

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

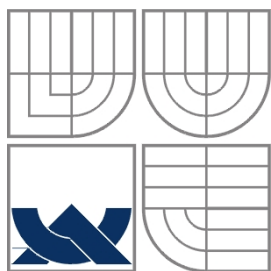
## LOKALIZČNÍ SYSTÉM KOMBINUJÍCÍ VÝHODY GPS A GSM

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

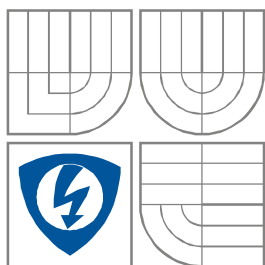
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. LUKÁŠ KLOZAR

BRNO, 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

# LOKALIZAČNÍ SYSTÉM KOMBINUJÍCÍ VÝHODY GPS A GSM

LOCALIZATION SYSTEM MAKING USE OF GPS AND GSM

SEMESTRÁLNÍ PROJEKT 2  
MASTER'S PROJECT

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. Lukáš Klozar

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. Radek Šebela

BRNO, 2010

# LICENČNÍ SMLOUVA

## POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

### 1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Lukáš Klozar  
Bytem: Maňovice 13 (okr. Klatovy), Horažďovice, 341 01  
Narozen/a (datum a místo): 7. dubna 1986 ve Strakonících

(dále jen „autor“)

a

### 2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií  
se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00  
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:  
prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida, předseda rady oboru Elektronika a sdělovací technika  
(dále jen „nabyvatel“)

## Čl. 1

### Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
  - diplomová práce
  - bakalářská práce
  - jiná práce, jejíž druh je specifikován jako .....
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Lokalizační systém kombinující výhody GPS a GSM

Vedoucí/ školitel VŠKP: ing. Radek Šebela

Ústav: Ústav radioelektroniky

Datum obhajoby VŠKP: \_\_\_\_\_

VŠKP odevzdal autor nabyvateli\*:

- v tištěné formě – počet exemplářů: 2
- v elektronické formě – počet exemplářů: 2

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracování díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

---

\* hodící se zaškrtněte

## Článek 2

### Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
  - ihned po uzavření této smlouvy
  - 1 rok po uzavření této smlouvy
  - 3 roky po uzavření této smlouvy
  - 5 let po uzavření této smlouvy
  - 10 let po uzavření této smlouvy  
(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

## Článek 3

### Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 20. května 2010

.....  
Nabyvatel

.....  
Autor

## **ABSTRAKT**

Cílem této diplomové práce je rozbor možností lokalizace v sítích GPS a GSM. Výběr vhodného modulu pro návrh lokalizačního zařízení, využívající oba zmíněné systémy. Návrh a konstrukce zařízení, které je schopno v sítích GPS a GSM určovat polohu. Získané lokalizační informace posílat prostřednictvím služby GPRS na Internetový server.

Jsou popsány techniky určování polohy v obou sítích a navržen systém, který umožňující získávat informace o poloze. Dále jsem vytvořil řídicí software modulu a obslužný software Internetového serveru, který lokalizační data dále zpracovává a ukládá do databáze.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

GPS, GSM, GPRS, lokalizace, CI, buňka, souřadnice, poloha, družice, AT příkazy, sériové rozhraní, SIM, model šíření, Okumura-Hata.

## **ABSTRACT**

Aim of this master's project is to analyse localization possibilities in GSM and GPS wireless networks. Choice of proper module and design location device for both GPS and GSM networks. Design and construction of system, which is able to designate it's position, using both GPS and GSM networks. The location informations, are send to Internet server, using GPRS system.

Localization techniques in both wireless network are described. The system which is able to get position information was designed and constructed. The module's driving software and the software, which process the localization informations and controls the database storing process, was designed.

## **KEYWORDS**

GPS, GSM, GPRS, localization, CI, cell, coordinates, distance, location, satellite, AT commands, serial interface, SIM, propagation model, Okumura-Hata.

KLOZAR, L. *Lokalizační systém kombinující výhody GPS a GSM*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2010. 34 s., 11 s. příloh. Vedoucí diplomové práce: Ing. Radek Šebela.

# Prohlášení

Prohlašuji, že svůj semestrální projekt 2 na téma Lokalizační systém kombinující výhody GPS a GSM jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu 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 uvedeného semestrálního projektu dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 20. května 2010

.....  
podpis autora

# Poděkování

Děkuji vedoucímu semestrálního projektu 2 Ing. Radkovi Šebelovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mého semestrálního projektu 2.

V Brně dne 20. května 2010

.....  
podpis autora

# OBSAH

<b>Obsah .....</b>	<b>9</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>11</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>12</b>
<b>1 GPS .....</b>	<b>13</b>
1.1 Úvod GPS .....	13
1.2 Princip lokalizace v GPS .....	14
1.2.1 DGPS (Diferenční GPS) .....	14
1.2.2 SBAS (Satelite based augmentation systems) .....	14
<b>2 GSM .....</b>	<b>15</b>
2.1 Úvod GSM .....	15
2.2 Lokalizace GSM .....	15
2.2.1 Technika CI (Cell Identity) .....	15
2.2.2 Technika TA (Timing advance) .....	16
2.2.3 Technika RXLEV (Recieved signal level) .....	16
2.2.4 Technika E-OTD (Enhanced observed time difference) .....	17
2.2.5 Technika TDOA (Time difference of arrival) .....	18
2.2.6 Technika A-GPS (Asissted GPS) .....	18
<b>3 GPS/GSM modul Siemens XT65 .....</b>	<b>18</b>
3.1 Kritéria napájecího zdroje .....	19
3.1.1 Monitorování napájecího napětí .....	19
3.1.2 Zapnutí a vypnutí modulu .....	20
3.2 Rozhraní pro SIM kartu .....	20
3.3 Sériové rozhraní ASC0 .....	21
3.4 USB rozhraní .....	21
3.5 Kontrolní signály .....	22
3.5.1 Synchronizační signál .....	22
3.5.2 PWR_IND signál .....	22
3.6 Další dostupné GPS/GSM moduly .....	22
3.6.1 SIMCOM SIM508/548 .....	22
3.6.2 TELIT GM862-GPS .....	23
<b>4 Návrh lokalizačního systému .....</b>	<b>23</b>
4.1 Blokové schéma lokalizačního systému .....	24
4.1.1 Zdroj DC .....	24
4.1.2 Řídící a kontrolní signály .....	24
4.1.3 SIM .....	25
4.1.4 Sériové rozhraní ASC0 .....	25
4.1.5 Sériové rozhraní USB .....	25
4.1.6 GPS a GSM antény .....	25
<b>5 Konstrukce .....</b>	<b>27</b>
5.1 Napájecí zdroj pro lokalizační zařízení .....	27
5.2 SIM .....	29
5.3 Spouštěcí obvod IGT .....	29
5.4 Sériové rozhraní ASC0 .....	30
5.5 Sériové rozhraní USB .....	31
5.6 Indikační signál SYNC .....	31
5.7 Ekvivalentní spínaný zdroj .....	32
5.8 Celkové zapojení hlavní části s modulem XT65 .....	32

5.9	Celkové zapojení druhé desky s konektory .....	33
<b>6</b>	<b>Software.....</b>	<b>33</b>
6.1	AT příkazy .....	33
6.2	Java .....	34
6.2.1	Java – řídicí program modulu XT65 .....	35
6.3	PHP – skript zpracování dat na serveru .....	36
6.3.1	Struktura databáze mySQL .....	36
6.3.2	Výpočet oblasti poloh MS .....	37
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>40</b>
	<b>Literatura.....</b>	<b>41</b>
	<b>Seznam symbolů, veličin a zkratk.....</b>	<b>42</b>

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Generace GPS signálů (převzato z [1]) .....	13
Obr. 2.1 Určení polohy technikou Cell identity.....	16
Obr. 2.2 Určení polohy technikou Timing advance.....	16
Obr. 2.3 Určení polohy technikou Recieved signal level .....	17
Obr. 3.1 XT65 (převzato z [6]) .....	19
Obr. 3.2 Symbolický časový průběh napájecího proudu při komunikačních burstech .	19
Obr.3.3. A) Stav signálů modulu XT65 při zapnutí.....	20
B) Spouštěcí a vypínací stavy signálu IGT při nastavení příkazem (AT^SCFG="MESHUTDOWN/OmIgnition","off").....	20
Obr.3.4. Sériové rozhraní, propojení DCE-DTE .....	21
Obr.3.5. Průběh signálu Sync během přenosového burstu .....	22
Obr. 3.6 SIM508 (převzato z [16]) .....	22
Obr. 3.7 BM862-GPS (převzato z [17]).....	23
Obr. 4.1 Blokové schéma systému.....	24
Obr. 4.2 U.FL-R-SMT, zásuvka .....	25
( převzato z [7]).....	25
Obr. 4.3 U.FL-LP-040, vidlice (převzato z [7]).....	25
Obr.5.1 Hlavní napájecí zdroj .....	27
Obr.5.2 Napájecí zdroj pro řídicí a kontrolní obvody Hlavní desky .....	28
Obr.5.3 Napájecí zdroj pro řídicí a kontrolní obvody desky konektory .....	28
Obr.5.4 Zapojení čtečky SIM.....	29
Obr.5.5 Čtečka SIM karty .....	29
Obr.5.6 Spouštěcí obvod.....	29
Obr.5.7 Převodník napět'ových úrovní RS232 .....	30
Obr.5.9 Zapojení konektoru USB .....	31
Obr.5.10 Zapojení signalizační LED SYNC.....	31
Obr.5.11 Zapojení spínaného napájecího zdroje pro napájení modulu XT65 .....	32

# Úvod

Určování polohy je v dnešní době velmi rozšířenou a populární službou, a to jak v profesionální sféře tak i v osobním životě. Ať už se jedná o zabezpečení automobilů, navigaci nebo ochranu dětí, vždy je třeba znát alespoň přibližnou polohu požadovaného objektu. Velice populární a moderní způsob lokalizace je pomocí družicového systému GPS, který poskytuje vysokou přesnost. Problém ovšem nastává při špatném počasí nebo uvnitř budov, zkrátka všude tam kde není vizuální kontakt s dostatečným počtem družic. Dále je tu také fakt, že systém je provozován armádou Spojených států. Díky masovému rozšíření mobilních telefonů a s tím se zvyšujícímu pokrytí území ČR signálem celulárních sítí (GSM, UMTS...) je možné určovat polohu. Protože pokrytí signálem mobilních operátorů je téměř na celém území ČR, je tak možno alespoň přibližně stanovit polohu MS a to za každého počasí a i uvnitř budov.

V úvodu je stručný popis obou bezdrátových sítí, také jsou podrobněji popsány techniky určování polohy v těchto sítích. Dále je popsán vybraný bezdrátový modul a navržený obvod lokalizačního systému. Cílem projektu je navrhnout zařízení, které by na základě využití systému GPS a GSM bylo schopno určovat polohu. Bezdrátové moduly spojující oba systémy GPS i GSM, přináší inovaci v tomto směru, neboť odpadá nutnost externího mikroprocesoru, který by řídil komunikaci mezi oběma systémy. Výsledkem spojením těchto technologií je zařízení určené pro tzv. komunikaci M2M (machine to machine), tedy komunikaci mezi dvěma stroji. Tyto moduly je ovšem nutné vybavit řadou externích obvodů, jako je napájení, řídicí obvody, antény, interface atd..

Získané informace o poloze jsou posílány prostřednictvím datové služby GPRS systému GSM na http server do sítě Internet. Zde se dále zpracovávají a třídí do databáze.

# 1 GPS

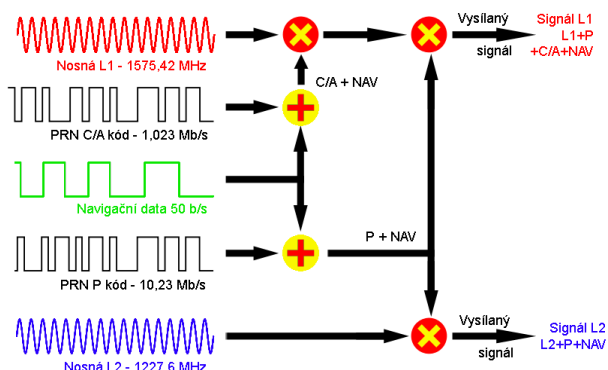
## 1.1 Úvod GPS

GPS (Global Positioning System), též označován jako GPS-NAVSTAR je vojenský polohový družicový systém provozovaný Ministerstvem obrany Spojených států amerických, který je využíván i v civilním sektoru. Systém GPS je jednosměrný, uživatel tedy pouze přijímá signály družic z nichž určuje polohu. Kromě možnosti určovat polohu objektů kdekoliv na Zemi, poskytuje také informace o rychlosti a čase.

Základ systému GPS je tvořen třemi segmenty: kosmickým, řídicím a uživatelským.

- **Kosmický segment** tvoří 24 družic obíhajících Zemi na šesti téměř kruhových orbitách ve výšce 20200km nad povrchem Země. Doba oběhu satelitu je 11 h 58 min [2]. Inklinace orbit je 55°.
- **Řídicí segment** je zodpovědný za údržbu a správný chod družic. Hlavní řídicí stanice MCS (Master Control Station) přijímá a zpracovává signál od monitorovacích static, které sledují prolétávající satelity GPS. Řízení satelitů se provádí prostřednictvím pozemních vysílacích antén.
- **Uživatelský segment** je přijímač signálu z GPS družic, má za úkol přijmout signál z družice a poskytnout informace o poloze, čase a rychlosti. Je složen z pěti základních částí: anténa, přijímač, procesor, I/O zařízení a napájení.

Družice systému GPS vysílají navigační data rozprostřeně pseudonáhodnou posloupností, přístupová metoda je tedy DS-CDMA(Direct sequence - Code division multiple access). Takto rozprostřená data jsou vysílána současně na dvou frekvencích  $L1=1575,42$  MHz a  $L2=1227,6$  MHz, viz Obr.1.1. Pro civilní účely je dostupný pouze signál  $L1$  modulovaný BPSK modulací s pseudonáhodnou sekvencí s rychlostí 1,023Mb/s, C/A kód a s rychlostí 10,23Mb/s, P kód. Tato služba se označuje jako SPS (Standard Positioning Service). Služba PPS (Precise Positioning Service) je využívána armádou. K určení polohy používá obou signálů  $L1$  i  $L2$  a umožňuje přesnější určení polohy. Signál  $L2$  je modulován pseudonáhodnou sekvencí s rychlostí 10,23Mb/s a označuje se jako P kód. Vysílán je ovšem zašifrovaný, aby ho mohli využívat jen autorizovaní uživatelé, označuje se jako Y kód.



Obr. 1.1 Generace GPS signálů (převzato z [1])

## 1.2 Princip lokalizace v GPS

GPS používá pravoúhlý geocentrický souřadný systém s nulou ve středu Země. Osa z míří ze středu k severnímu pólu, osy x a y leží v rovině rovníku. Signál L1 obsahuje časové údaje, telemetrii, pseudonáhodný rozprostírací kód sloužící k identifikaci satelitu, almanach obsahující informace o poloze GPS satelitů a efemeridy přesná data pro určení polohy satelitu. Lokalizace je založena na příjmu signálu z alespoň tří družic. Informace o parametrech družice získáváme každých 30 s a kompletní přehled systému za 12,5 min.. Díky přesné znalosti polohy družic, kterou jsme obdrželi v podobě efemerid a přesné synchronizaci jsme schopni vypočítat vzdálenost od jednotlivých družic. Takto získané kružnice se protnou ve dvou bodech z nichž jeden leží na povrchu Země, určuje polohu přijímače, a druhý ve vesmíru. Tak lze získat informaci o zeměpisné šířce, délce a o nadmořské výšce. Přijímače určují polohu metodou TOA (Time of arrival), tedy postup vyžadující vysoký stupeň synchronizace. Toho je v přijímači dosaženo pomocí korelátoru. Vzdálenost od družice je tedy určena jako součin doby letu signálu  $t_{let}$  od družice k přijímači a rychlosti světla  $c=3 \cdot 10^8$

$$R_d = t_{let} \cdot c . \quad (1.0)$$

Doba letu signálu  $t_{let}$ , je určena z časového údaje v rámci signálu a z interního časovače. Při reálném měření, není poloha určena bodem, ale prostorem průsečíku mezikoulí. Velikost tohoto prostoru odpovídá přesnosti měření. Počet družic, které je možné naráz sledovat definuje počet kanálů GPS přijímače. Čím více kanálový přijímač GPS je, tím vyšší přesnost určení polohy umožňuje. Přesnost určení polohy v systému GPS je závislá na aktuální konstelaci družic, stavu přenosového kanálu (atmosférické podmínky) a závisí také na rychlosti pohybu přijímače. Dle [1] lze jednorázovým měřením dosáhnout přesnosti 20m.

### 1.2.1 DGPS (Diferenční GPS)

Zlepšení přesnosti lze dosáhnout opravou naměřených vzdáleností od speciálního referenčního přijímače GPS, který má přesně známé souřadnice. Porovnáním známé a naměřené polohy získáme korekční informace, založené na protokolu RTCM, zdánlivých vzdáleností, které jsou k uživatelským přijímačům přenášeny vhodnou komunikační linkou (Internet) pomocí protokolu NTRIP. V současné době se již aplikace DGPS omezená a více se využívá systém SBAS.

### 1.2.2 SBAS (Satellite based augmentation systems)

Rozšířením systému GPS o technologii SBAS, která počítá korekční informace pomocí pozemních stanic RIMS a využívá geostacionární satelity k šíření těchto dat k uživatelským GPS přijímačům prostřednictvím GPS kmitočtu L1, lze dosáhnout dalšího stupně přesnosti. Systémy SBAS jsou dostupné nebo ve fázi vývoje na celém světě, a to ve variantách WAAS pro Severní Ameriku, EGNOS v Evropě a MSAS v Asii.

## 2 GSM

### 2.1 Úvod GSM

GSM (Global System for Mobile Communications) [3] je digitální celulární radiotelefonní síť, která kromě hovorových signálů umožňuje přenášet i signály datové. Využívá frekvenční pásma 900/1800MHz, provoz je plně duplexní s frekvenčním dělením FDD a přístupovými metodami TDMA a FDMA. Signál systému GSM je mezi mobilní stanicí a základnovou stanicí přenášen pomocí dvoustavové frekvenční modulace GMSK. Systémy GPRS a EDGE umožňují propojení sítě GSM se sítěmi založenými na protokolu IP, a tedy snadný mobilní přístup k síti Internet.

### 2.2 Lokalizace GSM

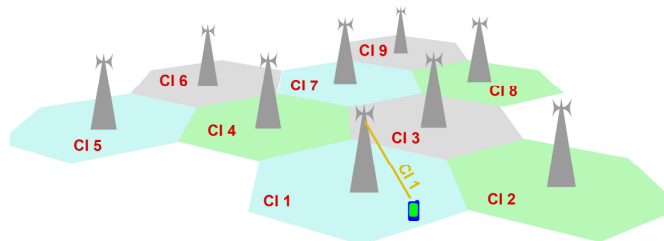
K určení polohy je možno využít několik technik jejichž základní předpoklad je znalost přesné zeměpisné polohy základnových stanic. Techniky lokalizace jsou pak většinou založené na měření vzdálenosti mezi mobilní stanicí a jednou či více základnovými stanicemi. Konkrétních metod lokalizace je celá řada viz.[4]. Mezi základní techniky, umožňující nejhrubší odhad polohy, patří CI, TA, RXLEV. Tyto techniky využívají stávající topologii sítě a řídicí signály ke získání informace o poloze. Další stupeň v určování polohy jsou vylepšené techniky, mezi které patří OTD, E-OTD, TOA, TDOA. Tyto techniky vyžadují úpravu v síti. Přidáním dalších zařízení do sítě a mobilní stanice je opět dosaženo zvýšení přesnosti určení polohy. Mezi tyto techniky patří A-GPS.

Dále rozeberu jednotlivé techniky možnosti jejich vzájemné kombinace a stanovým oblastí využití a náročnost na režii.

#### 2.2.1 Technika CI (Cell Identity)

Tato technika využívá buňkové struktury sítě GSM. Každá BTS má svoji jedinečnou identitu tzv. cell identity (CI), kterou vysílá společně se systémovými informacemi. Skupiny buněk jsou řazeny do tzv. location area (LA), které opět mají svůj kód local area code (LAC). Kromě těchto informací o poloze v rámci sítě se ještě používají kódy určující zemi, ve které se MS nachází, tzv. Mobile country code (MCC) a Mobile network code (MNC), který identifikuje GSM síť v dané zemi. Pokud je buňka, kterou obsluhuje BTS, rozdělena na podsektory má každý sektor svoje CI. Díky CI je pak možno určit se kterou BTS komunikuje mobilní stanice. A za předpokladu znalosti přesné polohy BTS můžeme určit přibližnou polohu mobilní stanice, a to podle velikosti buňky, ve které se nacházíme. To znamená, že tato metoda bude dosahovat lepší přesnost ve městech, kde jsou buňky menší cca. 500m. Naopak

v místech s nižší hustotou základnových stanic bude mít obsluhované území větší plochu, tím pádem se sníží přesnost určení polohy (až 30 km).



Obr. 2.1 Určení polohy technikou Cell identity

Takto je možno získat informaci o poloze obsluhující buňky a také dalších až šesti sousedících buněk. Tato informace je přenášena v logickém kanále BCCH.

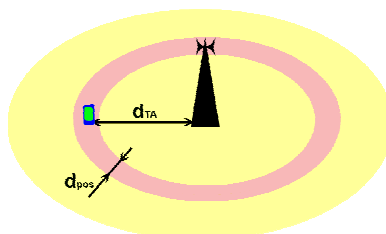
## 2.2.2 Technika TA (Timing advance)

TA odpovídá propagačnímu zpoždění signálu putujícího mezi mobilní stanicí a základnovou stanicí. Při komunikaci v GSM se používá přídavný časový interval jako ochrana před překrytím burstů v timeslotech, přenášených od více uživatelů ve stejné buňce, k jedné základnové stanici. Tento ochranný interval má délku 68,25 bitů a dobu trvání 252 $\mu$ s. TA je vyjádřený jako celé číslo s hodnotou od 0 do 63. Poloha se tak vlastně určuje podle délky ochranného intervalu. Čím větší vzdálenost je mezi MS a BTS tím se bude hodnota TA zvětšovat a délka ochranného intervalu zkracovat. A podle [4] lze vypočítat

$$d_{TA} = \begin{cases} \frac{1}{4}(c \cdot T_b / 2) & \text{pro } TA = 0 \\ TA \cdot (c \cdot T_b / 2) & \text{pro } TA > 0 \end{cases}, \quad (2.1)$$

kde  $T_b = 3.69\mu$ s je perioda jednoho bitu GSM,  
 $c = 300\,000\,000$  m/s je rychlost světla,  
 $d_{TA}$  je vzdálenost mezi mobilní stanicí a BTS.

Takovýmto výpočtem získáme přibližnou vzdálenost od BTS s chybou, která je určena krokem TA, což je v síti GSM  $d_{pos} = (c \cdot T_b / 2) \approx 555$ m. Z výše napsaného vyplývá, že pomocí techniky TA získáme mezikruží o poloměru  $d_{TA}$  a šířce  $d_{pos}$ .

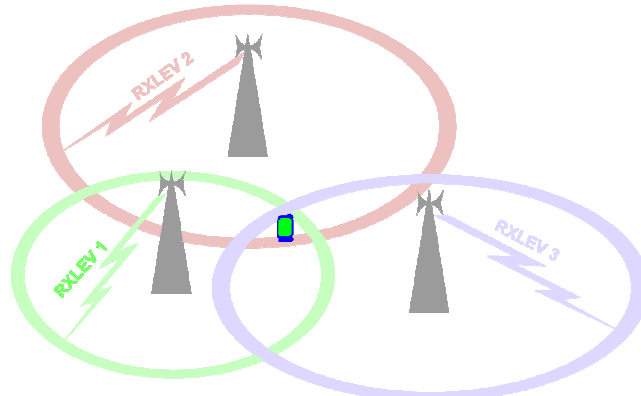


Obr. 2.2 Určení polohy technikou Timing advance

## 2.2.3 Technika RXLEV (Received signal level)

Tato technika je založena na měření úrovně signálu přijatého MS od BTS. Úroveň signálu od BTS závisí na vzájemné poloze MS a BTS a určuje se jako

propagační útlum signálu. Použitím vhodného modelu šíření lze odhadnout vzdálenost  $d_{RXLEV}$  mezi mobilní stanicí a BTS. Vznikne tak kružnice s poloměrem vzdálenosti  $d_{RXLEV}$ . Zvýšení přesnosti lze dosáhnout určením vzdálenosti od více BTS, získáme tak průsečík kružnic který bude určovat polohu.



Obr. 2.3 Určení polohy technikou Received signal level

Měření úrovně signálu je běžnou součástí komunikace mezi MS a BTS, je využíváno především při technice zvané Hannover. Přenáší se v logickém kanále BCCH. Mezi základní modely šíření patří empirický Okumura-Hata model [18], který vznikl

## 2.2.4 Technika E-OTD (Enhanced observed time difference)

Technika je založena na časovém měření signálů sítě GSM. MS měří časový rozdíl mezi příjmem signálu z několika BTS, tedy tzv. OTD (pozorovaný časový rozdíl)

$$OTD = t_{rxN} - t_{rxR} , \quad (2.2)$$

kde  $t_{rxR}$  je čas kdy MS přijme signál od referenční BTS (BTS se kterou MS komunikuje),  $t_{rxN}$  je čas kdy MS přijme signál od sousední BTS (postupně se měří OTD pro všechny sousední BTS).

Takto se získá soubor časových hodnot na základě kterých se určí poloha. Tento postup je označován jako OTD a je již implementován přímo do systému GSM. Nízká rozlišovací schopnost však zne,ožňuje použití pro lokační účely

Technika E-OTD jejíž základní rovnice je dle [4] složena ze dvou částí (2.3)

$$OTD = RTD + GTD , \quad (2.3)$$

kde RTD (real time difference) je synchronizační, tedy časový rozdíl vyslání signálu od sousední BTS  $t_{rxN}$  a referenční BTS  $t_{rxR}$  k MS. Pokud jsou obě BTS synchronizovány a vysílají ve stejný okamžik je  $RTD=0$ . V sítích GSM se obvykle RTD měří pomocí LMU, což jsou zařízení, která je nutné přidat do sítě, ke každé BTS.

$$RTD = t_{rxN} - t_{rxR} . \quad (2.4)$$

GTD (geometric time difference) obsahuje informaci o aktuální poloze a dle [4] je určena jako

$$GTD = [d_{mN} - d_{mR}] / c . \quad (2.5)$$

$d_{mN}$  a  $d_{mR}$  jsou vzdálenosti mezi sousední BTS a MS a referenční BTS a MS a  $c$  je rychlost světla.

Uvažujme, že RTD známe a MS měří OTD, dle vztahu (2.3) a (2.5) můžeme určit GTD dle [4] jako body v rovině, které vytváří hyperbolu s ohnisky v místě sousední a referenční BTS. Pokud hyperboly určíme pro více sousedních BTS pozice bude dána jejich průsečíkem.

Přesnost dosahovaná touto metodou se dle [4] pohybuje od 50 do 150m, v závislosti na prostředí (město, venkov), počtu sousedních BTS, více cestném šíření signálu.

### **2.2.5 Technika TDOA (Time difference of arrival)**

Využití metody TOA určování polohy je založeno měření časových údajů v přijímači. Tedy doby putování signálu od vysílače k přijímači. Pro přesné určení polohy je ovšem zapotřebí velice precizní synchronizace. V síti GSM jsou k tomuto účelu použita přídatná zařízení označovaná jako LMU, řízená časovačem z GPS, která měří čas příchodu signálu a vypočítávají vzdálenost. Na základě výpočtu vzdálenosti od několika LMU je možno stanovit polohu MS.

TDOA je pak založena na rozdílu TOA změřeném od více LMU. Dle [4] je výsledek hyperbola a určuje se podobně jako u E-OTD i přesnost je přibližně stejná.

### **2.2.6 Technika A-GPS (Asisted GPS)**

Využívá klasický systém GPS popsán v kapitole 1, jen s tím rozdílem, že data z družice je možno posílat do MS prostřednictvím datové služby sítě GSM (GPRS, EDGE), a to díky pozemním přijímačům signálu z GPS družic napojených na GSM síť. Takto přenášená data jsou hlavně informace o poloze satelitů (efemeridy, časování...), to urychluje vyhledávání satelitů v GPS přijímači mobilní stanice. Přičemž se využívá znalosti polohy BTS s níž komunikuje MS.

## **3 GPS/GSM modul Siemens XT65**

Kombinuje systém GSM/GPRS s GPS přijímačem. Modul se ovládá pomocí AT příkazů a programovacím jazykem Java. Velikost paměti pro Java aplikace je 1,2MB Flash a 400kB RAM, programová i datová paměť sdílí stejný paměťový prostor. Poporuje IP v4. Přenos dat pomocí systému GPRS třídy 12, umožňuje využít 4 time sloty pro downlink i uplink, současně pak 5 time slotů. Podporuje kódovací schémata CS 1-4 a umožňuje přenášet data rychlostí až 86kb/s. GPS přijímač je 16-ti kanálový pro kmitočet L1 viz. kapitola 1. S využitím protokolů NMEA, RTCM a UBX. Přesnost určení polohy je dle [6] v základním módu 2,5m CEP a 5m SEP, při použití technologií SBAS/DGPS viz. kapitola 1.2, je přesnost 2,0m CEP a 3,0m SEP. Obsahuje FAX. Je kompatibilní se systémem Microsoft. Kompletní výpis parametrů udávaných výrobcem je uveden v příloze A a v literatuře [7], [6]. Připojení externích periférií k XT65 je realizováno 80-ti pinovým konektorem Molex (zapojení jednotlivých pinů viz. Příloha C, popis signálů pak v lit.[7]). Podporuje komunikaci pomocí sériového rozhraní ASC0, USB 2.0, I2C, SPI, 2. XT65 dále obsahuje dvě analogové audio rozhraní a sériové digitální rozhraní DAI, 12b AD převodník, 10 GPIO.

Anténí konektory vyvedené na desce pro GPS a GSM jsou  $50\Omega$  U.FL-R-SMT. Napájení stejnosměrným napětím dle [7] je v rozmezí 3,3V až 4,5V, podporuje řízení nabíjecích Li-ion a Li-pol baterií. Rozměry modulu jsou 34mm x 59mm x 35mm. Blokové schéma modulu XT65 viz. příloha A.

Programování tohoto modulu je realizováno pomocí sériové linky (UART, USB), a to pomocí AT příkazů, které je možné řídit v jazyce Java. K vývoji aplikací a komunikaci s modulem slouží tzv. SMTK, který rozšiřuje základní vývojové prostředí Java IDE. SMTK umožňuje, aby vytvářené Java aplikace na PC, bylo možné po nahrání na modul spouštět.

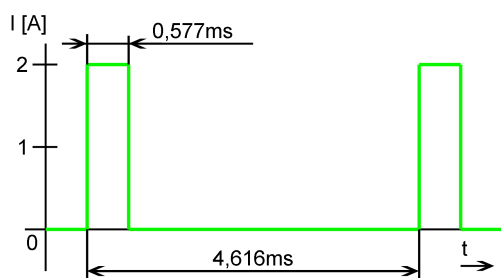


Obr. 3.1 XT65 (převzato z [6])

Chování modulu je popsáno pomocí různých stavů zvaných v [7] operating modes. Základní stavy jsou: Normal operation, kdy je modul zapnut a připraven k použití a Power down, kdy je modul vypnut. Kompletní seznam s popisem všech stavů je v Příloze H.

### 3.1 Kritéria napájecího zdroje

Stejnou směrný napájecí zdroj se musí podle [7] paralelně připojit na všech pět pinů BATT+ (piny 41 - 45) a GND (piny 36 - 40), viz. Příloha C a literatura [7]. Zdroj o typickém napětí 3,8V (3,3V - 4,5V) musí být schopný poskytnout špičkový proud, až 2A během komunikačních burstů GSM (každých až 4,616ms pulsy o délce 0,577ms) viz. Obr.4.4 a Příloha E a F více pak v lit. [7] a [10]. Nikdy však nesmí napájecí napětí klesnout pod 3,3V.



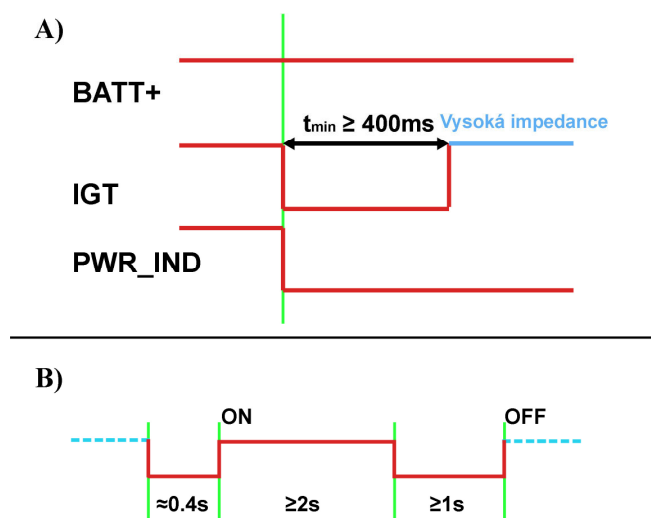
Obr. 3.2 Symbolický časový průběh napájecího proudu při komunikačních burstech

#### 3.1.1 Monitorování napájecího napětí

Napájecí napětí je možno kontrolovat buď přímo na modulu viz. [7] a nebo pomocí AT příkazu AT^SBV, který vypíše hodnotu napájecího napětí přímo v mV. Hodnotu modul získává z průběžného měření.

### 3.1.2 Zapnutí a vypnutí modulu

K zapnutí modulu může dojít několika způsoby viz [7]. Hardwarové zapnutí pomocí signálu IGT viz. Příloha C a D. Je to běžný způsob zapnutí modulu (uvede do stavu Normal operation). K zapnutí dojde pokud je připojeno správné napětí na BATT+ a pokud je vývod označený IGT přiveden na zem na dobu alespoň 400ms. Za normálních okolností je, dle [7], po připojení napájecího napětí signál IGT vnitřním pull-up rezistorem modulu na vysoké úrovni. Přivedením signálu na nízkou úroveň dojde k zapnutí modulu. Podle [7] je nutné k tomuto účelu použít řízení pomocí tranzistoru s otevřeným kolektorem viz. Příloha D. Na obrázku Obr.3.3 jsou stavy signálů při zapnutí přivedením signálu IGT do nízkého stavu. Zapnutí modulu je signalizováno nízkou úrovní signálu PWR\_IND, více viz [7] a Příloha I.



Obr.3.3. A) Stavy signálů modulu XT65 při zapnutí.  
B) Spouštěcí a vypínací stavy signálu IGT při nastavení příkazem  
(AT^SCFG="MESHUTDOWN/OmIgnition","off")

Vypnutí modulu je možné provést několika způsoby popsány v [7], nejběžnější způsob vypnutí je použitím AT příkazu AT^SMSO. Ten zajistí odhlášení od sítě, přechod do bezpečného stavu a uložení dat před odpojením napájení a přechod do Power-down modu. Funkci signálu IGT je možné nastavit do dvou stavů. V základním nastavení, které je dáno výrobcem, slouží signál pouze pro zapnutí modulu Obr.3.3,A. Při nastavení příkazem AT^SCFG="MESHUTDOWN/OmIgnition","off", je možné modul, pomocí signálu IGT, rovněž vypnout (Obr.3.3,B). Dále k vypnutí dojde při překročení teplotních a napěťových maxim. Více pak v [8].

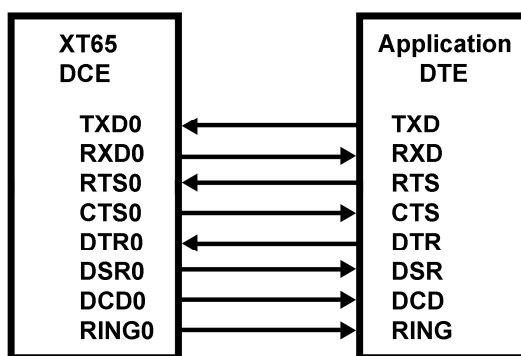
### 3.2 Rozhraní pro SIM kartu

Připojení SIM karty je pomocí šesti pinů ( 16 až 21, CCCLK, CCVCC, CCIO, CCRST, CCIN, CCGND) na konektoru molex, viz. Příloha C a XXXXX, literatura [7]. XT65 SIM interface podporuje 3V i 1,8V karty SIM. Maximální délka vodičů mezi 80-ti pinovým konektorem na XT65 a vnějším držákem SIM karty nesmí přesáhnout délku 100 mm a vodiče pinů CCCLK a CCIO nesmí být vedeny blízko sebe a je

vhodné mezi ně vložit vodič pinu CCGND, který poslouží ke stínění. Kvůli elektromagnetické kompatibilitě je nutné zapojit kondenzátory co nejbližší držáku SIM karty viz příloha D.

### 3.3 Sériové rozhraní ASC0

XT65 se chová podle [7] jako zařízení DCE. Poskytuje 8-žilové asynchronní rozhraní splňující ITU-T V.24. Napěťové úrovně jsou 0V pro nízkou úroveň dat nebo pro aktivní stav a 2,9V pro vysokou úroveň dat nebo neaktivní stav. Umožňuje komunikovat na fixních rychlostech od 300 bps do 460 800 bps a také automatickou detekci komunikační rychlosti v rozmezí rychlostí 1 200 až 460 800 bps. Je defaultně konfigurován pro 8 datových bitů, žádný paritní bit a 1 stop bit. Signály rozhraní jsou: Datové signály TXD0 (pin 32) a RXD0 (pin 30). Stavové signály RTS0 (pin 49) a CTS0 (pin 52). Kontrolní signály DTR0 (pin 50), DSR0 (pin 48), DCD0 (pin 54) a RING0 (pin 47). Poskytuje multiplexní provoz a vytvoření až třech virtuálních kanálů.



Obr.3.4. Sériové rozhraní, propojení DCE-DTE

DCE		DTE	
Popis pinu	Směr signálu	Popis pinu	Směr signálu
TXD0	Vstupní	TXD	Výstupní
RXD0	Výstupní	RXD	Vstupní
RTS0	Vstupní	RTS	Výstupní
CTS0	Výstupní	CTS	Vstupní
DTR0	Vstupní	DTR	Výstupní
DSR0	Výstupní	DSR	Vstupní
DCD0	Výstupní	DCD	Vstupní
RING0	Výstupní	RING	Vstupní

3.1. Sériové rozhraní ASC0, propojení XT65 s konektorovou lištou

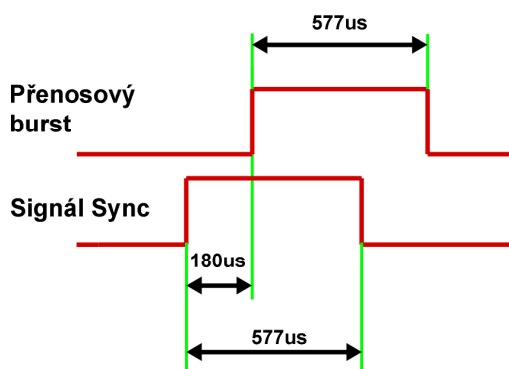
### 3.4 USB rozhraní

Podporuje USB 2.0 Full Speed s přenosovou rychlostí až 12Mb/s. Pokud je v modulu spuštěna Java aplikace může být USB použito pro ladění(debugging) aplikace. Pokud neběží Java aplikace je USB použitelný pro řízení a přenos dat do modulu. Způsob připojení je popsán v Příloze I a více pak v [7] a [9].

## 3.5 Kontrolní signály

### 3.5.1 Synchronizační signál

Signál je dostupný na vývodu SYNC viz.[7], Příloha C. Může pracovat v několika režimech a to podle nastavení pomocí AT příkazu  $AT^SSYNC=0, 1, 2$ , více viz.[8]. Implicitně je nastavena hodnota  $AT^SSYNC=0$  pro kontrolu spotřeby. Vysoká úroveň signálu indikuje zvýšení spotřeby během přenosového burstu. Další dvě hodnoty příkazu jsou slouží k signalizaci pomocí LED v různých operačních stavech modulu.



Obr.3.5. Průběh signálu Sync během přenosového burstu

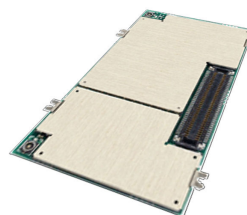
### 3.5.2 PWR\_IND signál

Slouží k signalizaci vypnutí či zapnutí modulu. Pokud je signál ve vysoké úrovni je dle [7] značí to vypnutý modul. Pokud je spouštěcí signál IGT přiveden do nízké úrovně změní okamžitě signál PWR\_IND svůj stav na nízkou úroveň.

## 3.6 Další dostupné GPS/GSM moduly

### 3.6.1 SIMCOM SIM508/548

Opět dva velmi podobné moduly. Obsahují tří pásmovou GSM, GPRS třídy 10, podporu TCP/IP protokolu, programování přes AT příkazy, 1Mb SRAM, 4Mb Flash, sériové komunikační rozhraní, 20-ti kanálovou GPS využívající protokoly NMEA, SiFR, RTCM. Bližší specifikace viz. [16].



Obr. 3.6 SIM508 (převzato z [16])

### 3.6.2 TELIT GM862-GPS

Dalším modulem spojující GSM GPS je model GM862-GPS. Obsahuje čtyř pásmovou GSM, GPRS třídy 10, podporu TCP/IP protokolu a služeb UDP, SMTP, FTP, programování pomocí AT příkazů a jazyka Python, 1,9MB NVM pro uživatelské skripty a 1,2MB RAM, 20-ti kanálový GPS přijímač s technologií SiRFstarIII, podporu SBAS a protokolu NMEA, sériovou komunikaci pomocí UART. Bližší specifikace viz. [17].



Obr. 3.7 BM862-GPS (převzato z [17])

## 4 Návrh lokalizačního systému

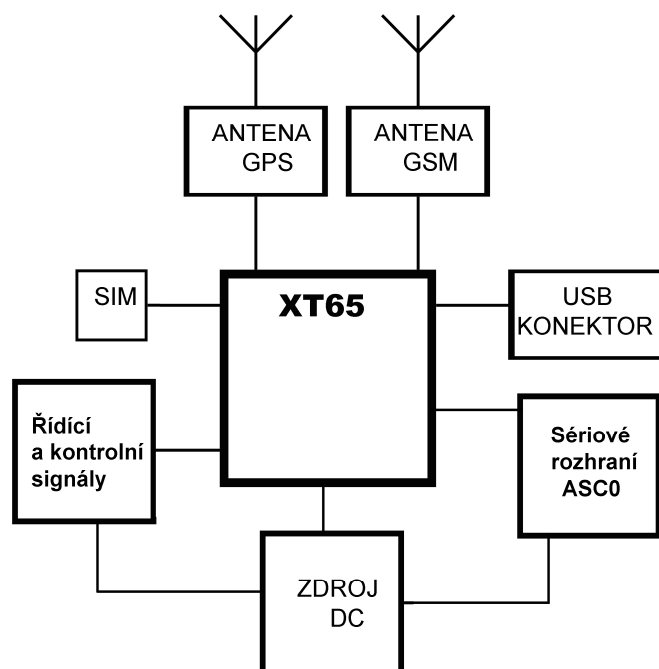
Výše vybraný modul spojující GSM a GPS umožňuje přímo získat informaci o své poloze (zeměpisné souřadnice) z GPS družic a tuto informaci, prostřednictvím GPRS, zasílat na Internetový server.

Pokud by ovšem došlo k zastínění signálu z družic (špatné počasí, uvnitř budov...) je za potřebí, aby i nadále poskytoval informaci o své poloze. Toho lze dosáhnout právě díky systému GSM a lokalizačním metodám popsaných v kapitole 2.2. Protože v současné době poskytuje řada mobilních operátorů lokační služby založené na podpoře sítě GSM je nutné implementovat do stávající sítě další zařízení provádějící různá měření a výpočty polohy MS. Tato služba je komerčně využita a tedy zpoplatněna. Těchto služeb mobilních operátorů v mém projektu využívat nebudu. Zaměřím se na využití stávajících signálů sítě GSM, které mohou poskytnout informaci o poloze. Pomocí výpočtů a principů uvedených v kapitole 2.2 se pokusím zajistit co nejvyšší přesnost určení polohy mobilního zařízení.

Jak bylo uvedeno v kapitole 2.2 je základem určení polohy v GSM síti znalost přesných zeměpisných souřadnic jednotlivých BTS, se kterými je schopná komunikovat MS a které jsou v jeho okolí. Tento předpoklad vede k nutnosti databáze obsahující souřadnice BTS v nichž se bude vyhledávat pozice pomocí známého CI, viz kapitola 2.2. Databáze se souřadnicemi jednotlivých BTS jsou volně dostupné na internetových serverech zaměřených na lokalizaci v GSM sítích. Takto získaná velikost prostoru, možného výskytu MS, je přibližně rovna velikosti obsluhované buňky BTS, jejíž CI známe. Proto je vhodná pro malé městské buňky. Využitím TA je možné upřesnit lokaci MS, a to podle tvaru buňky (sektorová, osmistěn... ). Tato technika bude vhodná spíše pro větší buňky, protože dle [4], viz. kapitola 2, je minimální velikost „kroku“ prostoru možného výskytu je 550m. Polohu lze také přibližně stanovit podle útlumu signálu RXLEV, tato technika vyžaduje simulaci útlumu signálu cestou radiovým prostředím, tedy nějaký aktuální model šíření (Okumura-Hata). Tyto tři metody (CI, TA, RXLEV) budou primárním cílem lokalizace v síti GSM. Takovýto způsob výpočtu je ovšem závislý na místních podmínkách a vzájemné poloze MS a BTS.

## 4.1 Blokové schéma lokalizačního systému

Díky vlastnostem modulu XT65 uvedeným v kapitole 3.2 není potřeba vybavovat zapojení složitými externími obvody. Komunikace s XT65 probíhá přes 80-ti pinový konektor molex [7] na jehož vývody se připojují přímo datové, řídicí i napájecí signály. Nejdůležitější obvody umožňující funkci zařízení jsou uvedeny na Obr. 4.1.



Obr. 4.1 Blokové schéma systému

### 4.1.1 Zdroj DC

Napěťový zdroj je nutno navrhnut podle základních požadavků modulu viz. kapitola 3.1. Protože je zapotřebí napájet nejen samotný modul, ale periferie zařízení jako je sériové rozhraní, spouštěcí obvod atd., je nutno použít v zapojení více samostatných stejnosměrných zdrojů. Detailní popis návrhu napájecího zdroje pro modul XT65 je v [10], více o návrhu zdroje v kapitole 5.

### 4.1.2 Řídící a kontrolní signály

Spouštěcí obvod signálu IGT k jehož řízení je potřeba dle [7] obvod tranzistoru s otevřeným kolektorem. Přivedením tohoto signálu do nízké úrovně na minimálně 400ms dojde k zapnutí modulu, pokud byli splněny spouštěcí podmínky popsané v kapitole 3.1.2. více pak v [7]. Kontrolní signál PWR\_IND signalizuje nízkou úrovní zapnutí modulu. Lze použít k ovládání periferií. Je nutné aby byl připojen k externímu pull-up rezistoru. Stavová indikace signálu SYNC umožňuje, po připojení vhodného obvodu sávacím se z tranzistoru a indikační LED diody (více viz. kapitola 5 ), sledovat stavy modulu viz. [7].

### 4.1.3 SIM

Pro připojení SIM karty k modulu je nutno použít vhodnou čtečku s držákem, která musí obsahovat detekční spínač SIM karty. Signál CCIN slouží k detekování přítomnosti SIM karty v držáku. Další informace o principech zapojení v kapitole 3.2, [7] a Příloha G.

### 4.1.4 Sériové rozhraní ASC0

Sériové rozhraní ASC0 slouží pro základní komunikaci modulu s PC. Pro připojení ke standardní sběrnici RS232 je nutno použít vhodný převodník napěťových úrovní. Bližší popis v kapitole 3.3 a v [7].

### 4.1.5 Sériové rozhraní USB

Sériové rozhraní USB slouží pro komunikaci modulu s PC. Použité USB rozhraní je založeno CDC ACM v1.1 podle USB fóra viz [9]. Vstupně výstupní piny rozhraní USB jsou schopny pracovat se signálem o minimální úrovni 3V, běžně jsou určeny pro 5V logiku. Napájecí pin VUSB je možno použít i pro napájení samotného modulu XT65. Bližší popis v kapitole 3.3 a v [7].

### 4.1.6 GPS a GSM antény

Anténní konektory (zásuvky) pro GSM i GPS jsou na modulu XT65 typu U.FL-R-SMT (Obr.4.2), případně též vyvedeny na DPS v podobě tzv. solder pad. U.FL-R má impedanci  $50\Omega$ , viz. [7]. Pro připojení antén mající klasické RF konektory SMA je tak nutno použít kabelovou redukci s vidlicí U.FL-LP (Obr.4.3). Jsou použity antény s konektorem SMA.



Obr. 4.2 U.FL-R-SMT, zásuvka  
(převzato z [7])



Obr. 4.3 U.FL-LP-040, vidlice (převzato z [7])

#### 4.1.6.1 GSM anténa

GSM SPECIFIKACE	
Frekvenční rozsah [MHz]	850/900/1800/1900
Vyzařovací úhel [ °]	H-300°; V-30°
Polarizace	vertikální
Zisk	2.5 dB
VSWR	<1,8 : 1
Impedance	50 Ω
Maximální výkon	10 W
MECHANICKÉ SPECIFIKACE	
Konektor	SMA(m)
Kabel	RG174/U
Délka kabelu [m]	3
Provozní teplota [°C]	- 30 to +90 °C
Skladovací teplota [°C]	-40 to +95 °C
Rozměry [mm]	140 x 28 x 14,3

4.1 Specifikace použité antény GSM.

Délka kabelu **RG174/U** je 3m.

Útlum kabelu na kmitočtu 900MHz je 87dB/100m tedy pro 3m je útlum  $87/100 \cdot 3 = 2,61$ dB.

Na kmitočtu 1800MHz je útlum 140dB/100m, pro 3m tedy 4,2dB.

#### 4.1.6.2 GPS a GSM kabelová VF redukce (U.FL(f) – SMA(f))

LP-088, kabel Hirose U.FL088, délka 10cm. Utlum propojky dle výrobce je max. 0,8dB.

#### 4.1.6.3 GPS anténa

GPS SPECIFIKACE	
Frekvenční rozsah	1575,42 MHz
Polarizace	R.H.C.P
Zisk (bez kabelu)	30 dB typ
Čistý zisk (se ztrátou kabelu)	22,5 dB typ.
Šumové číslo	1,5 dB typ.
Útlum	20 dB min
VSWR	< 2,0 : 1
Impedance	50 Ω
Axial Ratio	1.0 dB typ.
LNA napájecí proud	9 mA DC - 23 mA DC
LNA napájecí napětí	+2,7 V DC to +5,5 V DC
MECHANICKÉ SPECIFIKACE	
Konektor	SMA(m)
Kabel	RG174/U
Délka kabelu [m]	5
Provozní teplota [°C]	-40 to +90 °C
Skladovací teplota [°C]	-40 to +95 °C
Rozměry [mm]	45 x 45 x 14

4.2 Specifikace použité antény GPS.

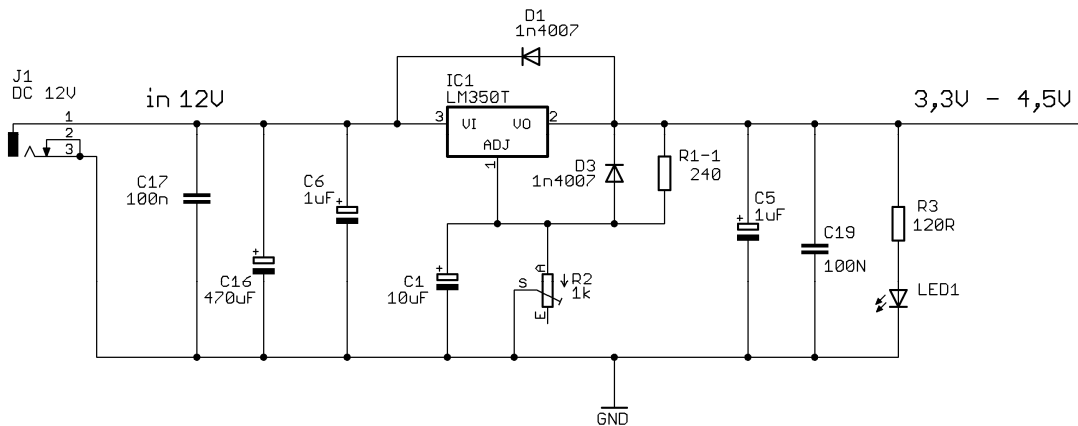
## 5 Konstrukce

Celé zařízení je složeno ze dvou desek plošného spoje. Tak aby bylo možné připojení modulu k PC a jeho ovládání a programování. Hlavní část, ke které se přímo připojuje samotný modul XT65 pomocí 80-ti pinového konektoru Molex, obsahuje dále všechny nezbytné řídicí obvody umožňující zapnutí modulu, dva napájecí zdroje a na desce jsou také vyvedeny některé z vybraných vývodů, jako jsou např. sériové rozhraní ASC0, USB, 2 GPIO, IGT, PWR\_IND. Hlavní deska je schopná pracovat samostatně bez druhé desky, pouze po připojení napájecího napětí a antén GPS/GSM a po vložení SIM karty. Druhá deska obsahuje jeden napájecí zdroj, převodník úrovní na RS232, konektory USB a RS232 a další řídicí obvody. Dále popíší jednotlivé obvody v zapojení a jejich funkci.

### 5.1 Napájecí zdroj pro lokalizační zařízení

Podle principů popsaných v kapitolách 3.1 a 4.1.1 jsem navrhl napájecí zdroj skládající se ze třech nastavitelných lineárních regulátorů napětí. Každý je použit pro napájení rozdílných částí systému. Vstupním napětím celého systému je 12V DC schopných dodat špičkově až 2A.

Hlavní napájecí zdroj je tvořen nastavitelným lineárním stabilizátorem LM350, který poskytuje proud do zátěže až 3A. Je použito katalogového zapojení umožňující pomocí potenciometru nastavovat výstupní napětí podle vztahu (5.1) viz.[12]. Při použití tohoto řešení zdroje dochází k výraznému zahřívání stabilizátoru.



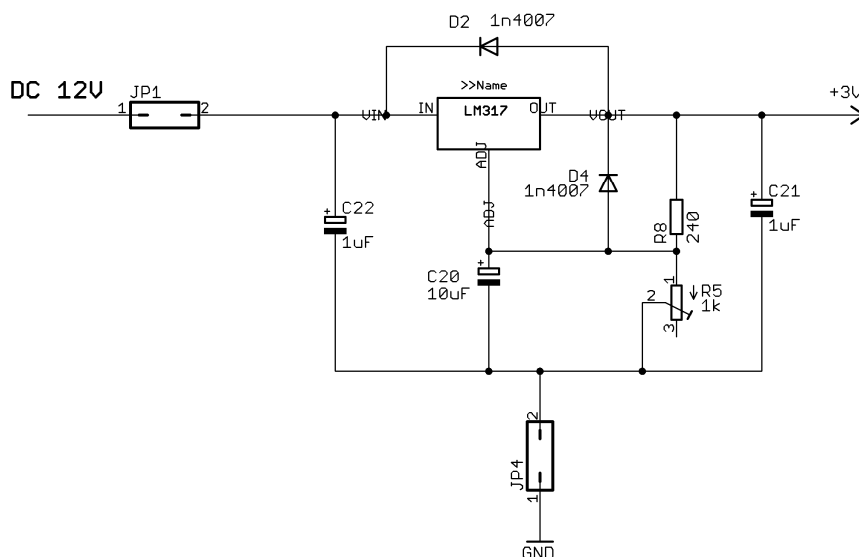
Obr.5.1 Hlavní napájecí zdroj

$$V_{OUT} = V_{REF} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_{1-1}}\right) + I_{ADJ} \cdot R_2$$

$$V_{REF} = 1,25V \quad I_{ADJ} = 50 \mu A \quad (5.1)$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{V_{OUT} - V_{REF}}{\frac{V_{REF}}{R_{1-1}} + I_{ADJ}} = \frac{3,9 - 1,25}{\frac{1,25}{240} + 50 \cdot 10^{-6}} = 508,3 \Omega$$

Napájecí zdroj pro řídicí a signalizační obvody je tvořen katalogovým zapojením nastavitelného lineárního stabilizátoru LM317, jehož maximální proud dodávaný do zátěže může být 1,5A, detailní popis integrovaného obvodu viz [13]. Tento zdroj je umístěn na hlavní desce a je primárně určen pro napájení řídicích a kontrolních obvodů, jako je PWR\_IND. Hodnota výstupního napětí (vzorec (5.2)) se určuje podle stejného vztahu jako v předchozím případě (5.1).



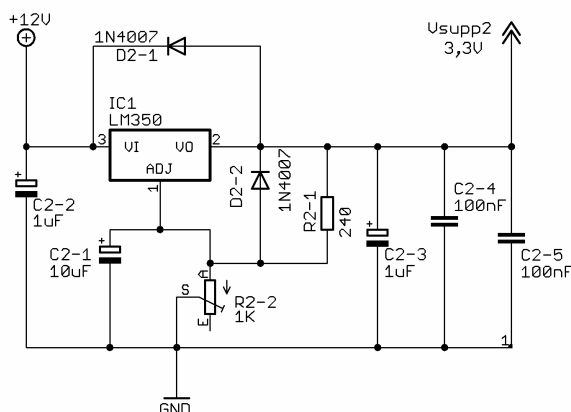
Obr.5.2 Napájecí zdroj pro řídicí a kontrolní obvody Hlavní desky

$$V_{OUT} = V_{REF} \cdot \left(1 + \frac{R_5}{R_8}\right) + I_{ADJ} \cdot R_5$$

$$V_{REF} = 1,25V \quad I_{ADJ} = 50 \mu A \quad (5.2)$$

$$\Rightarrow R_5 = \frac{V_{OUT} - V_{REF}}{\frac{V_{REF}}{R_8} + I_{ADJ}} = \frac{3 - 1,25}{\frac{1,25}{240} + 50 \cdot 10^{-6}} = 335,9 \Omega$$

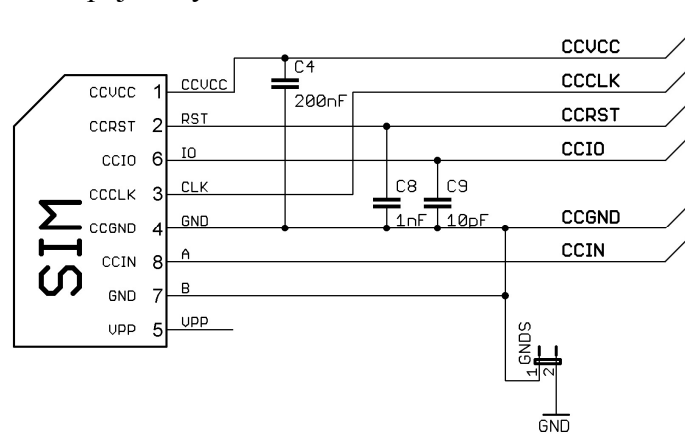
Posledním napěťovým zdrojem systému je zdroj pro externí periferie, jako je například převodník napěťových úrovní pro RS232. Je umístěn na druhé desce s konektory. Jedná se opět o katalogové zapojení lineárního stabilizátoru LM350. Výstupní napětí je dáno obdobným způsobem jako ve vzorci (5.2) a (5.1).



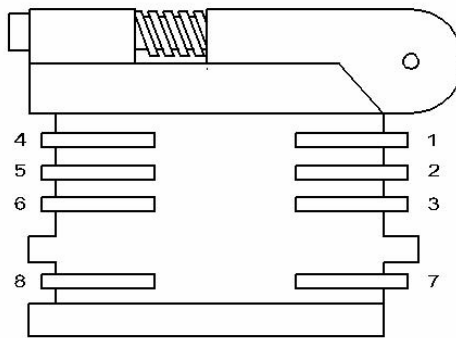
Obr.5.3 Napájecí zdroj pro řídicí a kontrolní obvody desky konektory

## 5.2 SIM

Při návrhu obvodu čtečky SIM jsem dodržoval zásady popsané v kapitolách 3.2 a 4.1.3, více pak v [7]. Aby byla dodržena podmínka minimální možné délky vodičů je držák SIM karty umístěn na hlavní desce co nejbližší 80-ti pinového konektoru molex. Zapojení respektuje doporučené zapojení výrobce viz Příloha D.



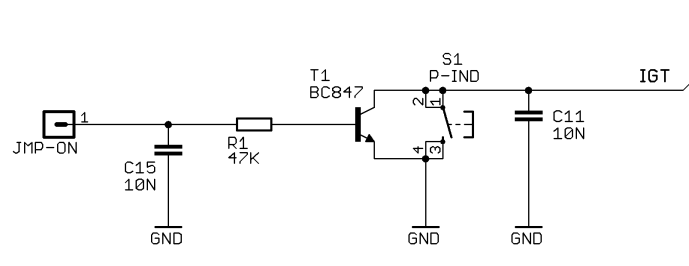
Obr.5.4 Zapojení čtečky SIM



Obr.5.5 Čtečka SIM karty

## 5.3 Spouštěcí obvod IGT

Podle podmínky v kapitole 3.1.2 a 4.1.2 a v literatuře [7] je signál IGT řízen běžným tranzistorem BC847 s otevřeným kolektorem. Uvedení tohoto signálu do nízké úrovně je možno buď tlačítkem S1 jehož případné zákmity koriguje kondenzátor C11, nebo připojením napětí na JMP-ON.



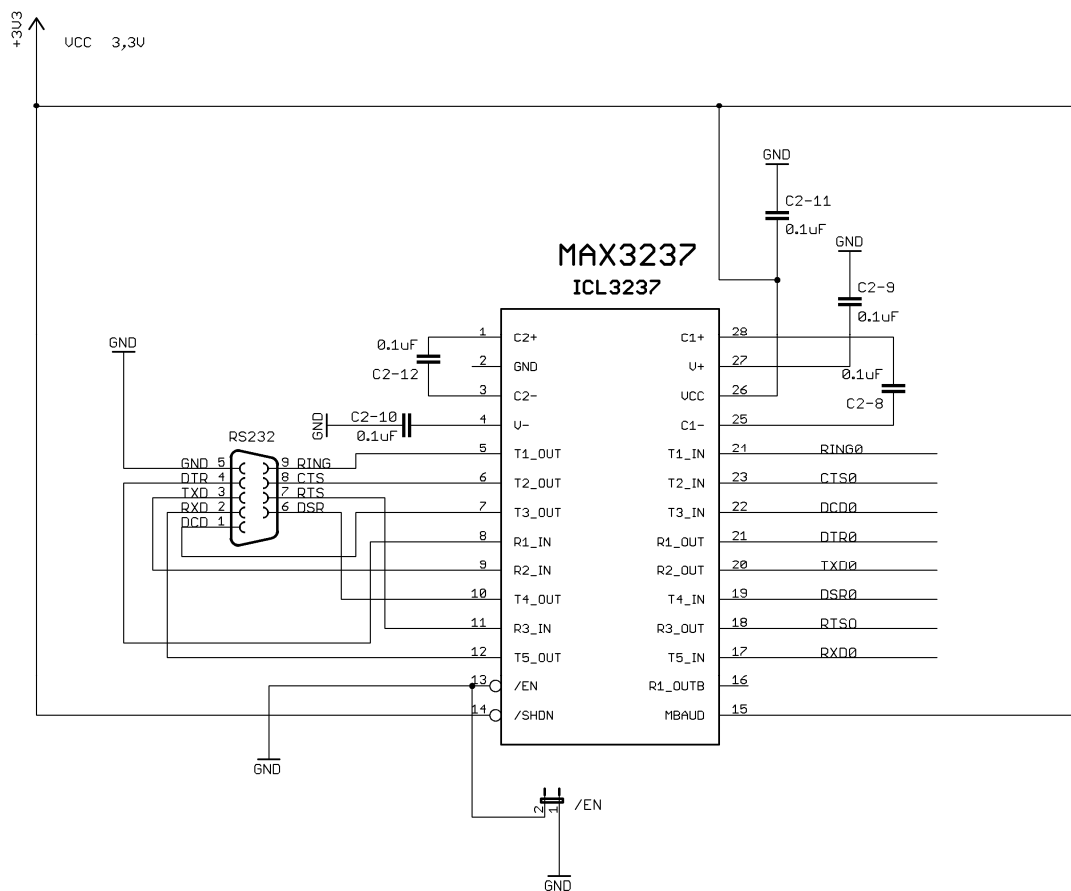
Obr.5.6 Spouštěcí obvod

## 5.4 Sériové rozhraní ASC0

Pro převod osmi signálů sériového rozhraní ASC0 modulu XT65 na úroveň kompatibilní se standardem RS232, jsem použil transceiver MAX3237. Je zapojen podle katalogového zapojení viz.[14], napájecí napětí je 3,3V čemuž odpovídá volba hodnot připojených kondenzátorů. Připojením vývodu MBAUD na napájecí napětí poskytuje tento obvod přenosovou rychlost až 1Mbps. K propojení s hlavní deskou je použito 8 pinů z 10-pinové lišty ASC0, propojení této lišty s rozhraním ASC0 modulu XT65 je popsáno níže.

Vývody lišty USB	Rozhraní ASC0
1, 2	TXD0
3, 4	RXD0
5, 6	RING0
7, 8	DSR0
9, 10	RTS0
11, 12	DTR0
13, 14	CTS0
15, 16	DCD0

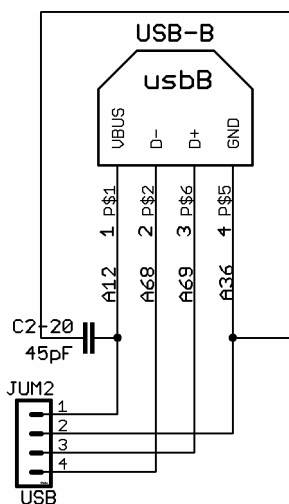
5.1. Sériové rozhraní ASC0, propojení XT65 s konektorovou lištou



Obr.5.7 Převodník napětíových úrovní RS232

## 5.5 Sériové rozhraní USB

Pro připojení modulu není potřeba žádný další integrovaný obvod a USB konektor je tak možno připojit přímo k vývodům modulu popsaným v kapitole 3.4 a 4.1.5. K připojení je použita standardní zásuvka konektoru USB B, která je umístěna na desce s konektory. K propojení s hlavní deskou je použit 4-pinová lišta, propojení této lišty s vývody zásuvky konektoru USB je popsáno níže.



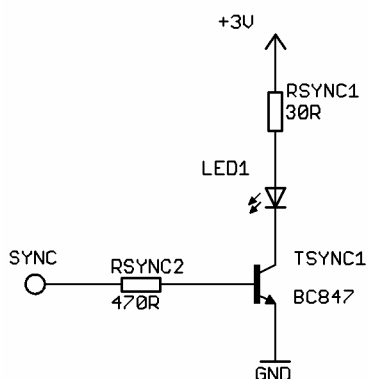
Obr.5.9 Zapojení konektoru USB

Vývody lišty USB	Konektor USB B	
A	2	D-
B	3	D+
C	4	GND
D	1	VCC

5.2. Sériové rozhraní USB, propojení XT65 s konektorovou lištou

## 5.6 Indikační signál SYNC

Pro možnost sledování změny operačního stavu modulu na indikační LED diodě, je zapojen obvod na Obr.5.10, který je připojen na vývod SYNC konektoru modulu XT65. Signál SYNC se připojuje na napájecí napětí 3V na liště SUPP\_2, SYNC signál je připojen na jumper SYNCC. Více o popisu SYNC signálu v kapitole 3.5.



Obr.5.10 Zapojení signalizační LED SYNC

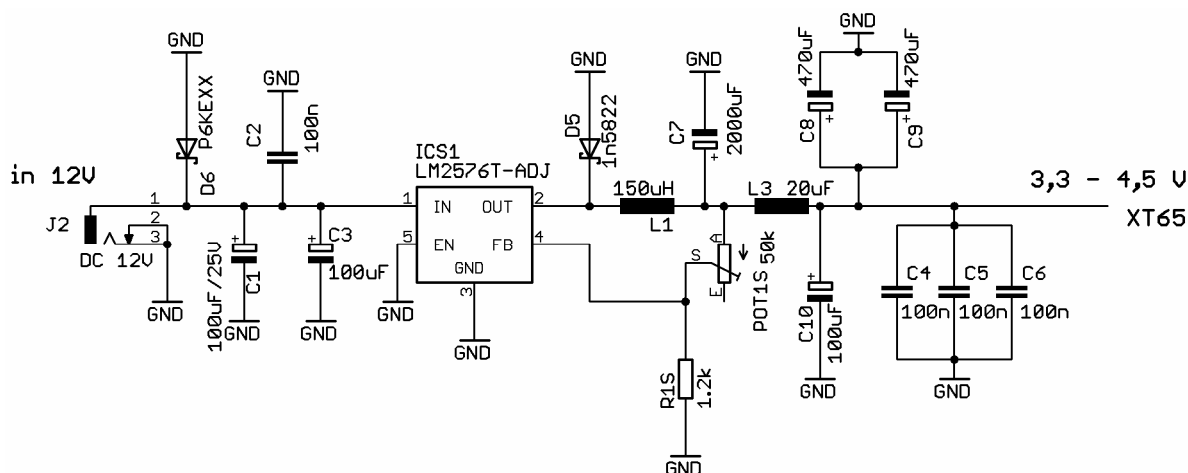
$$R_{\text{SYNC1}} = \left( \frac{U_{+3V} - U_{\text{LED}}}{I_{\text{LED}}} \right)$$

$$R_{\text{SYNC1}} = \left( \frac{3 - 2,3}{20 \cdot 10^{-3}} \right) = 35\Omega \quad (5.3)$$

## 5.7 Ekvivalentní spínaný zdroj

Další možnost napájení hlavní části je použití spínaného zdroje. Návrh takového zdroje je na Obr.6.0. Spínaný stabilizátor napětí LM2576T-ADJ poskytuje maximální proud až 3A a rozsah výstupních napětí 1,2 – 37V nastavitelných pomocí odporového děliče POT1S, R1S.

Zapojení je dle katalogového listu [15] a dle doporučení pro návrh spínaného zdroje pro modul XT65 [10].



Obr.5.11 Zapojení spínaného napájecího zdroje pro napájení modulu XT65

Takto navržený zdroj poskytuje výhodu z tepelného hlediska, neboť při použití lineárního stabilizátoru dochází k vyššímu zahřívání. Aby bylo spínané napětí dostatečně vyhlazeno je dle [10] nutné zařadit na výstup, ale i na vstup vhodný filtr.

## 5.8 Celkové zapojení hlavní části s modulem XT65

Schéma zapojení viz. Příloha J.

Celé zařízení je koncipováno tak, aby bylo velice variabilní a umožnilo testování, proto jsou vyvedeny základní signály obvodu a jsou použity konektorové lišty jak pro napájení tak pro jednotlivé signály. Napájení samotného modulu je vyvedeno na lišty VCC(XT65) a GND(XT65), obě tyto lišty musejí být propojeny aby bylo přivedeno napájecí napětí na modul XT65. Vstupní 12V napětí je vyvedeno na lištu JUM7 a zem na JUM2. Přívod vstupního 12V napětí k druhému napájecímu zdroji IC2 (kapitola 5.1) je prostřednictvím jumperu JP1 a uzemnění JP4, oba musejí být propojeny. Výstupní napětí tohoto zdroje IC2 je vyvedeno na lištu SUPP\_2. Jumpery JP2 a JP3 slouží pro připojení pull-up rezistoru R4 k signálu PWR\_IND(kapitola 4.1.2, literatura [7]), oba musejí být propojeny. Signály sériového rozhraní ASC0 jsou vyvedeny na piny 1 až 8 lišty ASC0, na pin 9 je přiveden signál EMRG\_RST [7] a na pin 10 signál IGT kapitola 5.3 a [7]. Rozhraní USB je vyvedeno na lištu USB, přesný popis jednotlivých vývodů v kapitole 5.5. Dále jsou vyvedeny signály: SYNC na jumper SYNCC, dva GPIO 7 a 8 na JMP-GPIO, VEXT na jumper VEXT a signály pull-up na jumper PULLUP. Jumper GNDS nesmí být zapojen. Připojení antén GPS a GSM

je provedeno pomocí dvou 10cm dlouhých VF kabelových redukci U.FL(f) / SMA(f), k nimž se pak připojují externí antény GPS/GSM s konektorem SMA(m).

## 5.9 Celkové zapojení druhé desky s konektory

Schéma zapojení viz. Příloha Q.

Napájení lineárního stabilizovaného zdroje LM350 značeného IC2-1 je 12V a je přiváděno z hlavní desky drátovou propojkou na lištu IN\_12V. Spojení zemí obou desek je realizováno drátovou propojkou na lištu JUM-GND. Výstupní napětí obvodu IC2-1 je přivedeno na lištu JUM-3,3. Napájení obvodu MAX3237 je nutno přivést na lištu JUM-VCC, toto napájení musí mít hodnotu 3,3V viz. kapitola 5.4.

Aby byla zajištěna správná funkčnost je nutno zajistit následující. Napětí 12V DC musí být připojeno na lištu IN\_12V, zem pak musí být připojena na lištu JUM-GND. Jumper /EN musí být propojen aby byl obvod MAX3237 spojen se zemí. Jeden z jumperů JUM6 a JUM8 musí být propojen, aby byl konektor RS232 uzemněn.

Tato druhá deska není k samotné lokalizační funkci zařízení potřeba. Je ovšem nutná k propojení modulu s počítačem.

## 6 Software

Modul XT65 k ovládání svých funkcí nepotřebuje externí řídicí mikroprocesor. Uživatelská aplikace je spouštěna automaticky po zapnutí přímo z modulu. Programovací jazyk modulu je JAVA ME [11], pro ladění je použito sériové rozhraní RS232. Ovládání funkcí modulu je realizováno prostřednictvím AT příkazů (USB i RS232) [8].

### 6.1 AT příkazy

Modul XT65 využívá standardní sadu AT příkazů ETSI GSM 07.07 (3GPP TS 27.007) a ETSI GSM 07.05 (3GPP TS 27.005) [6], [8] a Příloha A.

Řízení AT příkazy je možné buď přímo prostřednictvím sériového rozhraní pomocí terminálu nebo je možné je implementovat do aplikace v jazyce Java. Jsou používány 4 základní typy příkazů: testovací se syntaxí AT+CXXX=?, čtecí se syntaxí AT+CXXX?, zapisovací se syntaxí AT+CXXX=<...> a exekuční se syntaxí AT+CXXX. Bližší popis viz. [8]. Kompletní seznam s popisem všech použitelných AT příkazů je v lit.[8]. Pomocí AT příkazů je možné ovládat veškeré funkce modulu(HTTP, SMS, GPRS, GPS, SMTP...)

Otestoval jsem a celou řadu příkazů abych ověřil správnou funkci sestaveného zařízení. Pro ukázkou příkládám příklad monitorování dostupných buněk příkazem AT^SMONC.

Odeslaný exekuční příkaz:

```
AT^SMONC
```

Odezva:

```
^SMONC: 230,01,253A,A405,50,58,38,33,33,
230,01,253A,9F98,57,29,26,21,21,
230,01,253A,FFFF,10,76,21,16,16,
230,01,253A,A404,50,75,19,14,14,
230,01,253A,FFFF,46,102,17,12,12,
230,01,253A,9F96,57,77,16,11,11,
230,01,253A,A594,37,107,13,8,8
```

```
OK
```

Popis příkazu AT^SMONC [8]. Zobrazí informace o servisní buňce a až o sedmi sousedních buňkách.

```
^SMONC: <MCC>1, <MNC>1, <LAC>1, <cell>1, <BSIC>1, <chann>1, <RSSI>1, <C1>1,
<C2>1,
<MCC>2, <MNC>2, <LAC>2, <cell>2, <BSIC>2, <chann>2, <RSSI>2, <C1>2,
<C2>2, ...
```

<MCC> - Mobile country code (Kód země)  
<MNC> - Mobile network code (Kód sítě)  
<LAC> - Location area code (Kód oblasti v hexadecimálním formátu)  
<cell> - Cell identifier (CI v hex. formátu)  
<BSIC> - Base station identity code (identifikace základnové stanice)  
<chann> - ARFCN  
...(více viz. [8])

## 6.2 Java

Základní používaná platforma Javy v modulu XT65 je Java ME (J2ME) v konfiguraci CLDC 1.1 HI a IMP-NG [11] a Příloha A. Používá profil MIPD.

Pro vývoj aplikací v Javě na PC ve vhodném IDE je poskytován nástroj SMTK, který se slouží jako emulátor pro modul XT65, více [11]. XT65 obsahuje celou řadu API pro ovládání dostupných funkcí, např. implementace AT příkazů, ovládání rozhraní, práce se soubory atd.. Základní Java aplikace používaná v XT65 MIPD profilu je MIDlet. Pro získávání hodnot ze sítě potřebných pro lokalizaci je využívána možnost implementace AT příkazů [11], AT příkazy tak jde i v Javě kompletně ovládat činnost modulu. Je zde ovšem nutné správně řídit chod aplikace.

K implementaci AT příkazů do jazyka Java dle [11] je zapotřebí použít správnou třídu. Následující příklad není funkční, jde jen o segmenty kódu.

```
import com.siemens.icm.io.ATCommand; //Třída pro AT příkazy.
/*Umožňuje jednoduše posílat řetězce do zařízení*/

try {
    // Vytvoření instance ATCommand.
    ATCommand atc = new ATCommand(false);
}
catch (ATCommandFailedException e)
```

```

    {
        System.out.println(e);
    }

String odezva = atc.send("AT^SGPSS?\r"); /* Řetězec příkazu musí*/
                                     /* být zakončen znakem /r. */
                                     /* Odešle řetězec přímo do zařízení. */
                                     /* Vrací odpověď na poslaný AT příkaz.*/

System.out.println(odezva);          /* Výpis odezvy na AT příkaz. */

```

## 6.2.1 Java – řídicí program modulu XT65

Vytvořený řídicí program modulu XT65 je primárně tvořen třemi vlákny. Hlavní třída `xt65Midlet` je potomkem třídy `MIDlet` (`javax.microedition.midlet.MIDlet`) a tvoří hlavní vlákno aplikace. Pro přechod do aktivního stavu je volána metoda `startApp()`. V této metodě je provedena průvodní inicializace programu (nastavení signalizačního signálu SYNC, nastavení přístupového bodu pro připojení GPRS, nastavení módu přijímače GPS, ověření připojení k GPS/GSM) a dále je pak spuštěno řídicí vlákno třídy `mainT`, které obsahuje nekonečnou smyčku a dále řídí běh celého programu. Smyčka obsahuje dvě základní části: `task` třídy `task1` (navazuje spojení se sítěmi GPS/GSM) a vlákno třídy `ThP` (řídí sběr lokalizačních dat a jejich posílání do sítě Internet). Pokud je jedna ze sítí GPS/GSM nedostupná, nebo ještě nedošlo ke správnému spojení je spuštěn `task` třídy `Task1`, který se opakovaně pokouší o navázání spojení s nepřipojenou sítí. Pokud byly obě sítě správně připojeny je ukončen běh `tasku` `Task1`. V řídicím vlákně třídy `mainT` je následně spuštěno vlákno `myThP` třídy `ThP`. Toto vlákno obsahuje smyčku, ve které jsou přijímány a tříděny získané informace ze sítě s níž bylo navázáno patřičné spojení. Tato data jsou dále posílá prostřednictvím sítě Internet na server na kterém jsou zpracovány PHP skriptem a ukládány do databáze MySQL, více o zpracování na serveru viz. kapitola 6.3. Pokud budou obě sítě neustále registrovány poběží lokalizační vlákno `myThP` v nekonečné smyčce. V případě, že bude spojení navázáno pouze s jednou sítí, provede se 6 cyklů lokalizační smyčky a pak je běh předán opět vlákně `MainT`, ve kterém je spuštěn opět `Task1`. Pokud není navázáno spojení se sítí GSM, ale jen se sítí GPS jsou poslední přijaté GPS souřadnice uloženy do souboru na vnitřní Flash paměti modulu.

### Odesílaná lokalizační data sítě GSM :

- servisní BTS: `cid`(cell identity), `lac`(local area code), `Ureal`(úroveň přijatého signálu) `TA`(Timing advance),
- Sousední BTS: `cid`(cell identity), `lac`(local area code), `Ureal`(úroveň přijatého signálu)

Informace o sousedních BTS je posílána jako jeden samostatný řetězec, který je dále rozdělen na serveru PHP skriptem.

### Odesílaná lokalizační data sítě GPS :

- `lat`(zeměpisná šířka), `lon`(zeměpisná délka), `UTCgps`(čas odebrání GPS souřadnic), `datum`(datum odebrání GPS vzorku),

Bližší popis funkce vytvořeného programu (popis všech tříd a metod) je k dispozici v dokumentaci vytvořené nástrojem `javadoc`. Je ve formátu html stránek a spouští se souborem `index.html`.

## 6.3 PHP – skript zpracování dat na serveru

Data odeslaná z modulu XT65 prostřednictvím GPRS do sítě Internet jsou zpracována na serveru Apache pomocí PHP skriptu a uložena do databáze mySQL. Zpracování dat zahrnuje výpočet přibližné vzdálenosti od BTS pomocí technik TA a RxLev popsaných v kapitole 2.2 a 6.3.2, dále jsou na základě hodnot LAC a CID vyhledány polohy příslušných BTS v databázi btsdb, jejichž identifikační údaje (LAC, CID, MNC, MCC) byly poslány modulem. Kompletní soubor lokalizačních dat je pak ukládán do tabulek xt65\_data a neibrbts v databázi xt65\_lokalizace.

### 6.3.1 Struktura databáze mySQL

Pro chod programu jsou vytvořeny dvě samostatné databáze: btsdb (slouží pouze pro načítání poloh BTS) a xt65\_lokalizace (pro ukládání získaných lokalizačních dat). Databáze btsdb obsahuje jen jednu tabulku s uloženým seznamem poloh BTS, ve které se hledá příslušná BTS. Databáze se seznamem BTS byla stažena z internetu. Obsahuje CID v desítkové soustavě, CID v šestnáctkové soustavě, LAC v desítkové soustavě, číslo kanálu na kterém daná buňka pracuje, zkratku okresu němž se BTS nachází a umístění (adresu) BTS. Databáze xt65\_lokalizace obsahuje dvě tabulky: xt65\_data pro ukládání souřadnic z GPS a informace o servisní BTS, druhou neibrbts pro ukládání informací o sousedních BTS.

Do tabulky xt65\_data v databázi xt65\_lokalizace se ukládají informace o servisní BTS a data z GPS přijímače. Kompletní seznam všech polí v tabulce xt65\_data je vypsán níže.

#### Databáze: xt65 lokalizace.

##### Tabulka: xt65\_data.

- key** - Univerzální klíč každého vkládaného záznamu. Je automaticky inkrementován při vložení nového záznamu a slouží pro identifikaci sousedních BTS v tabulce neibrbts.
- cid** - CID servisní BTS v desítkové soustavě.
- lac** - LAC servisní BTS v desítkové soustavě.
- Ureal** - Naměřená hodnota přijímaného signálu v dBm.
- R** - Poloměr kružnice určující vzdálenost mezi MS a BTS pro **střední města**.
- Rsu** - Poloměr kružnice určující vzdálenost mezi MS a BTS pro **předměstskou oblast**.
- Rfl** - Poloměr kružnice určující vzdálenost mezi MS a BTS pro **nezastavěnou oblast**.
- TA** - Naměřená hodnota TA modulem xt65 (0-63).
- rTA** - Poloměr kružnice určující vzdálenost mezi MS a BTS určený z hodnoty TA.
- Datum** - Datum odebrání vzorku, získaný z GPS.
- UTCgps-** Místní čas odebrání vzorku, získaný z GPS.
- lat** - Zeměpisná šířka získaná z GPS (formát : 49.2145205N ) písmeno na konci určuje severní(N) nebo jižní (S) polokouli
- lon** - Zeměpisná délka získaná z GPS (formát : 016.6016015E) písmeno na konci určuje východní(E) nebo západní (W) polokouli
- Umístění-** Poloha (adresa s popisem umístění) BTS načtená z tabulky seznambts v databázi btsdb (uchovává polohy všech BTS)

### Tabulka: neibrbts.

- klíč** - Univerzální klíč identifikující ke kterému záznamu v tabulce xt65\_data (parametr key) patří vložené prvky ( lokalizační data sousedních BTS).
- cellid** - CID sousední BTS v desítkové soustavě.
- locAreaCode** - LAC sousední BTS v desítkové soustavě.
- RxLevel** - Naměřená hodnota přijímaného signálu v dBm.
- Rs1** - Poloměr kružnice určující vzdálenost mezi MS a BTS pro **střední města**.
- Rsu1** - Poloměr kružnice určující vzdálenost mezi MS a BTS pro **předměstskou oblast**.
- Rfl** - Poloměr kružnice určující vzdálenost mezi MS a BTS pro **nezastavěnou oblast**.
- Poloha**- Poloha (adresa s popisem umístění) BTS načtená z tabulky seznambts v databázi btsdb (uchovává polohy všech BTS)

### Databáze: btsdb.

#### Tabulka: seznambts.

- CID** - CID BTS v desítkové soustavě.
- HEX** - CID BTS v šestnáctkové soustavě.
- LAC** - LAC BTS v desítkové soustavě.
- BCH** - Broadcast channel
- Datum**- Datum vytvoření záznamu v databázi.
- Okr** - Zkratka okresu (2 písmena).
- Umístění**- Poloha (adresa s popisem umístění) BTS.

## 6.3.2 Výpočet oblasti poloh MS

### 6.3.2.1 Technika TA (Timing advance)

Pro výpočet polohy je použit vzorec (2.1) viz. kapitola 2.2.2. Podle tohoto vztahu je krok určování polohy 550m. Pokud je tedy přijatá hodnota  $TA=0$  nebo  $TA=1$  je poloha možného výskytu stanovena kruhem s poloměrem 550m a středem v místě BTS.

### 6.3.2.2 Technika RxLev (Okumura-Hata)

Tato technika využívá hodnot naměřené úrovně signálu a empirického modelu šíření Okumura-Hata[18]. Dle [18] je Okumura-Hata model možno aplikovat pokud jsou splněny následující podmínky:

- Kmitočet signálu v rozmezí,  $f = 150\text{MHz}$  až  $1500\text{MHz}$ .
- Vzdálenost mezi BTS a MS,  $R = 1$  až  $20$  km.
- Výška antény MS,  $h_m = 1$  až  $10$  m.
- Výška antény BTS,  $h_b = 30$  až  $200$  m.

Model využívá rozdílné způsoby výpočtu pro různá prostředí (velké město, malé město, předměstí a nezastavěnou oblast).

Výpočet útlumu šíření podle empirického modelu Okumura-Hata:

$$L_{OH} = A + B \cdot \log(R) - a(h_m) + c, \quad (6.1)$$

Kde A a B jsou parametry stejné pro všechna prostředí

$$A = 69,55 + 26,16 \cdot \log(f) - 13,82 \cdot \log(h_b), \quad (6.2)$$

$$B = 44,9 - 6,55 \cdot \log(h_b). \quad (6.3)$$

Zbývající parametry podle prostředí:

- **Nezastavěná oblast**

$$a(h_m) = (1,1 \cdot \log(f) - 0,7) \cdot h_m - (1,56 \cdot \log(f) - 0,8), \quad (6.4)$$

$$C = -4,78 \cdot (\log(f))^2 + 18,33 \cdot \log(f) - 40,94. \quad (6.5)$$

- **Předměstská oblast**

$$a(h_m) = (1,1 \cdot \log(f) - 0,7) \cdot h_m - (1,56 \cdot \log(f) - 0,8), \quad (6.6)$$

$$C = -2 \cdot (\log(f/28))^2 - 5,4. \quad (6.7)$$

- **Střední města**

$$a(h_m) = (1,1 \cdot \log(f) - 0,7) \cdot h_m - (1,56 \cdot \log(f) - 0,8), \quad (6.8)$$

$$C = 0.$$

- **Velká města**

$$a(h_m) = 8,29(\log(1,54 \cdot h_m))^2 - 1,1 \quad \text{pro } f \leq 400\text{MHz}, \quad (6.9)$$

$$a(h_m) = 3,2 \cdot (\log(11,75 \cdot h_m))^2 - 4,97 \quad \text{pro } f \geq 400\text{MHz}, \quad (6.10)$$

$$C = 0.$$

Příklad výpočtu vzdálenosti pomocí modelu Okumura-Hata pro předměstskou oblast.  
Kmitočet signálu  $f=900\text{MHz}$ ,  $h_m=2$ ,  $h_b=30$ ,  $L_{OH}=87\text{dB}$ .

Nejdříve upravím vzorec (6.1) do patričné podoby pro výpočet vzdálenosti:

$$L_{OH} = A + B \cdot \log(R) - a(h_m) + c \quad \Rightarrow$$

$$R = 10^{\frac{L_{OH} - A + a(h_m) - c}{B}}. \quad (6.11)$$

Parametry A a B viz. vzorce (6.2) a (6.3) :

$$\begin{aligned} A &= 69,55 + 26,16 \cdot \log(f) - 13,82 \cdot \log(h_b) \\ &= 69,55 + 26,16 \cdot \log(900) - 13,82 \cdot \log(30), \\ &= 126,4192 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= 44,9 - 6,55 \cdot \log(h_b) = 44,9 - 6,55 \cdot \log(30) \\ &= 35,2249 \end{aligned}$$

Parametry  $a(h_m)$  a  $C$  pro předměstskou oblast viz. vzorce (6.6) a (6.7) :

$$\begin{aligned} a(h_m) &= (1,1 \cdot \log(f) - 0,7) \cdot h_m - (1,56 \cdot \log(f) - 0,8) \\ &= (1,1 \cdot \log(900) - 0,7) \cdot 2 - (1,56 \cdot \log(900) - 0,8), \\ &= 1,2907 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= -2(\log(f / 28))^2 - 5,4 \\ &= -2 \cdot (\log(900 / 28))^2 - 5,4 . \\ &= -9,9426 \end{aligned}$$

A dále pak dosazením vypočtených parametrů  $A$ ,  $B$ ,  $a(h_m)$  a  $C$  do vzorce (6.11), získáme přibližnou vzdálenost MS (poloměr kružnice se středem v místě BTS na níž ne nachází MS)  $R=158m$ .

$$\begin{aligned} R &= 10^{\frac{L_{OH} - A + a(h_m) - C}{B}} = 10^{\frac{70 - 126,4192 + 1,2907 - (-9,9426)}{35,2249}} = 10^{-1,4939} \\ R &= 0,158km = 158m \end{aligned}$$

Problém v předchozím případě nastává při stanovení hodnoty útlumu přijatého signálu. K dispozici totiž nemáme vysílanou úroveň signálu od BTS, ale jen změřenou úroveň přijatého signálu  $U_{real}[dBm]$ . K této hodnotě je ještě třeba započítat zisk antény a útlum kabelů (viz kapitola (4.1.6). Pro kmitočet  $f=900MHz$  je výsledný útlum anténní soustavy  $2,5dB-2,61dB-0,8dB=0,91dB$ . Pro kmitočet  $f=1800MHz$   $2,5dB-4,2dB-0,8dB=2,5dB$  o tuto hodnotu je pak následně potřeba zvýšit úroveň přijatého signálu. Pokud tedy modul změří úroveň signálu např.  $U_{real}=-73dBm$  je po přepočtu na dB úroveň signálu  $U_{rdB}=-103dB$ , pokud budu uvažovat jako referenční hodnotu úroveň  $0dB$  mohu stanovit útlum přijatého signálu na hodnotu  $U_{loss}=103dB$ , od této hodnoty dále pak odečtu útlum vlivem kabelů( $2,61dB$ ) a přívodů ( $0,8$ ) a ještě přičtu zisk antény( $2,5dB$ )  $\Rightarrow U_{ls} = 103-2,61-0,8+2,5=102,1dB$ . Tuto hodnotu pak dosadím do vzorce (6.11) a vypočtu vzdálenost (přesněji řečeno poloměr kružnice na níž je stanovený útlum  $U_{ls}$ ).

Je nutno uvážit v jakém prostředí se nacházíme a vhodně tak zvolit parametry vzorce (6.1) empirického modelu. Bohužel realita je taková, že pokud zvolím vhodné prostředí pro šíření např. střední město (hlavní část testování probíhala v Brně), tak model šíření platí pouze v obecném případě. To znamená, nacházím-li se například v přímé viditelnosti se servisní BTS nebo jsem na volném prostranství ( náměstí, parky a jiná zeleň, případně nízká zástavba) dojde k výraznému snížení přesnosti určení poloměru kružnice vymežující oblast možné polohy MS. Pokud uvažuji příklad, kdy jsem stál v parku, v Lužánkách, tak jsem přijímal signál od BTS, které se nacházejí na okraji parku. Pro výpočet O-H modelu v Brně jsem použil parametry definující útlum ve středním městě (kapitola 6.3.2.2, vzorec (6.9)). Útlum v parku není tak velký jako v zástavbě města. Je spíše podobný předměstské oblasti, a proto dochází ke zkreslení vypočtené oblasti poloh. Z tohoto důvodu dochází ke zkreslování vypočtených polohových informací.

## 7 Závěr

Navržený a ozkoušený systém je schopný určovat polohu pomocí získaných souřadnic z družic GPS a také na základě informací o BTS (LAC, CID, TA, RxLev). Tyto informace porovnává s databází poloh BTS, a tak je schopen určovat polohu technikou CI popsanou v kapitole 2.2.1. Přesnost takto určené polohy je ovšem závislá na velikosti buňky. Je vyšší v malých buňkách (městské buňky, microcell, pikocell), naopak ve velkých buňkách je tato metoda nedostačující neboť buňka může mít rozměr i několik desítek km (Umbrelacell). Další metoda, která zvyšuje přesnost určení polohy v síti GSM, a to hlavně ve velkých buňkách mimo město je technika TA viz. kapitola 2.2.2. Pomocí této techniky jsem schopen určit polohu jako mezikruží o šířce 550m se středem v místě servisní BTS a poloměrem určeným vztahem (2.1). V městských oblastech se tato metoda příliš neuplatní, neboť zpoždění signálu zde kvůli rozměrům buněk není tak zásadní. Pro bližší určení polohy MS je možno využít hodnotu úrovně signálu měřenou přijímačem, jak pro servisní tak i pro sousední BTS. Tato metoda, RxLev viz kapitola 2.2.3 využívá empirického modelu šíření Okumura-Hata (viz. kapitola 6.3.2.2) s jehož pomocí vypočítává ze změřené hodnoty úrovně signálu poloměr kružnice, na které se nachází MS. Tento výpočet je realizován pro tři prostředí: střední město, předměstská oblast a nezastavěná oblast. Všechna vypočtená lokalizační data jsou ukládána na Internetový server do mySQL databáze (viz. kapitola 6.3.1).

Měřením jsem zjistil, že určení polohy dosažená v síti GSM nedosahuje přesnosti, kterou poskytuje síť GPS. Je ovšem nutné podotknout, že GPS je navigační systém, u kterého je schopnost určit polohu primární funkcí. Přesnost lokalizace dosažená pomocí systému GPS je přesná a přibližně odpovídá specifikaci modulu XT65 viz. kapitola 3. Ale při pobytu ve stíněné místnosti selhává, neboť dochází ke ztrátě spojení s družicemi. Signál sítě GSM se oproti tomu šíří i v budovách (velká obchodní střediska a podobné domy mívají i vlastní BTS tzv. microcell nebo picocell). V síti GSM je stanovení přesné oblasti v níž se nachází MS složitější. Ze získaných vzdáleností, na základě modelu šíření Okumura-Hata (kapitola 6.3.2.2), mezi MS a několika BTS (jedna servisní a až 5 sousedních BTS) je možné grafickou metodou pomocí kružnic přibližně stanovit oblast výskytu MS, viz příloha T a příloha U. Z přílohy U je vidět, že pokud se MS nachází v místě, které neodpovídá použitému prostředí v Okumura-Hata, modelu dochází ke snížení přesnosti určení polohy. Z tohoto důvodu jsou do mySQL databáze ukládány vypočtené vzdálenosti mezi MS a BTS modelu Okumura-Hata pro prostředí malého města, předměstskou oblast a nezastavěnou oblast.

Vytvořený hardware je prototyp určený hlavně pro testování a snadnou variabilitu zapojení. Proces lokalizace zajišťuje pouze hlavní deska bez nutnosti připojení druhé desky s konektory. Případné další zařízení by bylo mnohem rozměru, neboť by neobsahovalo vývody pro připojení ASC0 a USB a další konektorové lišty pro ovládání signálu modulu XT65. Současně použitý zdroj napětí (lineární stabilizátor napětí) by byl nahrazen spínaným zdrojem navrženým v kapitole 5.7, a také by byl navržen obvod pro napájení akumulátorem.[7] a [10]. Další rozšíření modulu by mohlo být v rozhraní umožňující přijímat a zahajovat GSM hovor. Také by bylo možné k modulu připojit paměťovou kartu.

# LITERATURA

- [1] ŠEBESTA, J. Radiolokace a radionavigace - Prednášky. Brno: Vysoké učení technické v Brně, FEKT, UREL, 2004. s. 1-133. ISBN: 80-214-2482-6.
- [2] KAPLAN, E.D. Understanding GPS: Principles and applications. Norwood: Artech house inc., 1996. 554 s. ISBN: 0-89006-793-7.
- [3] HEINE, G. GSM Networks: Protokols, terminology, and inmpemention. Norwood: Artech house inc., 1999. 416 s. ISBN: 0-89006-471-7.
- [4] HALONEN, T., ROMERO, J., MELERO, J., GSM, GPRS and EDGE Performance : Evolution Towards 3G/UMTS, 2nd ed., England: John Wiley & Sons, Ltd, 2003. 615 s. ISBN 0-470-86694-2
- [5] Siebert, M., Interworking of Wireles and Mobile Network based on Location Information, Aachter : RWTH Aachen University, Department of Communications Networks, 2006. 356 s. ISBN 3-86130-932-7
- [6] XT65 –Cinterion Data Sheet, Siemens, Cinterion, Spolková republika Německo, 2008, URL [http://www.cinterion.com/tl\\_files/cinterion/downloads/datasheet\\_xt65\\_175022.pdf](http://www.cinterion.com/tl_files/cinterion/downloads/datasheet_xt65_175022.pdf)
- [7] XT65/XT75 - Hardware Interface Description, Siemens, Cinterion, Spolková republika Německo, 2007, URL [http://www.cpg.com.tr/File/XT65/28112007031433\\_xt65\\_xt75\\_hd\\_v01001.pdf](http://www.cpg.com.tr/File/XT65/28112007031433_xt65_xt75_hd_v01001.pdf)
- [8] XT65 – AT Command set 01.001, Siemens, Cinterion, Spolková republika Německo, 2007
- [9] XT65 – Application Note 32: Integrating USB into GSM Applications, Siemens, Cinterion, Spolková republika Německo, 2007
- [10] XT65 – Application Note 26: Power Supply Design for GSM Applications, Siemens, Spolková republika Německo, 2006, URL [http://www.wirelessmodules.cz/index.php?doc=downloads&group\\_id=3&prod\\_id=12](http://www.wirelessmodules.cz/index.php?doc=downloads&group_id=3&prod_id=12)
- [11] XT65 – Java User’s Guide, Siemens, Spolková republika Německo, 2006, URL [http://www.wirelessmodules.cz/index.php?doc=downloads&group\\_id=3&prod\\_id=12](http://www.wirelessmodules.cz/index.php?doc=downloads&group_id=3&prod_id=12)
- [12] LM350 3–Amp Adjustable Regulator Data Sheet, National Semiconductor, U.S.A., 1998, URL <http://cache.national.com/ds/LM/LM350.pdf>
- [13] LM317 3–Terminal Adjustable Regulator Data Sheet, National Semiconductor, U.S.A., 2008, URL <http://cache.national.com/ds/LM/LM317.pdf>
- [14] MAX3237 –Maxim Data Sheet, Maxim Integrated Products, U.S.A., 1996, URL <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX3222-MAX3241.pdf>
- [15] LM2576/LM2576V Series SIMPLE SWITCHER 3A Step-Down Voltage Regulátor, Data Sheet, National Semiconductor, U.S.A, 1999, URL <http://www.national.com/ds/LM/LM2576.pdf>
- [16] SIM508 - Hardware specification, Simcom Ltd., 2006, URL <http://www.softelectronics.ru/docs/gprs/SIM508.pdf>
- [17] GM862-GPS – Telit Datasheet, Telit Communications PLC, Itálie, 2009, URL [http://www.telit.com/en/products/gsm-gprs.php?p\\_id=12&p\\_ac=show&p=7](http://www.telit.com/en/products/gsm-gprs.php?p_id=12&p_ac=show&p=7)
- [18] Nadir, Z., Elfadhil, N., Touati, F., Pathloss determination using Okumura-Hata model and spline interpolation for missing data for Oman, WCE, Velká Británie, 2008, URL [http://www.iaeng.org/publication/WCE2008/WCE2008\\_pp422-425.pdf](http://www.iaeng.org/publication/WCE2008/WCE2008_pp422-425.pdf)

# SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

$c$	<i>Rychlost světla</i>
$d_{mN}$	<i>Vzdálenosti mezi sousední BTS a MS (technika E-OTD)</i>
$d_{mR}$	<i>Vzdálenosti mezi referenční BTS a MS (technika E-OTD)</i>
$d_{TA}$	<i>Vzdálenost mezi MS a BTS (technika TA)</i>
$d_{RXLEV}$	<i>Vzdálenost mezi MS a BTS (technika RXLEV)</i>
$I_{ADJ}$	<i>Chybový proud vývodu ADJ stabilizátoru LM350/317</i>
$T_b$	<i>Perioda jednoho bitu GMS</i>
$t_{rxR}$	<i>Čas kdy MS přijme signál od referenční BTS</i>
$t_{rxN}$	<i>Čas kdy MS přijme signál od sousední BTS</i>
$V_{REF}$	<i>Referenční napětí o nominální hodnotě 1,25V</i>

AGPS	Asistovaná GPS
BTS	Base transciecer station
CEP	Circular error probable
CI	Cell identity
DGPS	Diferenční GPS
DS-CDMA	Direct sequence - Code division multiple Access
E-OTD	Enhanced OTD
EDGE	Enhanced data rates for GSM evolution
EGNOS	European geostationary navigation overlay service
FDD	Frequency-division duplexing
FDMA	Frequency division multiple access
GMSK	Gaussian minimum-shift keying
GPIO	General purpose input/output
GPS	Global positioning systém
GPRS	General packet radio service
GTD	Geometric time difference
GSM	Global System for Mobile Communications
IDE	Integrated development environment
IMP-NG	Information module profile 2nd generation
IP	Internet protocol
J2ME	Java 2 Micro Edition
LA	Location area
LAC	Location area code
LMU	Location measurement unit
M2M	Machine to machine
MCS	Master Control Station
MIPD	Mobile information device profile

MS	Mobilní stanice
MSAS	Multi-functional satellite augmentation system
NTRIP	Networked transport of RTCM via internet protocol
NMEA	National marine electronics association
OTD	observed time difference
PPS	Precise Positioning Service
POP3	Post office protocol version 3
RAM	Random access memory
RIMS	Ranging and integrity monitoring Stations
RTCM	Radio technical commission for maritime services
RTD	Real time difference
RXLEV	Received signal level
SBAS	Satellite based augmentation system
SEP	Spherical error probable
SMA	Typ RF konektoru
SMTK	Siemens mobility toolkit
SMTP	Simple mail transfer protocol
SPS	Standard Positioning Service
SRAM	Static RAM
TA	Timing Advance
TCP	Transmission control protocol
TDMA	Time division multiple access
TDOA	Time difference of arrival
TOA	Time of arrival
UART	Universal asynchronous receiver/transmitter
UBX	Komunikační protokol GPS
UDP	User datagram protocol
USB	Universal serial bus
WAAS	Wide Area Augmentation System

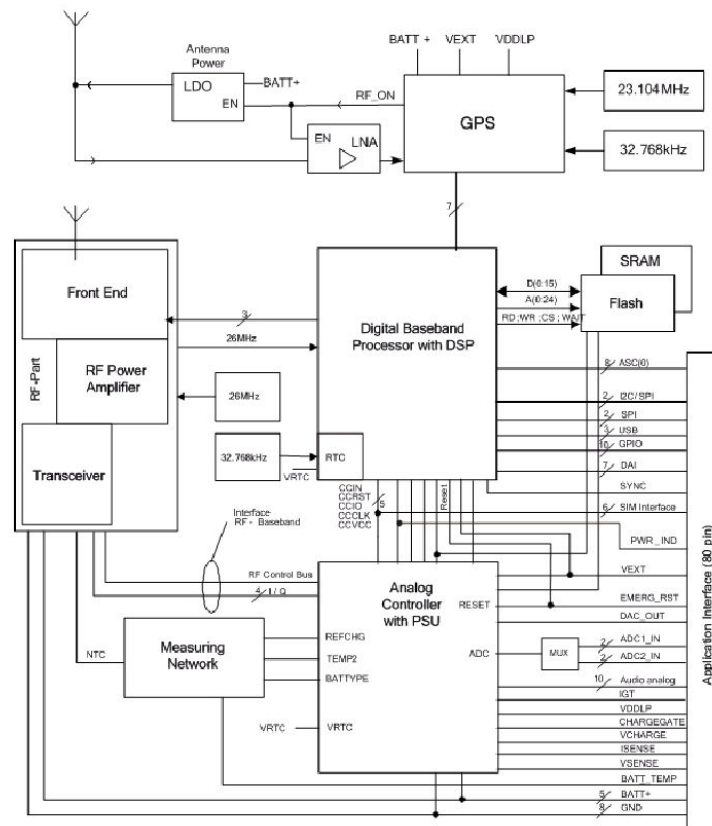
# SEZNAM PŘÍLOH

A.	Tabulka vlastností modulu XT65 ( převzato [7]).....	45
B.	Blokové schéma modulu XT65 ( převzato [7]).....	45
C.	Zapojení pinů modulu XT65 ( převzato [7]).....	46
D.	Příklad zapojení modulu XT65 ( převzato [7]).....	47
E.	Proudové nároky během Tx burstu v systému GSM 890MHz ( převzato [7]).....	47
F.	Proudové nároky během Tx burstu v systému GSM 1800MHz a GSM 1900MHz ( převzato [7]).....	48
G.	Signály SIM karty ( převzato [7]).....	48
H.	Operační módy modulu XT65 ( převzato [7]).....	49
I.	Zapojení USB rozhraní ( převzato [7]).....	49
J.	Schéma hlavní DPS.....	50
K.	Hlavní DPS vrchní strana TOP– součástky(rozměr 10x8,5[mm], M1:1).....	51
L.	Hlavní DPS vrchní strana TOP- spoje (rozměr 10x8,5[mm],M 2:1).....	52
M.	Hlavní DPS spodní strana bottom - součástky (rozměr 10x8,5[mm], M1:1).....	53
N.	Hlavní DPS spodní strana bottom– spoje (rozměr 10x8,5[mm], M1:1).....	53
O.	Schéma DPS s konektory.....	54
P.	DPS s konektory vrchní strana top – součástky(rozměr 7,5x10[mm], M1:1).....	55
Q.	DPS s konektory vrchní strana top – spoje (rozměr 7,5x10[mm] M1:1).....	56
R.	DPS s konektory spodní strana bottom – součástky (rozměr 7,5x10[mm] M1:1).....	57
S.	DPS s konektory spodní strana bottom – spoje (rozměr 7,5x10[mm] M1:1).....	58
T.	Grafické zpracování lokalizačních informací ze sítě GSM technikou RxLev s využitím modelu šíření Okumura-Hata.....	59
U.	Grafické zobrazení souřadnic přijatých z GPS.....	60

## A. Tabulka vlastností modulu XT65 ( převzato [7] )

<p><b>General features:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quad-Band GSM850/900/1800/1900 MHz</li> <li>• GPRS multi-slot class 12</li> <li>• GSM release 99</li> <li>• Control via standardised (Hayes 3GPP TS27.007 and 27.005) and enhanced AT commands</li> <li>• SIM Application Toolkit (release 99)</li> <li>• TCP/IP stack access via AT commands</li> <li>• Internet Services: TCP, UDP, HTTP, FTP, SMTP, POP3</li> <li>• Supply voltage range: 3.3 ... 4.5 V</li> <li>• Power consumption:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Power down: 50 <math>\mu</math>A</li> <li>- Sleep mode: (registered DRX = 6) 4.5 mA</li> <li>- Speech mode (average): 300 mA</li> <li>- GPRS class 12 (average): 600 mA</li> </ul> </li> <li>• Charging control for Lithium batteries</li> <li>• Temperature range               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Normal Operation: -30 °C to +75 °C</li> <li>- Restricted Operation: -30 °C to +85 °C</li> <li>- Switch off: +90 °C</li> <li>- Storage: -40 °C to +85 °C</li> </ul> </li> <li>• Dimensions: 34 x 59 x 3.5 mm</li> <li>• Weight: &lt;10 g</li> </ul>	<p><b>Specification for CSD data transmission:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Up to 14.4 kbps</li> <li>• V.110</li> <li>• Non-transparent mode</li> <li>• USSD support</li> </ul>	<p><b>Special features:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radio Link Stability Monitor (Jamming Detection)</li> <li>• Character framing 7E1 and 8E1 at serial interface</li> <li>• Programmable module reset</li> <li>• SIM Access Profile integrated</li> <li>• RIL software for Microsoft® Windows Mobile™ based devices</li> <li>• Multiplexer driver for Microsoft® Windows</li> </ul>
<p><b>Specification for GPRS data transmission:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• GPRS class 12: max. 86 kbps (DL &amp; UL)</li> <li>• Mobile station class B</li> <li>• PBCCH support</li> <li>• Coding schemes CS 1-4</li> </ul>	<p><b>Specification for fax:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Group 3, class 1</li> </ul> <p><b>Specification for voice:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Triple-rate codec for HR, FR, and EFR</li> <li>• Adaptive multi-rate AMR</li> <li>• Basic hands-free operation</li> <li>• Echo cancellation</li> <li>• Noise reduction</li> </ul>	<p><b>Interfaces:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 separated U.F.L.-R-SMT 50 <math>\Omega</math> antenna connectors for GPS and GSM</li> <li>• 2 separated antenna solder pads for GPS and GSM</li> <li>• 80-pin board-to-board connector               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Power supply</li> <li>- Audio: 2x analog, 1x digital</li> <li>- 1x serial interface (ITU-T V.24 protocol)</li> <li>- USB 2.0 full speed</li> <li>- SIM card interface 3 V, 1.8 V</li> <li>- I2C bus and SPI bus</li> <li>- 2x analog in (ADC)</li> <li>- 1x analog out (PWM)</li> <li>- Multiple GPIOs</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Specification for SMS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Point-to-point MO and MT</li> <li>• SMS cell broadcast</li> <li>• Text and PDU mode</li> </ul>	<p><b>Java™ features:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CLDC 1.1 HI</li> <li>• J2ME™ profile IMP-NG</li> <li>• Location API (JSR179) for GPS access</li> <li>• Secure data transmission with HTTPS, SSL and PKI</li> </ul>	<p><b>Specification for GPS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Receiver 16 channel, L1 1575.42 MHz</li> <li>• Accuracy Position: 2.5 m CEP; 5.0 m SEP</li> <li>• Position with DGPS/SBAS: 2.0 m CEP; 3.0 m SEP</li> <li>• GPS dedicated AT commands</li> <li>• Support of SBAS (WAAS/EGNOS/MSAS)</li> <li>• GPS active antenna supply: 3.0 V</li> <li>• A-GPS enabled</li> <li>• Tracking sensitivity: -158 dBm (with active antenna)</li> <li>• Date WGS-84</li> <li>• Start-up Time               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hot start: &lt; 3.5 s</li> <li>- Warm start: 33 s</li> <li>- Cold start: 34 s</li> </ul> </li> <li>• Protocols: NMEA-0183 V2.3, RTCM protocol V2.2, UBX binary protocol</li> </ul>
	<p><b>Open application resources:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ARM® Core, Blackfin® DSP</li> <li>• MEMORY: 400 kB (RAM) and 1.2 MB (Flash)</li> <li>• Improved power-saving modes</li> <li>• Support for integrated development environments with On-Device-Debugging</li> </ul>	
	<p><b>Over-the-air update:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Application SW: OTAP</li> <li>• Firmware: FOTA (OMA compliant)</li> </ul>	
	<p><b>Approvals:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• R&amp;TTE, FCC, UL, IC, GCF, PTCRB, e-mark, CE</li> <li>• Local approvals and network operator certifications</li> </ul>	

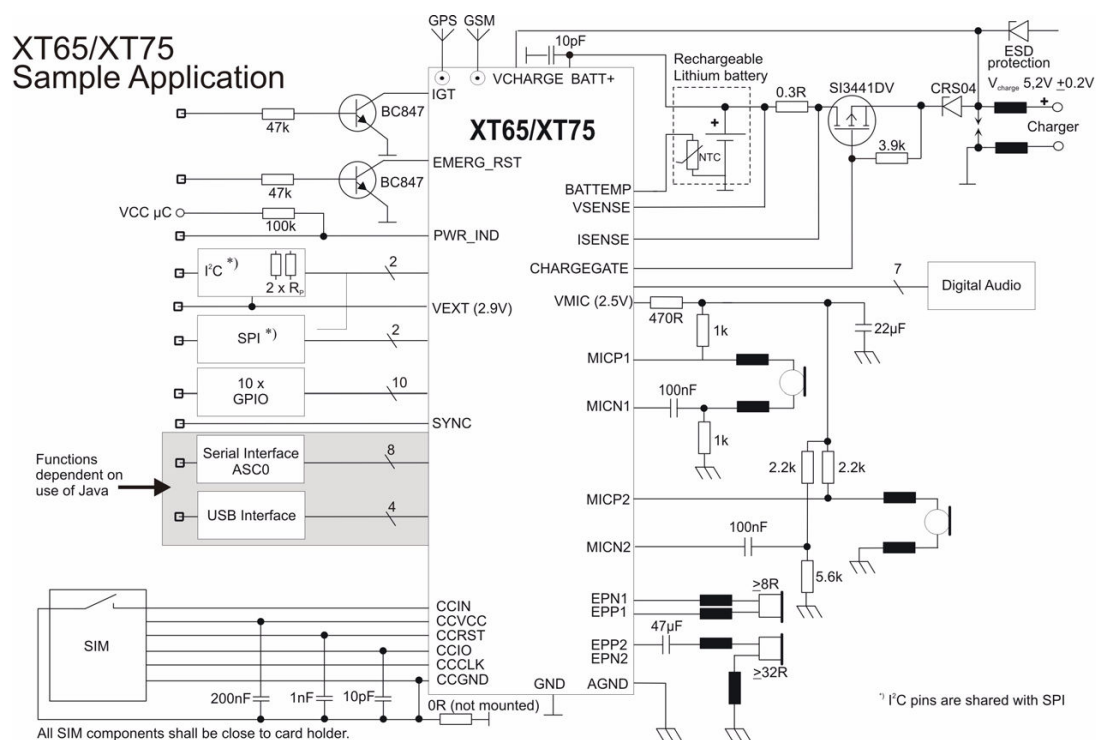
## B. Blokové schéma modulu XT65 ( převzato [7] )



### C. Zapojení pinů modulu XT65 (převzato [7])

1	GND	GND	80
2	ADC1_IN	DAC_OUT	79
3	ADC2_IN	PWR_IND	78
4	GND	Do not use	77
5	GPIO10	GPIO9	76
6	GPIO8	SPICS	75
7	SPIDI	GPIO4	74
8	GPIO7	GPIO3	73
9	GPIO6	GPIO2	72
10	GPIO5	GPIO1	71
11	I2CCLK_SPICLK	I2CDAT_SPIDO	70
12	VUSB_IN	USB_DP	69
13	DAI5	USB_DN	68
14	ISENSE	VSENSE	67
15	DAI6	VMIC	66
16	CCCLK	EPN2	65
17	CCVCC	EPP2	64
18	CCIO	EPP1	63
19	CCRST	EPN1	62
20	CCIN	MICN2	61
21	CCGND	MICP2	60
22	DAI4	MICP1	59
23	DAI3	MICN1	58
24	DAI2	AGND	57
25	DAI1	IGT	56
26	DAI0	EMERG_RST	55
27	BATT_TEMP	DCD0	54
28	SYNC	not connected	53
29	not connected	CTS0	52
30	RXD0	Pull up	51
31	Pull up	DTR0	50
32	TXD0	RTS0	49
33	VDDL	DSR0	48
34	VCHARGE	RING0	47
35	CHARGE_GATE	VEXT	46
36	GND	BATT+	45
37	GND	BATT+	44
38	GND	BATT+	43
39	GND	BATT+	42
40	GND	BATT+	41

## D. Příklad zapojení modulu XT65 ( převzato [7] )



## E. Proudové nároky během Tx burstu v systému GSM 890MHz ( převzato [7] )

Mode	GSM call	GPRS Class 8	GPRS Class10		GPRS Class 12		EGPRS Class 8	EGPRS Class 10	
Timeslot configuration	1Tx / 1Rx	1Tx / 4Rx	2Tx / 3Rx		4Tx / 1Rx		1Tx / 4Rx	2Tx / 3Rx	
RF power nominal	2W (33dBm)	2W (33dBm)	2W (33dBm)	1W (30dBm)	1W (30dBm)	0.5W (27dBm)	0.5W (27dBm)	0.5W (27dBm)	0.25W (24dBm)
Radio output power reduction with AT^SCFG, parameter <ropr>	<ropr> = 1 ... 3	<ropr> = 1 ... 3	<ropr> = 1	<ropr> = 2 or 3	<ropr> = 1	<ropr> = 2 or 3	<ropr> = 1 ... 3	<ropr> = 1 or 2	<ropr> = 3
Current characteristics									
Burst current @ 50Ω antenna (typ.)	1.75A	1.75A	1.75A	1.48A	1.26A	1.1A	1.4A peak 1.2A plateau	1.4A peak 1.2A plateau	1.1A peak 1.0A plateau
Burst current @ total mismatch	3.2A	3.2A	3.2A	2.7A	2.3A	1.9A	1.8A peak 1.5A plateau	1.8A peak 1.5A plateau	1.4A peak 1.2A plateau
Average current @ 50Ω antenna (typ.)	360mA	360mA	540mA	475mA	680mA	600mA	370mA	450mA	400mA
Average current @ total mismatch	540mA	540mA	905mA	780mA	1200mA	1000mA	395mA	525mA	450mA

## F. Proudové nároky během Tx burstu v systému GSM 1800MHz a GSM 1900MHz ( převzato [7])

Mode	GSM call	GPRS Class 8	GPRS Class10		GPRS Class 12		EGPRS Class 8	EGPRS Class 10	
Timeslot configuration	1Tx / 1Rx	1Tx / 4Rx	2Tx / 3Rx		4Tx / 1Rx		1Tx / 4Rx	2Tx / 3Rx	
RF power nominal	1W (30dBm)	1W (30dBm)	1W (30dBm)	0.5W (27dBm)	0.5W (27dBm)	0.25W (24dBm)	0.4W (26dBm)	0.4W (26dBm)	0.2W (23dBm)
Radio output power reduction with AT^SCFG, parameter <ropr>	<ropr> = 1 ... 3	<ropr> = 1 ... 3	<ropr> = 1	<ropr> = 2 or 3	<ropr> = 1	<ropr> = 2 or 3	<ropr> = 1 ... 3	<ropr> = 1 or 2	<ropr> = 3
Current characteristics									
Burst current @ 50Ω antenna (typ.)	1.3A	1.3A	1.3A	1.1A	0.95A	0.85A	1.0A peak 0.9A plateau	1.0A peak 0.9A plateau	0.9A peak 0.75A plateau
Burst current @ total mismatch	2.2A	2.2A	2.2A	1.75A	1.5A	1.25A	1.3A peak 1.0A plateau	1.3A peak 1.0A plateau	1.1A peak 0.95A plateau
Average current @ 50Ω antenna (typ.)	325mA	330mA	505mA	450mA	645mA	545mA	360mA	445mA	420mA
Average current @ total mismatch	390mA	395mA	630mA	540mA	920mA	795mA	410mA	545mA	470mA

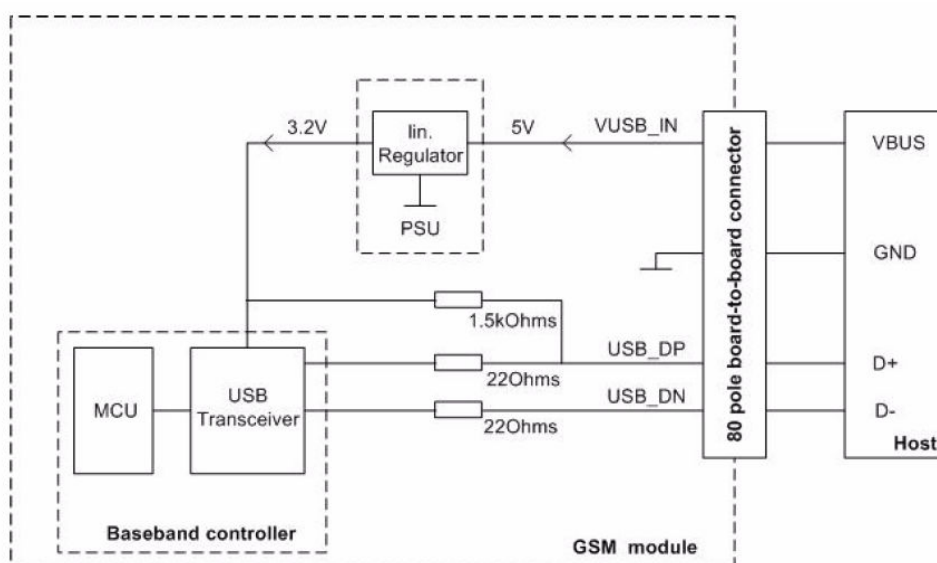
## G. Signály SIM karty ( převzato [7])

Signal	Description
CCGND	Separate ground connection for SIM card to improve EMC. Be sure to use this ground line for the SIM interface rather than any other ground pin or plane on the module. A design example for grounding the SIM interface is shown in <a href="#">Figure 54</a> .
CCCLK	Chipcard clock, various clock rates can be set in the baseband processor.
CCVCC	SIM supply voltage.
CCIO	Serial data line, input and output.
CCRST	Chipcard reset, provided by baseband processor.
CCIN	Input on the baseband processor for detecting a SIM card tray in the holder. If the SIM is removed during operation the SIM interface is shut down immediately to prevent destruction of the SIM. The CCIN pin is active low.  The CCIN pin is mandatory for applications that allow the user to remove the SIM card during operation.  The CCIN pin is solely intended for use with a SIM card. It must not be used for any other purposes. Failure to comply with this requirement may invalidate the type approval of XT65/XT75.

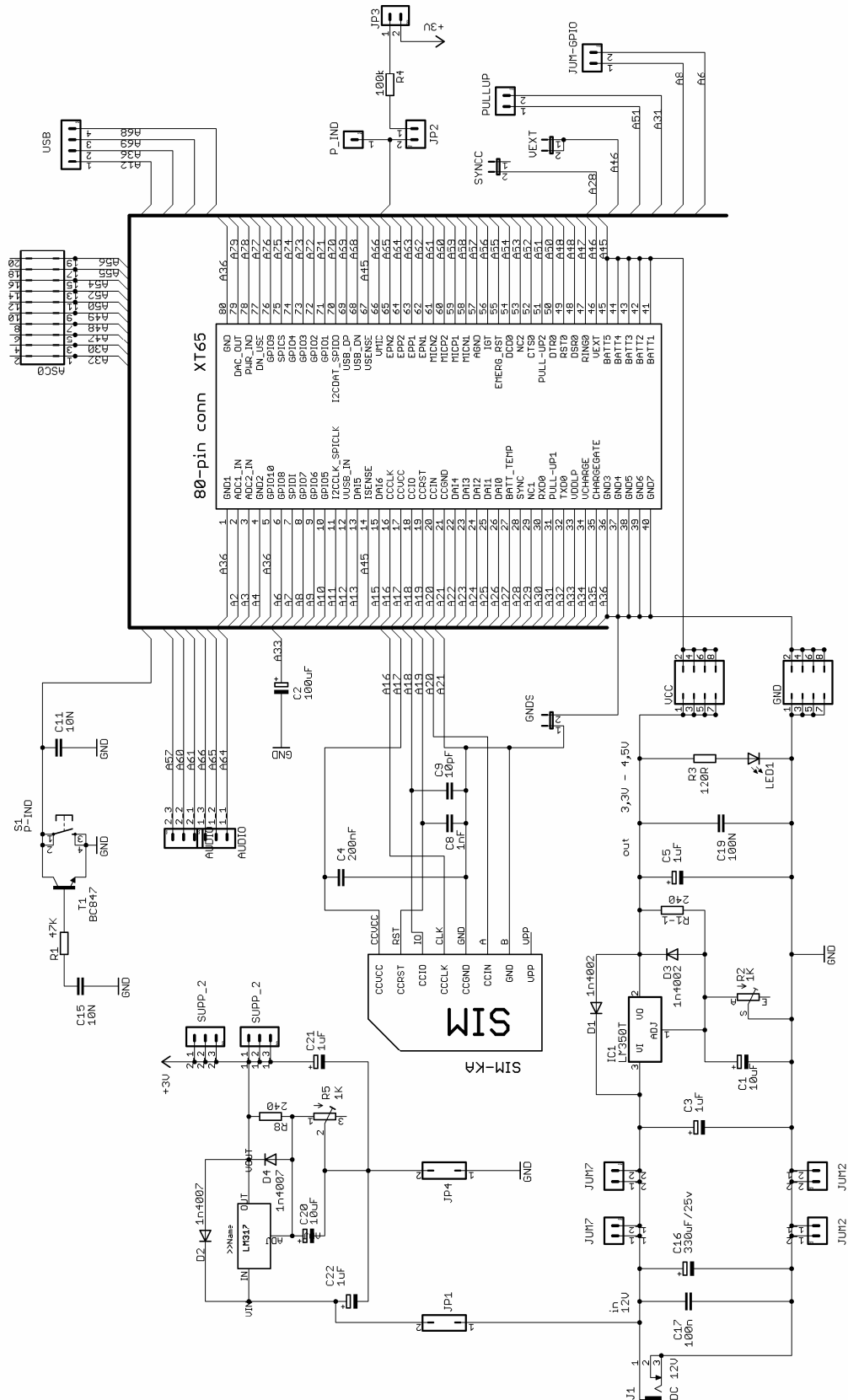
## H. Operační módy modulu XT65 ( převzato [7])

Normal operation	GSM / GPRS SLEEP	Various power save modes set with AT+CFUN command.  Software is active to minimum extent. If the module is registered to the GSM network in IDLE mode, it is registered and paging with the BTS in SLEEP mode, too. Power saving can be chosen at different levels: The NON-CYCLIC SLEEP mode (AT+CFUN=0) disables the AT interface. The CYCLIC SLEEP modes AT+CFUN=7 and 9 alternately activate and deactivate the AT interfaces to allow permanent access to all AT commands.
	GSM IDLE	Software is active. Once registered to the GSM network, paging with BTS is carried out. The module is ready to send and receive.
	GSM TALK	Connection between two subscribers is in progress. Power consumption depends on network coverage individual settings, such as DTX off/on, FR/EFR/HR, hopping sequences, antenna.
	GPRS IDLE EGPRS IDLE	Module is ready for GPRS/EGPRS data transfer, but no data is currently sent or received. Power consumption depends on network settings and GPRS/EGPRS configuration (e.g. multislot settings).
	GPRS DATA EGPRS DATA	GPRS/EGPRS data transfer in progress. Power consumption depends on network settings (e.g. power control level), uplink / downlink data rates, GPRS configuration (e.g. used multislot settings) and reduction of maximum output power.
	GPS Transparency	GPS transparent mode. The mode is set by AT command. For more information see <a href="#">Chapter 4</a> and <a href="#">[1]</a> .
POWER DOWN	Normal shutdown after sending the AT^SMSO command.  Only a voltage regulator is active for powering the RTC. Software is not active. Interfaces are not accessible. Operating voltage (connected to BATT+) remains applied.	
Airplane mode	Airplane mode shuts down the radio part of the module, causes the module to log off from the GSM/GPRS network and disables all AT commands whose execution requires a radio connection.  Airplane mode can be controlled by using the AT commands AT^SCFG and AT+CALA: <ul style="list-style-type: none"> <li>• With AT^SCFG=MEopMode/Airplane/OnStart the module can be configured to enter the Airplane mode each time when switched on or reset.</li> <li>• The parameter AT^SCFG=MEopMode/Airplane can be used to switch back and forth between Normal mode and Airplane mode any time during operation.</li> <li>• Setting an alarm time with AT+CALA followed by AT^SMSO wakes the module up into Airplane mode at the scheduled time.</li> </ul>	
Charge-only mode	Limited operation for battery powered applications. Enables charging while module is detached from GSM network. Limited number of AT commands is accessible. Charge-only mode applies when the charger is connected if the module was powered down with AT^SMSO.	
Charge mode during normal operation	Normal operation (SLEEP, IDLE, TALK, GPRS/EGPRS IDLE, GPRS/EGPRS DATA) and charging running in parallel. Charge mode changes to Charge-only mode when the module is powered down before charging has been completed.	

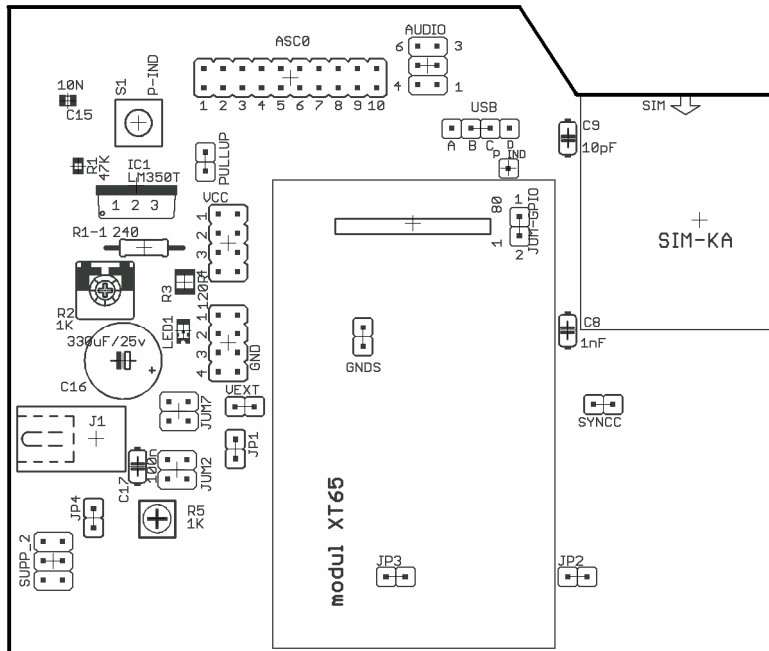
## I. Zapojení USB rozhraní ( převzato [7])



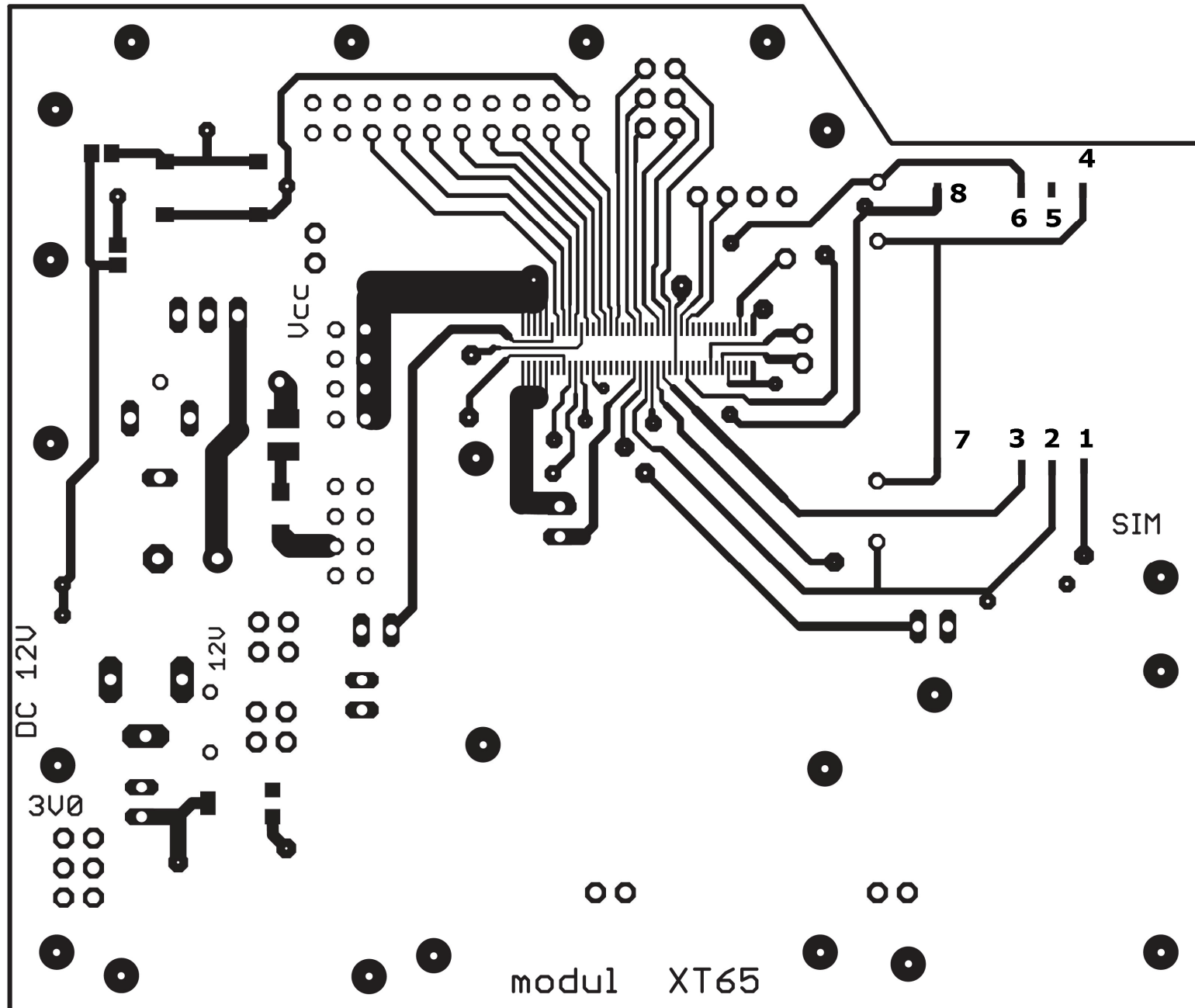
# J. Schéma hlavní DPS



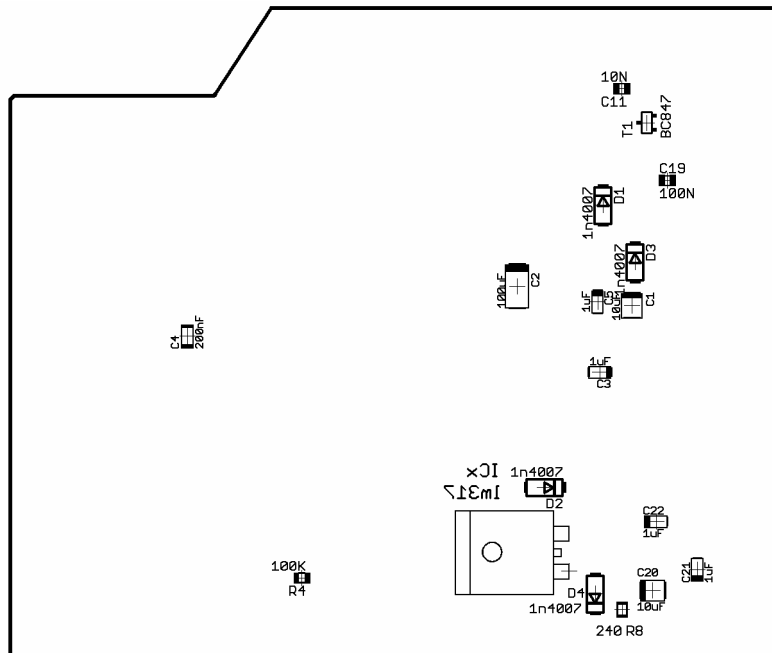
**K. Hlavní DPS vrchní strana TOP– součástky(rozměr 10x8,5[mm], M1:1)**



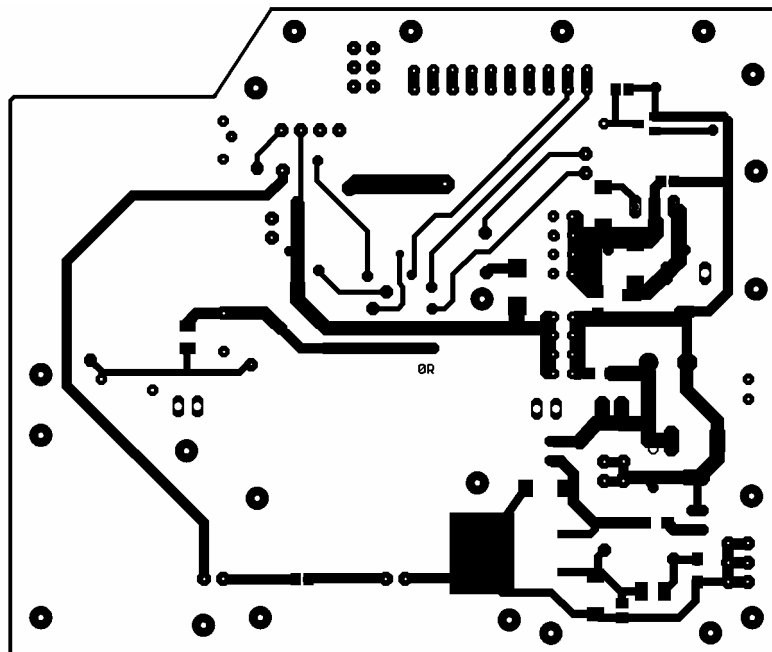
L. Hlavní DPS vrchní strana TOP- spoje (rozměr 10x8,5[mm],M 2:1)



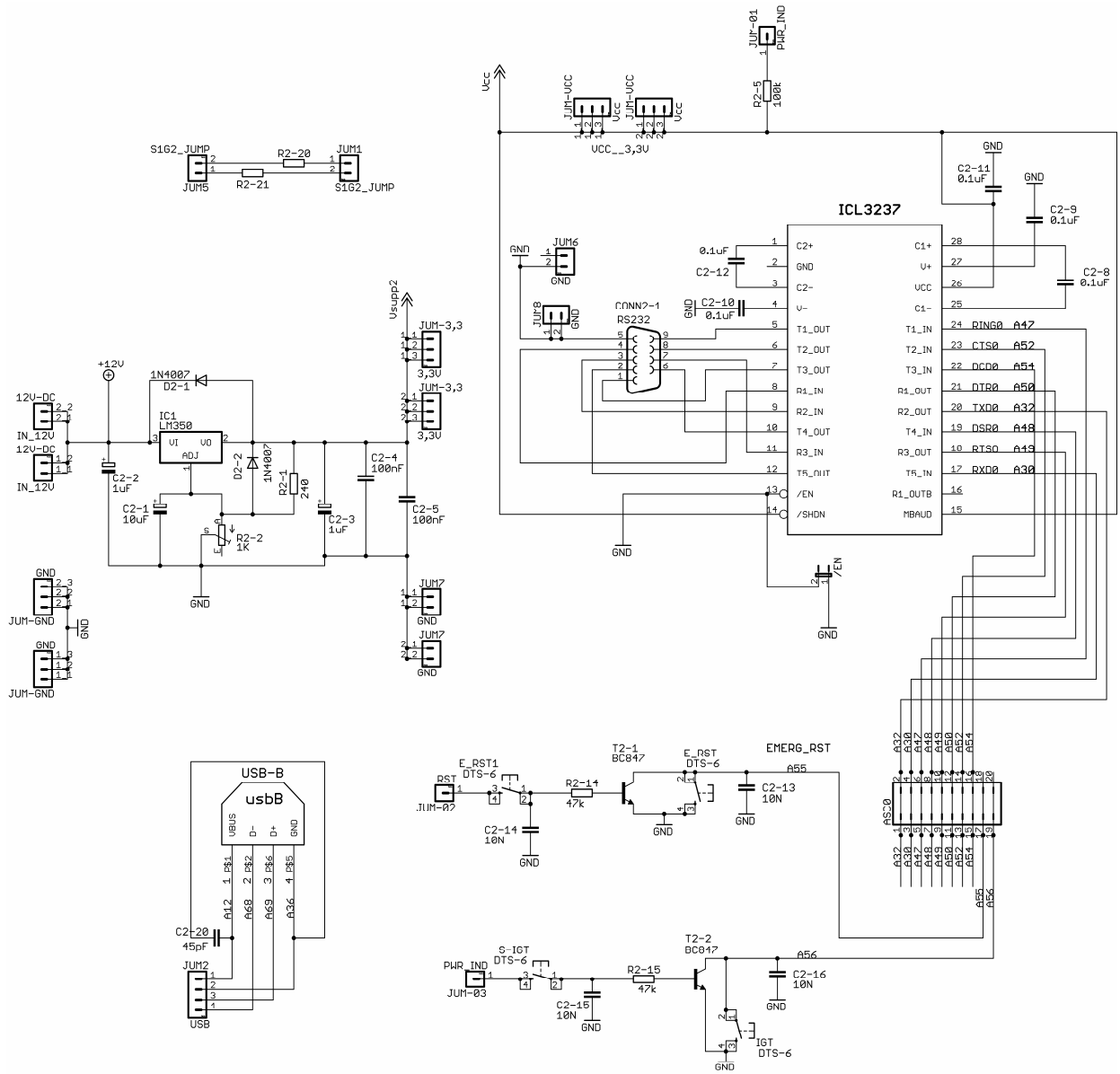
**M. Hlavní DPS spodní strana bottom - součástky (rozměr 10x8,5[mm], M1:1)**



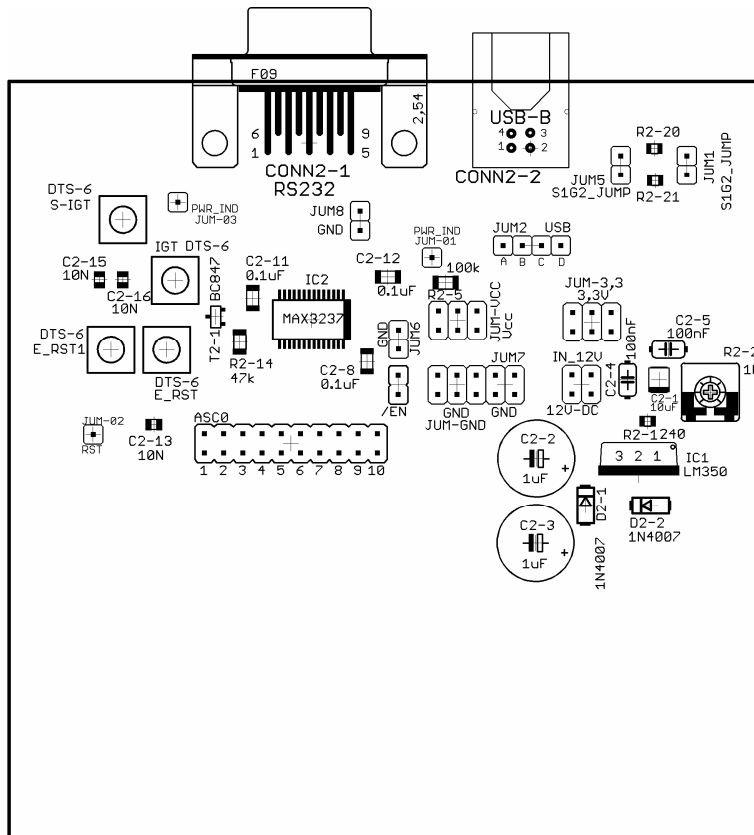
**N. Hlavní DPS spodní strana bottom- spoje (rozměr 10x8,5[mm], M1:1)**



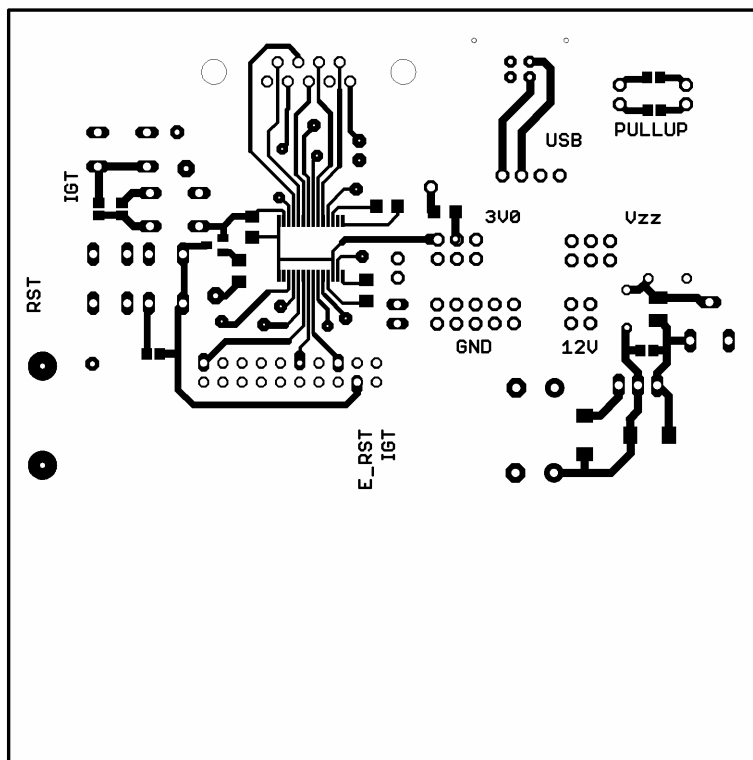
# O. Schéma DPS s konektory



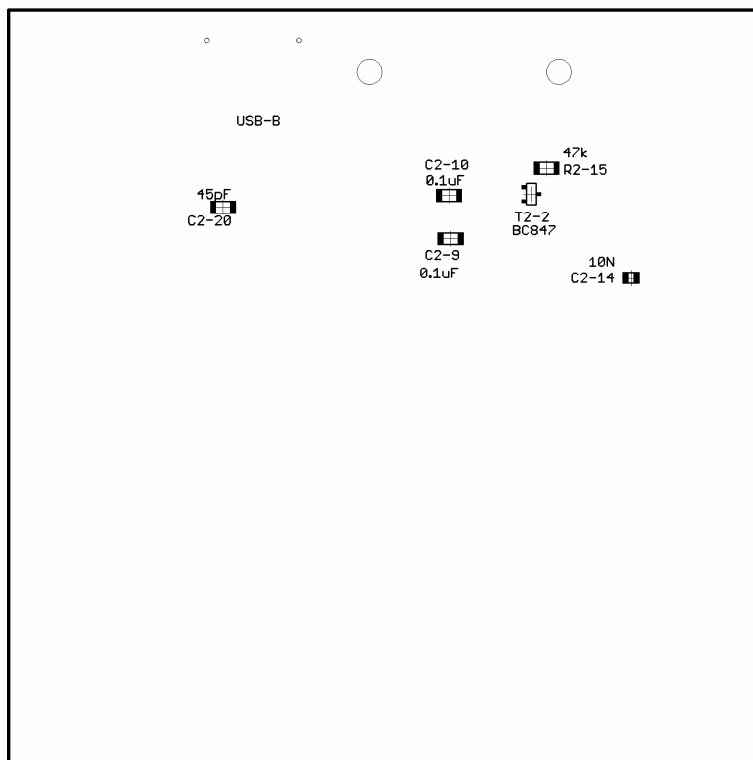
**P. DPS s konektory vrchní strana top – součástky(rozměr 7,5x10[mm], M1:1)**



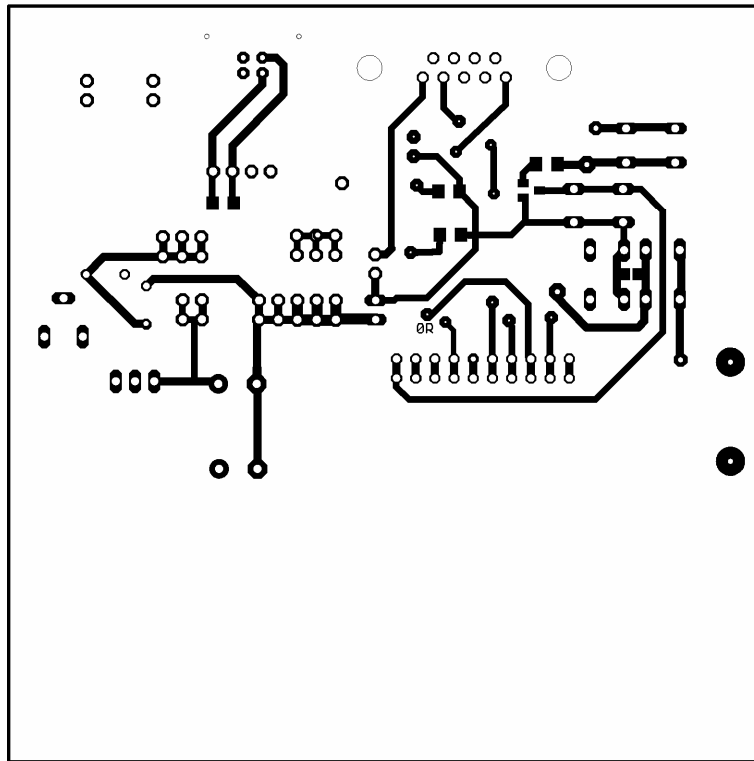
**Q. DPS s konektory vrchní strana top – spoje (rozměr 7,5x10[mm] M1:1)**



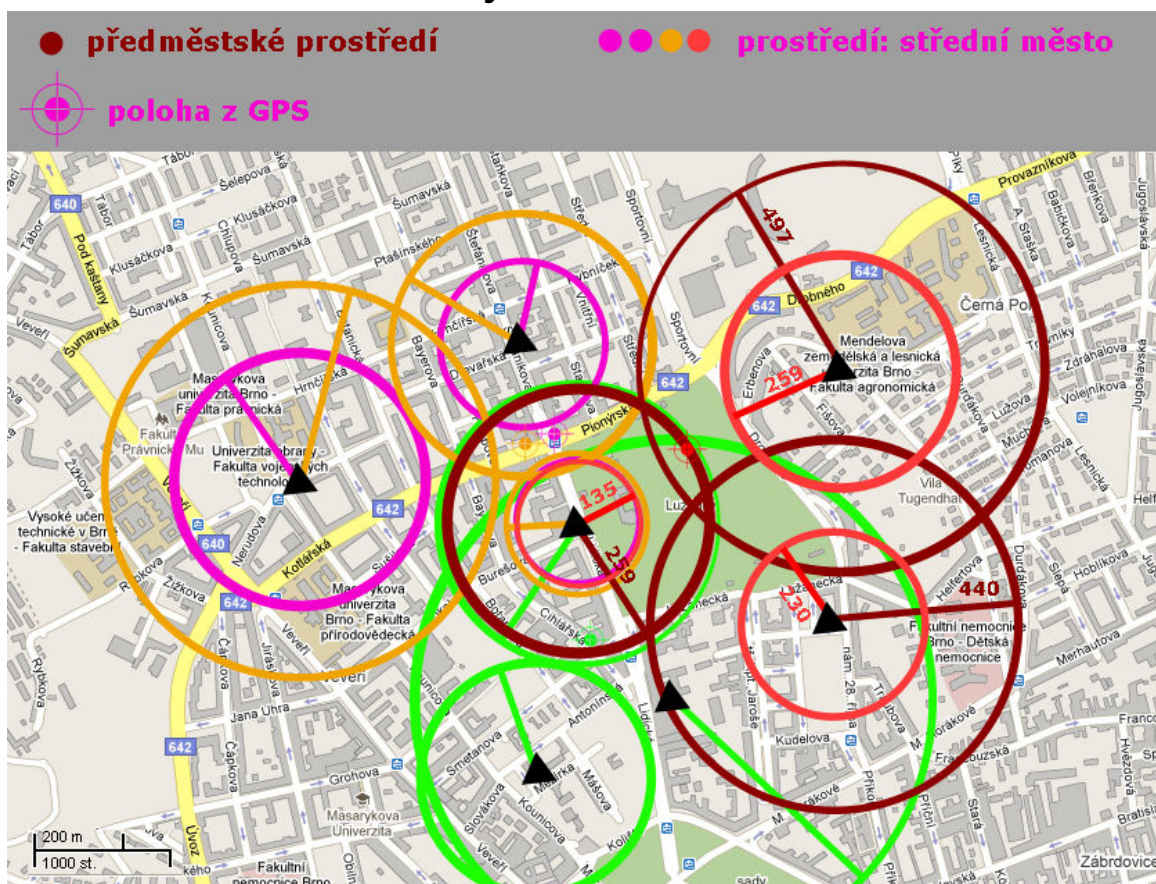
**R. DPS s konektory spodní strana bottom – součástky (rozměr 7,5x10[mm] M1:1)**



**S. DPS s konektory spodní strana bottom – spoje (rozměr 7,5x10[mm] M1:1)**



## T. Grafické zpracování lokalizačních informací ze sítě GSM technikou RxLev s využitím modelu šíření Okumura-Hata



## U. Grafické zobrazení souřadnic přijatých z GPS

