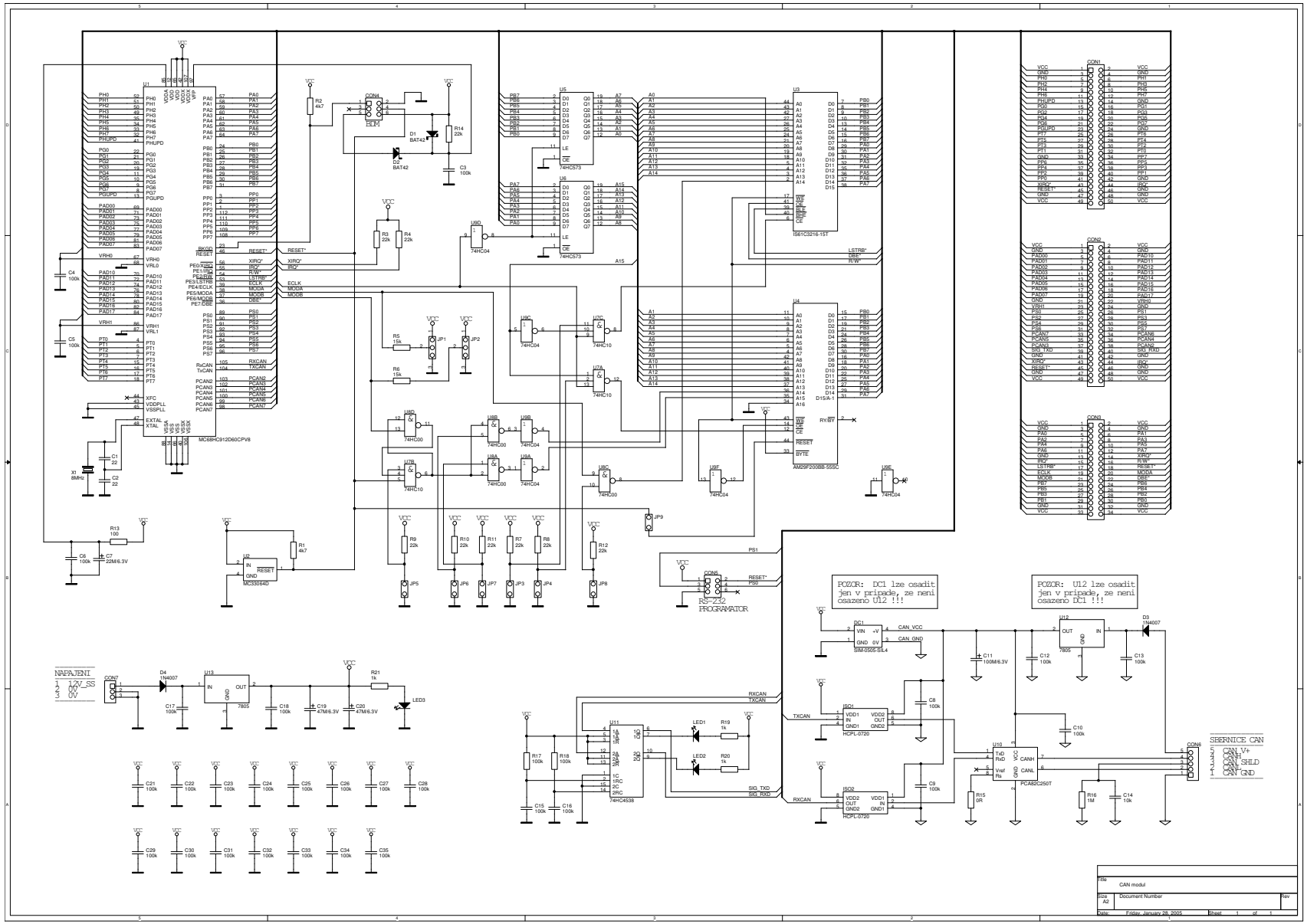
Tabulka A.1: Seznam součástek řídícího modulu

Item	Quantity	Part	Reference
1	2	HEADER_25x2	CON2,CON1
2	1	HEADER_17x2	CON3
3	2	HEADER_3x2	CON4,CON5
4	1	HEADER_5x1	CON6
5	1	HEADER_3x1	CON7
6	2	22	C1,C2
7	30	100k	C3,C4,C5,C6,C8,C9,C10, C12,C13,C15,C16,R17,C17, R18,C18,C21,C22,C23,C24, C25,C26,C27,C28,C29,C30, C31,C32,C33,C34,C35
8	1	22M/6.3V	C7
9	1	100M/6.3V	C11
10	1	10k	C14
11	2	47M/6.3V	C19,C20
12	1	SIM-0505-SIL4	DC1
13	2	BAT42	D1,D2
14	2	1N4007	D3,D4
15	2	HCPL-0720	ISO2,ISO1

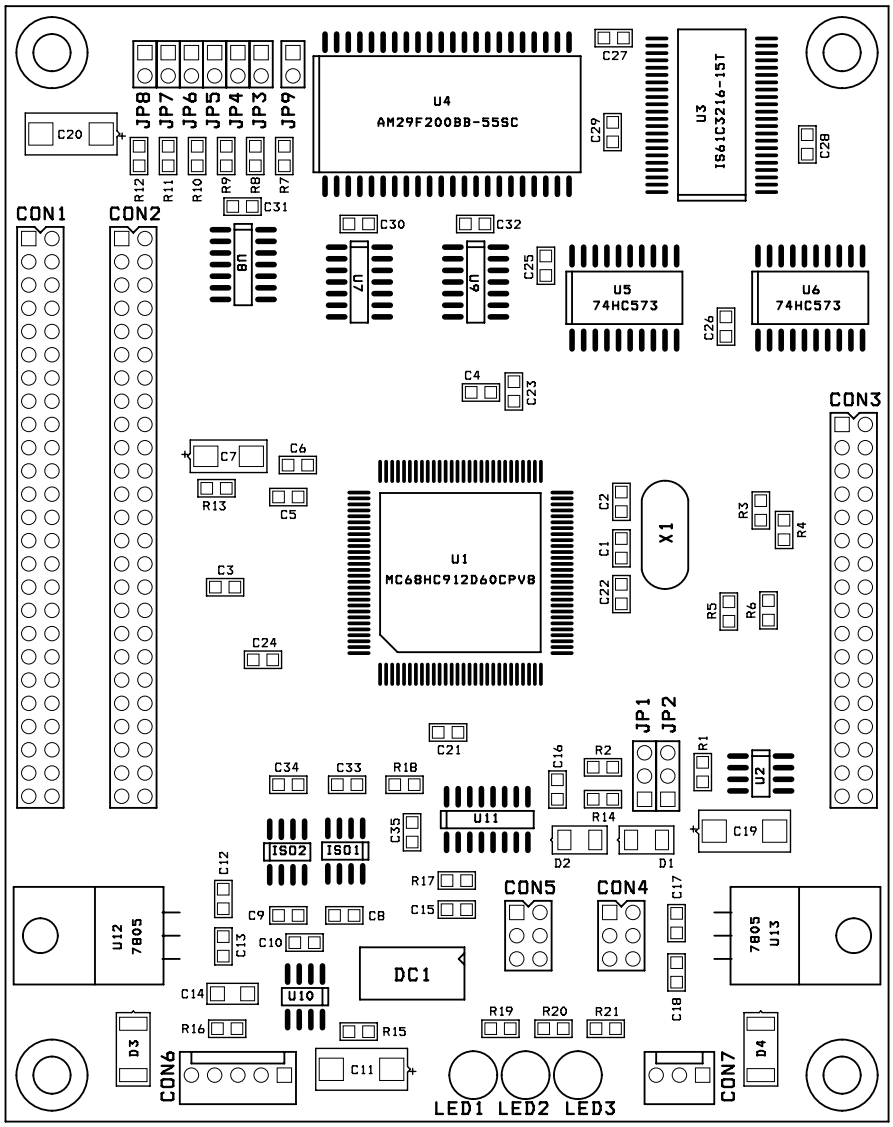
Pokračování na další stránce

Tabulka A.1 – pokračování z předchozí stránky

Item	Quantity	Part	Reference
16	2	JUMPER3	JP1,JP2
17	7	JUMPER2	JP3,JP4,JP5,JP6,JP7,JP8, JP9
18	3	LED	LED1,LED2,LED3
19	2	4k7	R1,R2
20	9	22k	R3,R4,R7,R8,R9,R10,R11, R12,R14
21	2	15k	R5,R6
22	1	100	R13
23	1	0R	R15
24	1	1M	R16
25	3	1k	R19,R20,R21
26	1	MC68HC912D60ACPV8	U1
27	1	MC33064D	U2
28	1	IS61C3216-15T	U3
29	1	AM29F200BB-55SC	U4
30	2	74HC10	U7
32	1	74HC00	U8
33	1	74HC04	U9
34	1	PCA82C250T	U10
35	1	74HC4538	U11
36	2	7805	U12,U13
37	1	8MHz	X1



Obrázek A.1: Elektrické schéma řídícího modulu



Obrázek A.2: Osazovací výkres řídícího modulu

Příloha B

Hardware mobilní jednotky

Tabulka B.1: Seznam součástek mobilní jednotky

Item	Quantity	Part	Reference
1	8	H	CON1,CON2,CON3,CON6,CON8, CON11,CON12,CON13
2	1	XT55	CON4
3	1	MOLEX SIM holder	CON5
4	3	CANNON-9F	CON7,CON9,CON10
5	24	100k	C1,C2,C10,C11,R21,R25, C25,C26,R29,C29,C30,C31, C32,C33,C34,C35,C36,C40, C41,C42,C43,C44,C45,C46
6	4	1k	C3,R11,R16,R39
7	6	0.1M/63V	C4,C5,C6,C7,C8,C9
8	2	1M/16V	C12,C47
9	10	1M/63V	C13,C14,C15,C16,C17,C20, C21,C22,C23,C24
10	2	4M7/6.3V	C19,C18
11	3	47M/6.3V	C27,C28,C39
12	3	470M/10V	C37,C38,C51
13	21	10k	R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7,R8, R9,R10,R12,R22,R26,R27,

Pokračování na další stránce

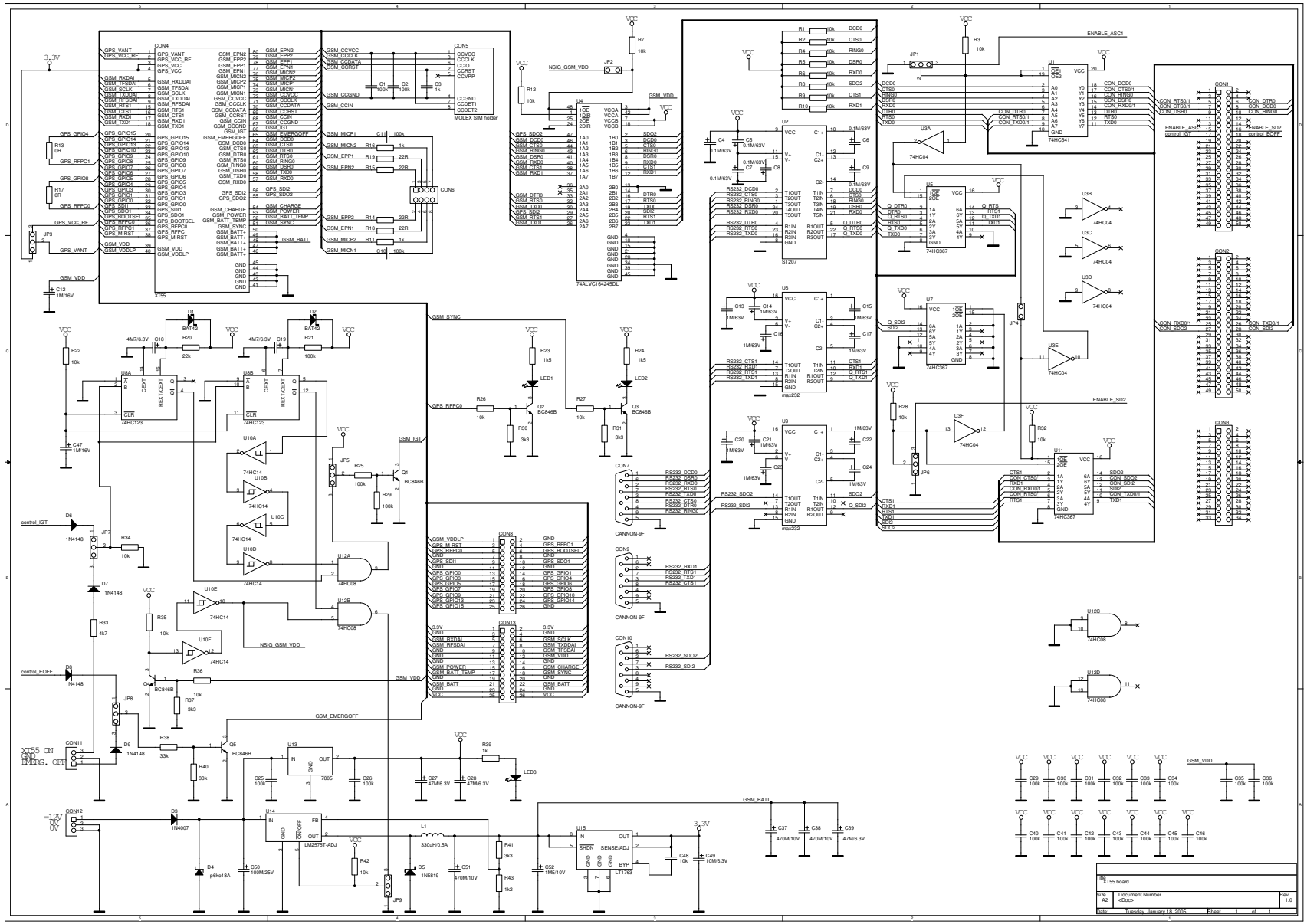
Tabulka B.1 – pokračování z předchozí stránky

Item	Quantity	Part	Reference
			R28,R32,R34,R35,R36,R42, C48
14	1	10M/6.3V	C49
15	1	100M/25V	C50
16	1	1M5/10V	C52
17	2	BAT42	D1,D2
18	1	1N4007	D3
19	1	p6ke18A	D4
20	1	1N5819	D5
21	4	1N4148	D6,D7,D8,D9
22	7	JUMPER3	JP1,JP3,JP5,JP6,JP7,JP8, JP9
23	2	JUMPER2	JP4,JP2
24	3	LED	LED1,LED2,LED3
25	1	330uH/0.5A	L1
26	5	BC846B	Q1,Q2,Q3,Q4,Q5
27	2	0R	R13,R17
28	4	22R	R14,R15,R18,R19
29	1	22k	R20
30	2	1k5	R24,R23
31	4	3k3	R30,R31,R37,R41
32	1	4k7	R33
33	2	33k	R38,R40
34	1	1k2	R43
35	1	74HC541	U1
36	1	ST207	U2
37	1	74HC04	U3
38	1	74ALVC164245DL	U4
39	3	74HC367	U5,U7,U11
40	2	max232	U9,U6
41	1	74HC123	U8

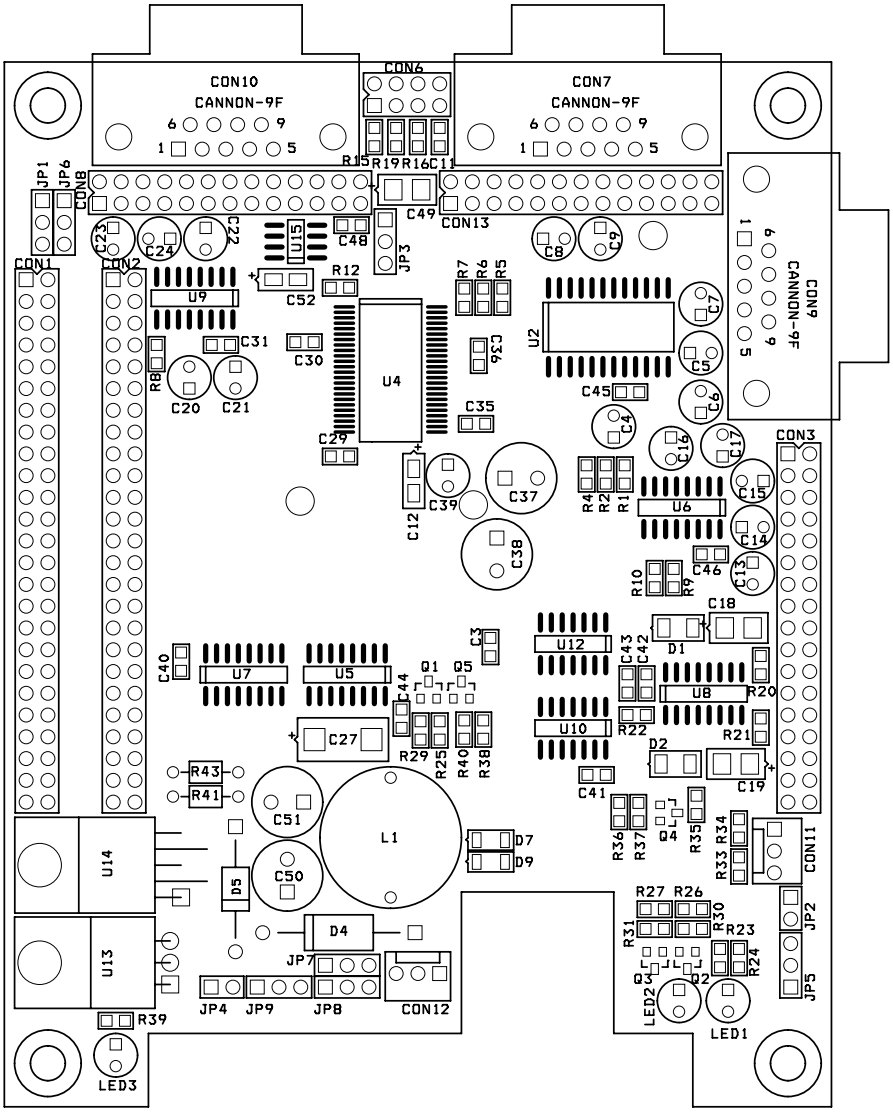
Pokračování na další stránce

Tabulka B.1 – pokračování z předchozí stránky

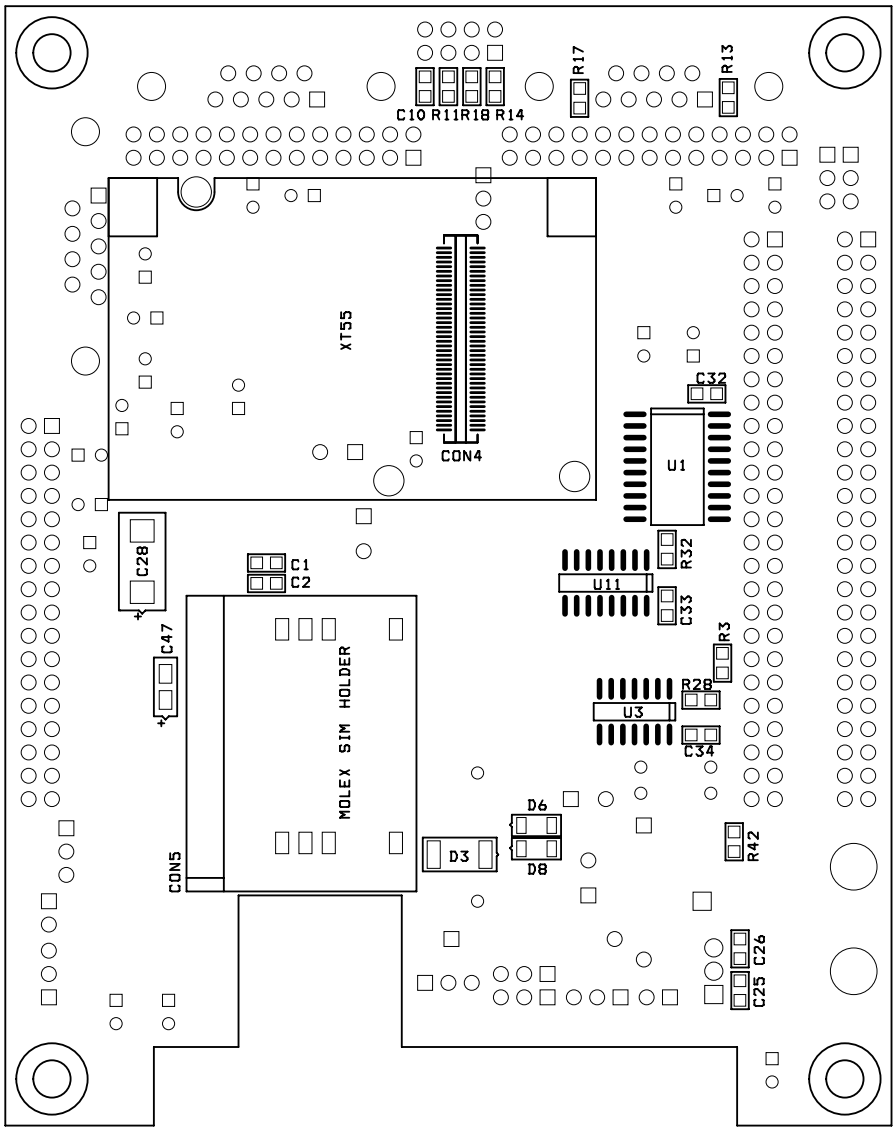
Item	**Quantity**	**Part**	**Reference**
42	1	74HC14	U10
43	1	74HC08	U12
44	1	7805	U13
45	1	LM2575T-ADJ	U14
46	1	LT1763	U15



Obrázek B.1: Elektrické schema mobilní jednotky



Obrázek B.2: Osazovací výkres – strana součástek



Obrázek B.3: Osazovací výkres – strana spojů

Příloha C

Vybrané AT příkazy

Formát zápisu AT příkazů může mít 3 různé varianty

1. test, zda zařízení danému příkazu rozumí – `AT+<příkaz>=?<CR>`
2. načtení již nastavených parametrů – `AT+<příkaz>?<CR>`
3. zápis parametrů – `AT+<příkaz>=<parametr><CR>`

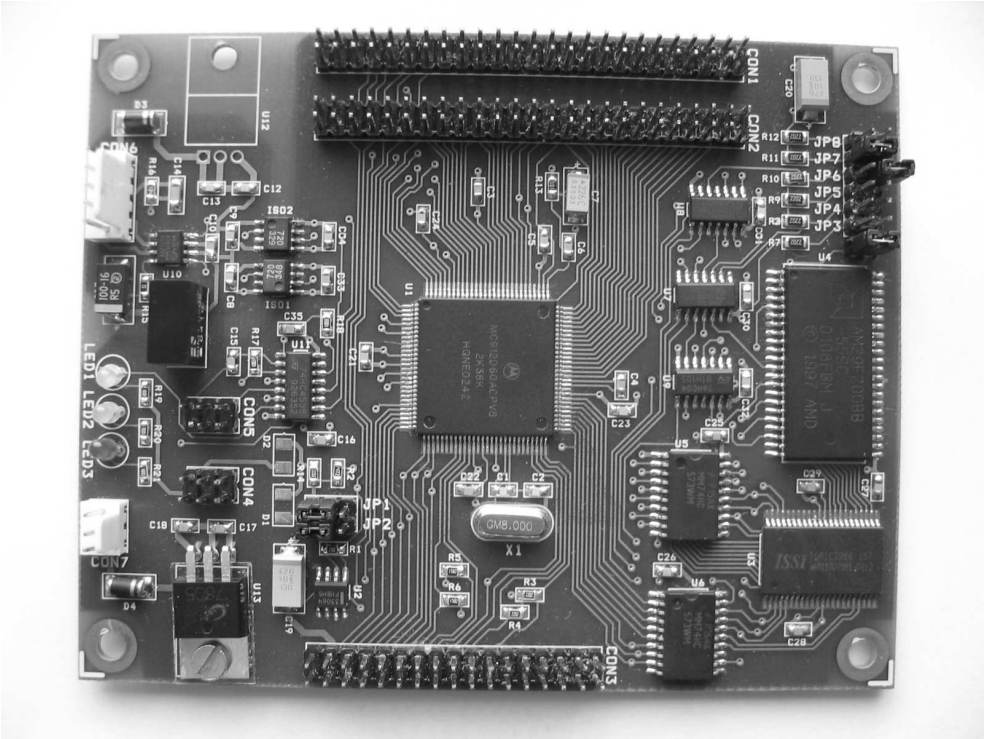
Některé z často používaných AT příkazů uvádí tabulka C.1
Kompletní popis AT příkazů podporovaných modulem XT55 naleznete v [7]

AT příkaz	Popis	Příklad použití
AT	test komunikace se zařízením	AT<CR>
ATA	zvednutí příchozího hovoru oznamovaného sekvencí „RING“	ATA<CR>
ATD	vytočení telefonního čísla	ATD723123456;<CR>
ATH	zrušení probíhajícího hovoru	ATH<CR>
AT+CPIN	zadání PIN/PUK	AT+CPIN=1234<CR>
AT+CPBR	výpis telefonního seznamu v rozmezí zadaných pozic	AT+CPBR=1,20<CR>
AT+CPMS	definice paměťi pro práci s SMS. „ME“ je paměť GSM modemu „SM“ paměť SIM karty	AT+CPMS="SM","SM"<CR>
AT+CMGL	výpis SMS zpráv, parametr udává typ zpráv 0 - přijaté nepřečtené 1 - přijaté přečtené 2 - uložené neodeslané 3 - uložené odeslané 4 - všechny	AT+CMGL=0<CR>
AT+CMGS	odeslání SMS ve tvaru PDU, parametrem je délka PDU rámce. na výzvu > se vkládá PDU rámec zakončený znakem <CTRL-Z>	AT+CMGS=34<CR>
AT+CMGD	smazání zprávy s indexem zadaným v parametru příkazu	AT+CMGD=2<CR>
AT^SMSO	vypnutí zařízení	AT^SMSO<CR>

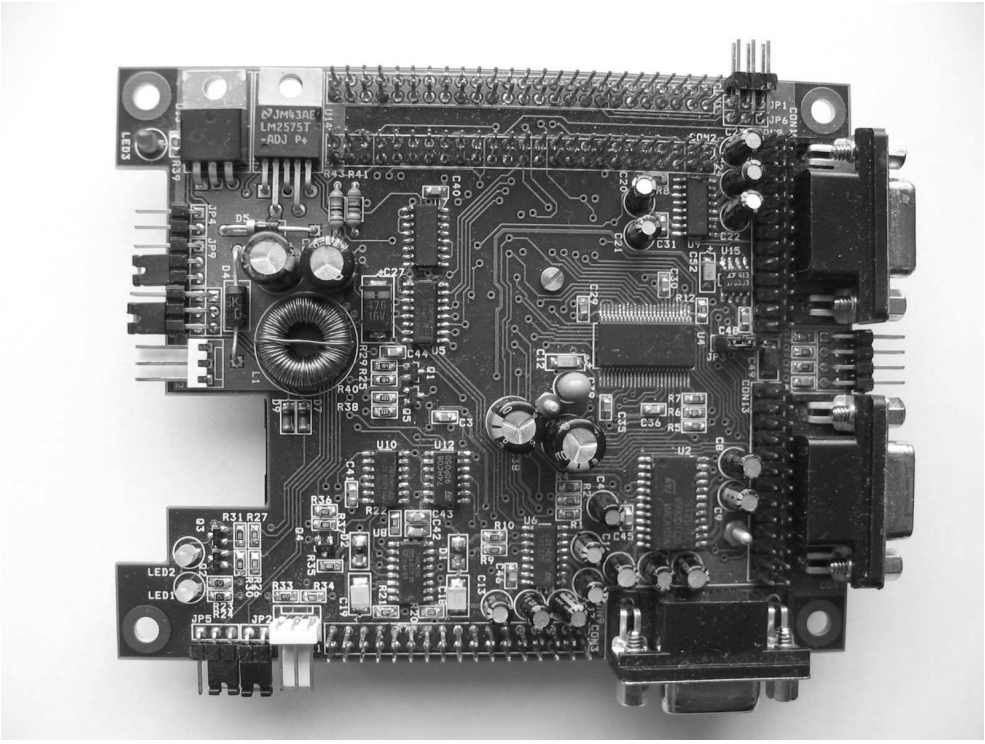
Tabulka C.1: Vybrané AT příkazy

Příloha D

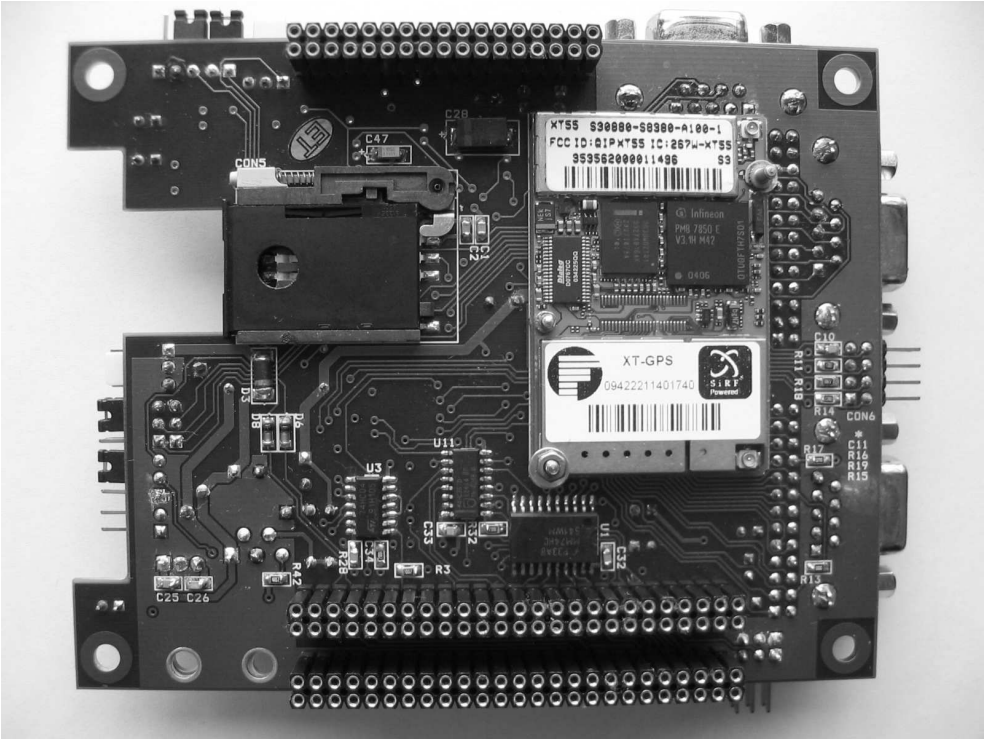
Obrazová část



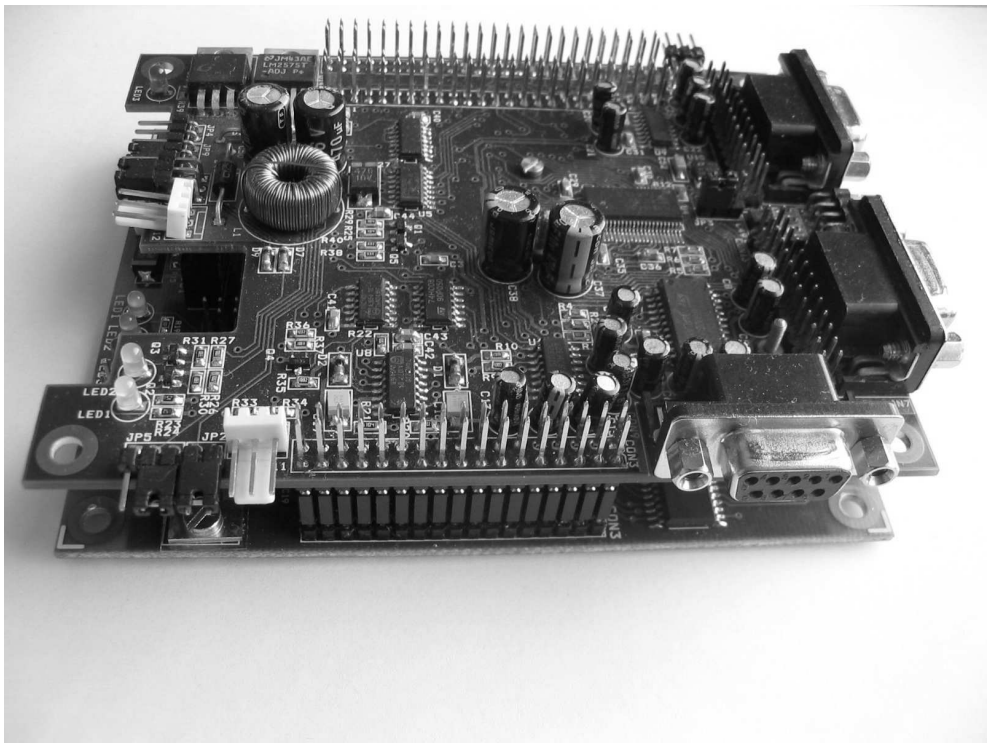
Obrázek D.1: Řídící modul ze strany součástek



Obrázek D.2: Mobilní jednotka ze strany součástek



Obrázek D.3: Mobilní jednotka ze strany spojů



Obrázek D.4: Sestava řídícího modulu a mobilní jednotky

Příloha E

Obsah přiloženého CD

Adresář	Obsah adresáře
`\CM_PCB`	Návrh plošného spoje řídícího modulu. Data ve formátu Orcad
`\MJ_PCB`	Návrh plošného spoje mobilní jednotky. Data ve formátu Orcad
`\PDF`	Dokumentace ve formátu PDF
`\PDF\XT55`	Dokumentace k modulu XT55
`\PDF\DP`	Text této práce
`\PDF\parts`	Dokumentace k použitým součástkám
`\Foto`	Fotodokumentace hardware
`\Software\Serial`	Nadstavba aplikace Hyperterminál
`\Software\PDU`	Aplikace pro tvorbu PDU formátu SMS
`\Software\Centrum`	Aplikace XT55 centrum
`\Software\HC12demo`	Demo aplikace pro řídící modul