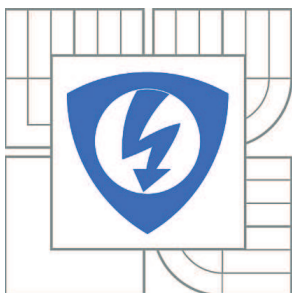


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

GSM MONITOROVACÍ SYSTÉM PRO STARÉ LIDI

GSM MONITORING SYSTEM FOR ELDERLY POEPL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

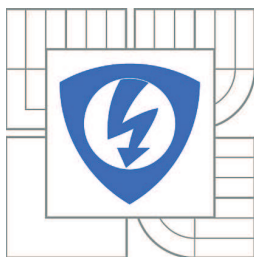
Bc. MAROŠ ĎURÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ZDENĚK BRADÁČ, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Kybernetika, automatizace a měření

Student: Bc. Maroš Ďurík

ID: 125410

Ročník: 2

Akademický rok: 2013/2014

NÁZEV TÉMATU:

GSM monitorovací systém pro staré lidi

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je návrh a realizace elektronického systému pro monitorování starších lidí sloužící pro ochranu jejich života a zdraví.

1. Zpracujte literární rešerši obdobných systémů.
2. Navrhněte nejvhodnější metody spolehlivého odhalení situací ohrožujících zdraví a život včetně přivolání nezbytné pomoci. Systém vybavte mikrokontrolérem řady MSP430, RF komunikací, senzory a GSM komunikačním modulem. Systém navrhněte jako bateriově napájený.
3. Popište návrh a navrhněte elektrické schéma.
4. Navrhněte elektroniku, realizujte DPS, osadte a oživte.
5. Napište programové vybavení pro mikrokontrolér a pro nadřazené PC.
6. Ověřte, otestujte a demonstруйте funkčnost. Vyhodnoťte výsledky.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Pavel Herout: Učebnice jazyka C, KOPP, 2004, IV. přepracované vydání, ISBN 80-7232-220-6

Dle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 10.2.2014

Termín odevzdání: 19.5.2014

Vedoucí práce: doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

Konzultanti diplomové práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

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

ABSTRAKT

Táto práca pojednáva o návrhu zariadenia, ktoré má slúžiť na monitorovanie starých ľudí. Jej výsledný produkt má zaistiť ochranu zdravia a včasne upozorniť na krízovú situáciu a zároveň nemá byť pre staršieho človeka na príťaž. Navrhnuté zariadenie bude pripomínať pitný režim, užívanie liekov, privolávať pomoc na základe GSM hovoru a SMS správy, detegovať únik zemného plynu, poskytnúť informáciu o čase a dátume a zaručiť prevádzku aj pri výpadku el. energie.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

GSM komunikácia, Únik zemného plynu, Privolanie prvej pomoci, RF komunikácia, MSP430, pripomínanie pitného režimu, pripomínanie užívania liekov.

ABSTRACT

The work deals with design of system for monitoring elderly people. The final product of this thesis will be used to ensure protection of old person's health. The device will also remind water regime, taking of medicine, measure gas concentration and it will make an emergency call or send an emergency SMS. It will inform an old person about time and date and it will also be working in case of power fail.

KEYWORDS

GSM communication, Gas leakage, Emergency call, RF communication, Taking of a medicine, remind water regime, MSP430

Bibliografická citácia

ŘURÍK, M. *GSM monitorovací systém pro staré lidi* . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 92 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D..

Prehlásenie

„Prehlasujem, že svoju diplomovú prácu na tému *GSM monitorovací systém pro staré lidi* som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej diplomovej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto diplomovej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, hlavne som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Zb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení časti druhej, hlavy VI., diel 4 Trestného zákonníka č. 40/2009 Zb“.

V Brne dňa: **3.5.2014**

.....
podpis autora

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu diplomovej práce **doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D** za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri spracovaní mojej diplomovej práce. Ďalej by som chcel poďakovať firme **RMC s.r.o. Nová Dubnica**, pre ktorú je toto zariadenie vyvíjané, a ktorej konateľom je **Ing. Michal Rafaj** za poskytnutie finančných a materiálnych prostriedkov. Zároveň ďakujem **kolegom** z tejto firmy za cenné odborné rady a návrhy pri stavbe zariadenia a **kolegom** za zhotovenie mechanických častí zariadenia.

V Brne dňa: **3.5. 2014**

.....
podpis autora

Obsah

1 Úvod	11
2 Ciele práce	11
2.1 Čo by malo zariadenie obsahovať?.....	12
3 Konceptia zariadenia.....	12
3.1 Mobilná jednotka	14
3.2 Hlavná jednotka	16
4 Rozbor a popis funkcií.....	17
4.1 Privolanie prvej pomoci.....	17
4.1.1 Telefónna linka a Internet.....	18
4.1.2 GSM mobilná sieť	19
4.1.3 Princíp privolania pomoci	19
4.2 Pripomínanie pitného režimu.....	20
4.3 Pripomínanie užívania liekov	22
4.4 Detekcia úniku zemného plynu.....	22
4.5 Ostatné funkcie zariadenia.....	23
5 Obvodový návrh zariadenia.....	24
5.1 Bloková schéma zapojenia.....	24
5.2 GSM komunikačný modul.....	25
5.2.1 Napájanie modulu SIM900.....	26
5.2.2 Zapnutie a vypnutie modulu SIM900.....	27
5.2.3 Sériové porty modulu SIM900	27
5.2.4 Pripojenie SIM karty	28
5.2.4 Audio rozhranie.....	28
5.3 RF komunikačný modul.....	30
5.3.1 Základné parametre a popis obvodu CC1101:	30
5.4 Audio obvody	32
5.4.1 Koncový zosilňovač	32
5.4.2 Prepínač audio signálov.....	33
5.4.3 Vstupné prispôbovacie obvody.....	34
5.5 Snímanie úniku zemného plynu.....	36
5.5.1 Základné parametre snímača MI-02	37
5.5.2 Návrh meracieho obvodu	37
5.6 Nabíjačka Li-POL akumulátorov.....	40

5.7 Napájací zdroj	44
5.8 Mikrokontrolér MSP430F5529.....	45
5.8.1 Popis mikrokontroléra MSP430F5529 [31]	46
6 Softvérové vybavenie	50
6.1 Generovanie zvukového záznamu	50
6.2 Komunikácia s GSM modulom SIM900	52
6.2.1 Inicializácia GSM modulu.....	52
6.2.2 Uskutočnenie hlasového hovoru.....	53
6.2.3 Odoslanie SMS správy	54
6.2.4 Ostatné rutiny GSM komunikácie	56
6.3 Android aplikácia pre nastavenie zariadenia	56
6.4 RF komunikácia - SimpliciTI	59
6.4.1 Vrstvy siete.....	60
6.4.2 Štruktúra rámca siete	61
6.4.3 Pripojenie zariadenia do siete.....	61
6.4.4 Názorný príklad zdrojového kódu pre AP.....	63
6.5 Algoritmus nabíjania Li-POL akumulátora	64
6.6 Ostatné funkcie hlavnej jednotky	66
6.7 Obslužný softvér v hodinkách	67
Záver	68
Použitá literatúra	69
Zoznam skratiek a symbolov.....	72
Zoznam príloh	73

Zoznam obrázkov

Obr. 1 - Príklady „Panic Button-ov“ od rôznych výrobcov	13
Obr. 2 - Sériovo vyrábaný záchranný systém pre starých ľudí [2].....	14
Obr. 3 - Hodinky EZ Chronos od Texas Instruments [3].....	15
Obr. 4 - Blokova schéma zariadenia.....	24
Obr. 5 - GSM modul SIM900 [12].....	25
Obr. 6 - Pinout GSM modulu SIM900.....	26
Obr. 7 - Prúdové špičky pri burst vysielaní SIM900, podľa [13].....	26
Obr. 8 - Časový priebeh na PINKEY [13]	27
Obr. 9 - Schéma zapojenia modulu SIM900	29
Obr. 10 - Rozloženie vývodov na obvode CC1101 [16].....	31
Obr. 11 - Schéma zapojenia obvodu CC1101 pre frekvenciu 868MHz	31
Obr. 12 - Zapojenie obvodu LM4871 [17].....	33
Obr. 13 - Zapojenie audio sekcie	34
Obr. 14 - Princíp snímača MI-02 [22]	36
Obr. 15 - Zapojenie diferenčného OZ pre nesymetrické napájanie.....	37
Obr. 16 - Grafická závislosť pre metán snímača MI-02 [21]	38
Obr. 17 - Kompletná schéma meracieho obvodu plynu.....	39
Obr. 18 - Nabíjacia charakteristika Li-POL akumulátora [24]	40
Obr. 19 - Step-down menič [26]	41
Obr. 20 - Schéma nabíjačky Li-POL akumulátorov.....	43
Obr. 21 - Napájací zdroj.....	44
Obr. 22 – Zapojenie pinov na MSP430F5529 [31]	47
Obr. 23 - Blokova štruktúra MSP430F5529 [31].....	48
Obr. 24 - Základná schéma pripojenia mikrokontroléra	48
Obr. 25 - Štruktúra WAVE súboru [33].....	51
Obr. 26 - Výpis odpočúvanej sériovej komunikácie modulu SIM900	54
Obr. 27 - Príklad odoslania SMS správy.....	55
Obr. 28 - Screenshot z Android aplikácie na nastavenie zariadenia - Voda.....	57
Obr. 29 - Screenshot z Android aplikácie na nastavenie zariadenia - Lieky	57
Obr. 30 - Screenshot z Android aplikácie na nastavenie zariadenia - SOS.....	58

Obr. 31 - Stack RF siete SimpliciTI [36]	59
Obr. 32 - Vrstvy siete SimpliciTI [36].....	60
Obr. 33 - SimpliciTI rámec [36]	61
Obr. 34 - Vývojový diagram algoritmu nabíjania	65

1 ÚVOD

Ľudia starnú. S týmto faktom musí rátať každý z nás. Rovnako, ako keď sme boli malí a starali sa o nás rodičia, tak sa musíme o rodičov postarať, keď budú starí oni. Táto idea je možno jednoduchá, ale v praxi nie vždy jednoducho uskutočniteľná, pretože dieťa, prípadne iní rodinní príslušníci nemusia bývať spolu v jednom meste, štáte, kontinente.

Takisto sa stáva, že starý človek nemá z rodiny už nikoho a je nutné sa o neho postarať. V takýchto prípadoch sú tu rôzne organizácie, ktoré slúžia na tento účel – domov dôchodcov. Avšak čím je človek starší, tým je aj tvrdohlavejší a myslí si, že jeho životné skúsenosti sú na takej úrovni, že nepotrebuje pomoc a nedáva na rady mladších, a tak radšej ostanú bývať sami. V tejto chvíli vzniká riziko, že keď nastane situácia ohrozenia života. Všeobecne človek, čo sa dostane do núdzovej situácie väčšinou nekoná s chladnou hlavou, ale impulzívne a nerozvážne. Tým prepadá panike, čo môže spôsobiť, že nedokáže ani vytočiť číslo záchranej služby, zavolať suseda, prípadne sa ani nemusí nachádzať v blízkosti telefónu. Proti nemu môže navyše hrať aj „vyššia sila“ (výpadok el. energie, nefunkčný telefón), alebo jeho zranenie je také, že sa nemôže ani pohnúť. Je to veľmi desivá predstava, ale bohužiaľ reálna.

Rodinné okolnosti a túžba vytvárať elektronické zariadenia, ktoré pomáhajú respektíve uľahčujú život, ma priviedla na myšlienku vytvoriť zariadenie na dohľad nad starými ľuďmi. V čase zrodenia myšlienky som pracoval na oddelení vývoja vo firme RMC s.r.o. Nová Dubnica, kde som môj nápad predostrel. Po porade s vedením firmy a mojimi kolegami sa návrh na zariadenie odsúhlasil s tým, že mám voľnú ruku pri vývoji tohto výrobku a jeho častí. Nasledujúca práca pojednáva o návrhu a dizajne zariadenia, ktoré dostalo názov StarCheck (predtým eDog).

2 CIELE PRÁCE

Pred každým návrhom technického riešenia je nutné si ujasniť, čo bude jeho finálne vyhotovenie robiť, na čo bude slúžiť a čo bude obsahovať. Keďže sa bude jednať o zariadenie, ktoré sa bude neskôr sériovo vyrábať (aspoň také sú predpoklady), tak sa musí dbať na jednoduchú vyrobiteľnosť, oživenie, reprodukovateľnosť, ale zároveň aj na maximálnu funkčnosť, pretože sa jedná o bezpečnostné zariadenie. Musí sa dbať na

kvalitu a nie kvantitu, a zároveň musí byť adekvátna výrobná a predajná cena, aby si to ľudia mohli dovoliť. V praxi sú tieto požiadavky dosť protichodné, a tak sa budeme snažiť o kompromis, ale funkčnosť a kvalita musí byť zachovaná nekompromisne.

2.1 Čo by malo zariadenie obsahovať?

Pre odpoveď na túto otázku je nutné spraviť prieskum medzi starými ľuďmi a zároveň ľuďmi, ktorí sa o nich starajú. Z týchto údajov vybrať tie najčastejšie a najdôležitejšie, pretože je jasné, že nemôžeme pokryť úplne všetky prípady v jednom zariadení.

Najhlavnejšia funkcia je samozrejme zavolanie prvej pomoci a to čo najľahšou cestou a pokiaľ možno automaticky. Ďalej by sa malo jednať o funkcie, ktoré budú starej osobe uľahčovať život. Teraz si uvedieme zhrnutie tých funkcií, ktoré z prieskumu vyšli ako dôležité, a ktorým sa potom budeme venovať jednotlivo v nasledujúcich kapitolách.

- Privolanie prvej pomoci.
- Pripomínanie pitného režimu.
- Pripomínanie užívania liekov.
- Detekcia úniku zemného plynu.
- Napájanie zo záložného zdroja el. energie.
- Informácia o aktuálnom čase a dátume.
- Veľmi jednoduché ovládanie.
- Možnosť konfigurácie na diaľku inou osobou.
- Upozornenia budú vykonávané akusticky a opticky.
- Možnosť privolania pomoci, aj keď osoba nie je priamo pri zariadení.
- Elegantný a účelný dizajn.
- Grafický displej

3 KONCEPCIA ZARIADENIA

Ešte prv, ako pristúpime k detailnejšiemu popisu jednotlivých funkcií, tak musíme určiť koncepciu nášho riešenia. Ideálne by bolo, keby naše zariadenie mal starý človek neustále pri sebe, aby bolo v prípade núdze neustále dostupné. Bola by to teda forma

istého „Panic buttonu“. Tieto voľne preložené núdzové tlačidlá sú hojne používané a ich príklady môžeme vidieť na obr. 1. Je však vidno, že sú jednoduché a plnia len základnú funkciu a to je privolať pomoc. Funguje to na rôznych princípoch, ale poväčšine sa jedná o vyslanie SMS správy s preddefinovaným textom, alebo o vyslanie GPS súradníc na dispečing mestskej polície alebo záchrannej služby. Na Slovensku sa takéto riešenie aplikovalo napríklad v roku 2012 v meste Trebišov [1]. V kapitole 2.1 sme však definovali oveľa komplexnejšie riešenie, ktoré sa nám rozmerovo nezmesť (snímač plynu, grafický displej...) do takéhoto „Panic buttonu“ a tým ho nechávame zatiaľ bokom.



Obr. 1 - Príklady „Panic Button-ov“ od rôznych výrobcov

Ak chceme, aby naša koncepcia mala všetky požadované funkcie a zároveň bola vždy po ruke, tak prakticky jediným riešením je to, že zariadenie rozdelíme na dve časti. Jedna časť bude neprenosná, pevná a bude predstavovať akési centrum alebo mozog nášho zariadenia. Môžeme ju pokojne označiť za hlavnú jednotku. Druhá jednotka bude predstavovať mobilnú jednotku, ktorá bude plniť napríklad len funkciu vyššie spomínaného „Panic buttonu“. Takáto koncepcia [2] nie je taktiež novinkou na trhu a môžeme ju vidieť na obr. 2. Naskytá sa teda otázka, či vôbec má zmysel dané zariadenie konštruovať a vyvíjať. Po pátraní internetom som v podstate nenašiel

podobné zariadenie s tým, ktoré chceme navrhnuť my. Celkom bežne mali funkcie ako pripomínanie liekov, detektory pohybu, ale na druhej strane nemali napr. snímač zemného plynu, grafický displej. Ďalej som narazil na problém, že nie všetky spoločnosti zaoberajúce sa vývojom podobných systémov sú stále aktívne. Väčšinou sa jednalo o čínske výrobky, kde nebolo možné sa dopátrať k výrobcovi, alebo boli stránky výrobcu nefunkčné. A keďže náš systém by mal byť určený predovšetkým pre slovenský a kúsok šťastia aj stredoeurópsky trh, tak by bol lokálny výrobca len výhodou.



Obr. 2 - Sériovo vyrábaný záchranný systém pre starých ľudí [2]

3.1 Mobilná jednotka

Vráťme sa späť k nášmu riešeniu a zamerajme sa teraz na mobilnú jednotku. V podstate máme na výber dve možnosti. Prvá možnosť je, že ju navrhujeme komplet od základu ako hlavnú jednotku (tú musíme jednoznačne navrhnuť podľa seba), alebo použijeme niečo hotové a sériovo vyrábané, pre ktoré napíšeme svoj vlastný obslužný softvér. Táto jednotka by mala s hlavnou jednotkou komunikovať bezdrôtovo, aby bola zaručená mobilita osoby. Bezdrôtová sieť by mala mať dostatočný dosah aj v obytnom priestore

a zároveň aby sa ľahko implementovala. Takisto je požiadavka aj na čo najnižšiu cenu, tak by bolo vhodné, aby komunikačné moduly boli čo najlacnejšie.

Z týchto úvah vyplýva, že použitie ZigBee, Bluetooth, Wi-fi nie je vhodné, pretože moduly na uvedené typy bezdrôtových sietí sú dosť drahé a navyše ich protokoly sú dosť zložité. Naším požiadavkám by teda vyhovovala zatiaľ „nejaká“ bezdrôtová sieť na frekvenciách 433MHz a 868MHz, na ktoré sa dajú RF moduly bez problémov kúpiť za dobrú cenu.

Ideálne by bolo, keby táto mobilná jednotka bola vo forme hodín, ktoré by mal starý človek neustále na ruke. Riešenie, ktoré sa len zavesí na krk má nevýhodu, že ak ide človek spať, tak si ho musí dať z krku dole, aby ho neškrtilo a nebodaj aj nespôsobilo vážnejšie problémy. Pri hodinkách toto nehrozí a navyše podávajú aj informáciu o čase, prípadne iné informácie, ako sa dozvieme o chvíľu.

Vidíme, že naše požiadavky sú pomerne špecifické, ale aj napriek tomu máme šťastie. Kolega z práce ma upozornil na fakt, že firma Texas Instruments vyrába hodinky EZ Chronos [3], ktoré sú určené pre medicínske a športové účely. V podstate sa jedná o HW hodín, do ktorého si užívateľ naprogramuje svoj vlastný obslužný softvér.



Obr. 3 - Hodinky EZ Chronos od Texas Instruments [3]

Ako je z obr. 3 vidieť, tak hodinky vyzerajú celkom elegantne a majú už na prvý pohľad dosť funkcií a pomerne veľký displej, ktorý nám bude užitočný a zaistí potrebný komfort.

Vymenujme si, čo všetko tieto hodinky obsahujú:

- Trojosí akcelerometer
- Snímač okolitej teploty
- Snímač atmosférického tlaku
- Mikrokontrolér so vstavaným RF modulom (433MHz, 868MHz a 915MHz)
- Piezo bzučiak
- Štyri ovládacie tlačidlá
- Podsvietený displej

Vidíme, že v podstate obsahujú všetko potrebné pre našu mobilnú jednotku a majú niečo navyše, čo môžeme použiť v budúcnosti. Cena hodínok sa v čase písanie práce pohybovala okolo 40€, čo je pre nás prijateľné. V podstate by sme ich neboli schopní s takou konfiguráciou, dizajnom za takú cenu vyrobiť. Náš príspevok v rámci mobilnej jednotky teda bude iba čisto vo forme softvéru a volíme ich teda ako mobilnú jednotku pre naše zariadenie.

3.2 Hlavná jednotka

Túto časť nášho zariadenia navrhujeme podľa seba a úplne od základov. V tejto kapitole sa samotným návrhom nebudeme podrobne zaoberať a iba si ujasníme základnú problematiku funkcie a výzoru. Detailný návrh hlavnej jednotky bude potom uvedený v ďalších kapitolách. Naše riešenie by malo byť rozmerovo kompaktné a svojím spôsobom aj elegantné, keďže sa jedná o elektroniku pre domácnosť, respektíve medicínske účely.

Ovládanie zariadenia by malo byť veľmi jednoduché a ideálne žiadne. To však nie je možné a tak sa budeme snažiť, aby nám základnú obsluhu, ktorú bude prevádzať starý človek, stačilo len jedno tlačidlo. Je to dosť výrazné obmedzenie, ale po konzultácii so starými osobami sa to javí ako nevyhnutné, keďže oni si v dnešnej dobe s obsluhou elektronických zariadení neveria. Preto toto riešenie s jedným tlačidlom, ktorého funkcia bude taká, že sa v podstate „nedá“ nič použiť, mala byť vhodná.

Ako sme spomínali, tak v zariadení bude umiestnený záložný akumulátor. Kvôli rozmerom ho budeme voliť typu Li-POL. Tieto akumulátory sú v dnešnej dobe veľmi

používané a ich cena je pomerne nízka. Majú však nevýhodu v tom, že sú pomerne nebezpečné z hľadiska explózie, prípadne vznietenia, ak sa nesprávne nabíjajú alebo veľmi rýchlo vybíjajú. Takisto majú vymedzený rozsah pracovných teplôt [4], ale naša aplikácia bude do bytových priestorov, takže nám to neprekáža. Z týchto dôvodov kvôli bezpečnosti budeme krabičku na zariadenie voliť buď z kovu, alebo zo samozhášavého plastu. Firma, v ktorej pracujem, má dlhoročnú spoluprácu s firmou BOPLA [5], ktorá má široký sortiment plastových krabičiek. Pre našu aplikáciu bola vybraná krabička CIRCUM C 1435 [6], ktorá spĺňa požiadavky aj na dizajn a budeme sa snažiť, aby sa tam naše zariadenie zmestilo.

Ako sme spomenuli v kapitole 3.2, tak mobilná jednotka bude s hlavnou jednotkou komunikovať prostredníctvom RF siete, takže bude treba vyviesť anténu zo zariadenia von alebo použijeme anténu fóliovú, ktorú môžeme nalepiť z vnútra výrobku. My budeme voliť anténu fóliovú pre úsporu miesta a menším mechanickým zásahom do krabičky.

Toľko zhruba k priblíženiu problematiky hlavnej jednotky. Prípadne úpravy, rozšírenia alebo odklony od tohto konceptu budú opísané neskôr a čitateľ bude na to upozornený. Je to preto, že zariadenie je pomerne členité a zložité, a tak na niektoré veci prídeme až pri detailnejšom návrhu.

4 ROZBOR A POPIS FUNKCIÍ

V tejto kapitole si presne určíme čo a akým spôsobom sa jednotlivé funkcie budú vykonávať. V práci sa potom budeme odvolávať na túto časť pri implementácii riešenia po hardvérovej a neskôr softvérovej stránke.

4. 1 Privolanie prvej pomoci

Toto je jednoznačne najdôležitejšia funkcia a preto ňu budú kladené najväčšie nároky. Ujasníme si akým spôsobom môžeme pomoc privolať a prečo sme sa rozhodli práve pre GSM komunikáciu.

Žijeme v informačnej dobe plnej rôznych komunikačných sietí, tak si vymenujeme, ktoré z nich prichádzajú do úvahy, aké majú výhody a nevýhody a zvážime možné riziká.

D úvahy prichádzajú tieto spôsoby menovite:

- Telefónna linka
- Internet
- GSM mobilné siete

4.1.1 Telefónna linka a Internet

Bežná telefónna linka sa z moderných bytoviek a domov postupne vytráca. Telefonické služby už nie sú tak využívané, pretože ľudia môžu medzi sebou komunikovať pomocou mobilných telefónov alebo internetu a to v podstate neobmedzene za bežný paušálny poplatok, ďalej pomocou rôznych sociálnych sietí a hlasového protokolu VoIP (napríklad Skype). Ako je vidieť podľa svetového rebríčka [7] podiel VoIP hovorov na telefonickom trhu prudko vzrástol. Využiť na privolanie prvej pomoci bežnú telefónnu linku je teda neperspektívne. Táto linka sa však okrem hovorových služieb využíva aj na dátové služby ako napríklad DSL pripojenie [8]. Toto riešenie by sa zdalo priechodné, ale aj tu narazíme na nasledovné problémy:

- a) Ak starý človek má telefónnu prípojku a nemá k tomu dátovú službu, tak by si dátovú službu musel najprv zriadiť. A to predstavuje istú komplikáciu, pretože starí ľudia sa v danej oblasti vôbec neorientujú a to by ich mohlo od používania zariadenia odradiť.
- b) Ak je aj dátová služba zriadená, tak pre prepojenie internetovej siete s naším zariadením sú potrebné prostredné súčasti ako je router, switch alebo hub, ktoré je takisto potrebné nakonfigurovať, prípadne musíme spraviť konfiguráciu na našej strane. To však vyžaduje znalosti siete a to je opäť veľká komplikácia, ktorú by musel človek spraviť sám, alebo si zavolať technika od poskytovateľa dátových služieb.
- c) Ďalší problém by vznikol, keby nastal výpadok el. prúdu – členy siete ako router, switch a hub by prestali fungovať, prípadne by museli mať záložné napájanie.

- d) Posledný problém je ten, že v moderných bytovkách a domoch je rozvod robený do jednotlivých bytov už priamo pomocou ethernetových, prípadne optických káblov. To znamená, že ak spoločný router, prípadne switch nemá záložný zdroj, tak pri výpadku el. energie si nijako nepomôžeme a sme bez pripojenia.

Internetové pripojenie môže byť takisto bezdrôtové, ale aj tu narazíme na nutnosť zaradenia do siete. Z vyššie uvedeného vyplýva, že či už telefónna linka, alebo internetové pripojenie nie je pre túto aplikáciu vhodné.

4.1.2 GSM mobilná sieť

Tento typ siete veľmi využívaný a pokrytie signálom je pomerne veľké a závisí od daného poskytovateľa mobilných služieb. Pre staršiu osobu je výhoda v tom, že môže navštíviť ľubovoľného operátora, ktorý mu poskytne SIM kartu a prípadne mu ju rovno vloží do zariadenia StarCheck. Tým pádom musíme konektor na SIM kartu umiestniť tak, aby sa tam SIM karta dala vložiť bez väčších problémov a na to musíme myslieť pri konštrukcii a pri návrhu plošného spoja. Človeku teda odpadne zložitá konfigurácia, respektíve nastavovanie prístroja a tento úkon môže vykonať aj pracovník vybraného mobilného operátora.

GSM sieť má výhodu, že ak nastane lokálny výpadok el. energie, tak pokiaľ bude riešenie obsahovať záložný zdroj, tak prvú pomoc sme stále schopní privolať. Tým je prakticky zabezpečená požiadavka, aby sa potrebná pomoc vždy privolala. Je takisto jasné, že môže nastať v určitých situáciách výpadok u daného operátora. Avšak tento stav je oveľa menej pravdepodobný ako výpadok internetového spojenia kvôli výpadku el. energie, prerušenia metalických alebo optických vodičov a podobne. Navyše môžeme naše riešenie obohatiť o druhú záložnú SIM kartu od iného operátora, čím zaručíme určitú redundanciu.

4.1.3 Princíp privolania pomoci

Z kapitoly 3 vieme, že budeme mať dve zariadenia (mobilnú a hlavnú jednotku) k dispozícii. Záchranné tlačidlo by sme mali teda aplikovať na každú z nich pre prípad, že sa v mobilnej jednotke (ďalej len v hodinkách) môže vybiť batéria, alebo ich staršia osoba niekde zabudne. Ako sme mohli vidieť na obr. 3, tak na hodinkách sú štyri

tlačidlá, ktoré môžeme na túto funkciu využiť. Aby nedochádzalo k vyvolaniu falošných núdzových správ, tak by sme mali využiť len jedno tlačidlo a to také, ktoré je najlepšie vidieť, dobre sa nahmatať aj v tme a je ľahko odlíšiteľné od ostatných. Z obr. 3 je to jednoznačne strieborné tlačidlo vľavo hore (zvyšné dve tlačidlá nie sú vidieť, ale sú rovnaké ako tlačidlo vľavo dole). Aby sme predišli nežiaducemu stlačeniu toho nami zvoleného núdzového tlačidla, tak môžeme určiť, že na to aby zariadenie vyslalo núdzovú správu alebo hovor ho musíme stlačiť 3x po sebe do určitého časového intervalu. Časový interval je nutné zvoliť dostatočne dlhý, pretože starí ľudia majú pomalšie reflexy a zároveň nie veľmi dlhý, aby sa predišlo práve nechceným falošným poplachom (napríklad počas spánku, keď sa osoba otáča). Pre začiatok ho môžeme zvoliť na 5 sekúnd.

Po stlačení núdzového tlačidla na hodinkách 3x za sebou v intervale piatich sekúnd sa bezdrôtovo odošle správa do hlavnej jednotky, ktorá bude umiestnená napríklad v kuchyni na stole. Po zachytení správy sa začne volať núdzový hovor na preddefinované číslo (ako sa zariadenie bude konfigurovať bude uvedené v samostatnej kapitole). Po úspešnom, alebo aj neúspešnom hovore sa pošle núdzová SMS na tri rôzne telefónne čísla. Telefónne čísla môžu byť priamo na záchranné zložky, alebo ktokoľvek iný kompetentný.

Podobná situácia nastane, aj keď osoba privolá pomoc z hlavnej jednotky, len s tým rozdielom, že stlačí tlačidlo na hlavnej jednotke. Pravidlo, že ho musí stlačiť 3x už nemusíme aplikovať pretože nežiaduce stlačenie by nemalo hroziť. Starý človek by mal k zariadeniu mať správny rešpekt a môžeme to poistiť aj tým, že tlačidlo na hlavnej jednotke bude dosť tuhé na stlačenie (prítlačná sila 3.5N a viac).

Núdzový hovor bude pozostávať s prehraním dopredu nahranej správy, ktorú môžeme uložiť vo vhodnom formáte na pamäťové médium. Podrobnejšie si túto problematiku opíšeme v sekcii o prehrávaní zvukových záznamov.

4.2 Pripomínanie pitného režimu

Zo zdravotného hľadiska je dodržiavanie pitného režimu veľmi dôležité v každom veku. Avšak čím je človek starší, tak tým menej pociťuje smäd [9] a v podstate sa málokedy napije skôr, ako smäd ucíti. Tento fakt spôsobuje, že niekedy dochádza u seniorov až k dehydratácii organizmu a to nemusí byť ani teplé letné počasie. Znížený prah smädu

d'alej spôsobuje, že sa menej potia, a tým pádom sa ľahšie prehrejú. Ich cievny systém nie je už tak výkonný a prehriatie organizmu môže spôsobiť závažné problémy ako infarkt, mozgovú mŕtvicu, alebo v niektorých prípadoch aj smrť. Pri dehydratácii sa taktiež môžu v krvi vytvoriť krvné zrazeniny, ktoré spôsobia upchatie ciev.

Preto do nášho zariadenia naimplementujeme aj túto funkciu, ktorá bude v pravidelných intervaloch pripomínať starej osobe, že sa má napiť. Jednotlivé intervaly môžeme určiť tak, že si stanovíme hodinu, od ktorej začneme pitný režim pripomínať, interval ako často ho budeme pripomínať a hodinu, kedy ho prestaneme pripomínať. Tieto časy si samozrejme navolí užívateľ buď pomocou SMS správy, alebo konfiguračného menu, ktoré budú opísane v samostatnej kapitole o konfigurácii zariadenia. Pomocou týchto troch časových údajov môžeme efektívne pokryť časť dňa a vyhnúť sa na večerným respektíve nočným hodinám (keď osoba napríklad spí).

Pripomínanie bude pozostávať z prehrávania zvučky, ktorá bude symbolizovať, že sa má osoba napiť a zároveň aj opticky, napríklad blikaním podsvietenia grafického displeja. Ak nastane tento stav, tak osoba môže túto pripomienku zrušiť stlačením tlačidla, ktoré bolo určené na SOS funkciu (pripomíname, že na hlavnej jednotke máme len jedno viditeľne tlačidlo). Je jasné, že tento stav musíme potom ošetriť pomocou obslužného softvéru.

V kapitole **3.1** sme uviedli, že hodinky obsahujú piezo menič. Mohli by sme to využiť tak, že časové intervaly pre pitný režim prenesieme aj do hodínok a tie budú akusticky pripomínať pitný režim, aj keď sa osoba nebude nachádzať v blízkosti hlavnej jednotky.

Zrušenie (potvrdenie) pripomienky na hlavnej jednotke budeme chápať tak, že sa daná osoba napila. Zrušenie (potvrdenie) pripomienky na hodinkách spôsobí, že na hodinkách sa pitný režim prestane pripomínať, ale na hlavnej jednotke bude stále signalizovať, že je pripomienka pitného režimu nevybavená, čiže ju musíme zrušiť aj tam. Je to z dôvodu, že keď sa začne pitný režim pripomínať, tak daná osoba nemusí byť v blízkosti hlavnej jednotky (môže byť napríklad v obchode), takže jej nebude mať dať ako vedieť (nemáme taký vysielací výkon). Prípadne osoba nemusí túto pripomienku na hodinkách poslúchnuť, alebo nebude mať možnosť sa napiť. V takomto prípade, keď príde domov, tak uvidí pripomienku na hlavnej jednotke a hneď to môže napraviť.

4.3 Pripomínanie užívania liekov

O dôležitosti pravidelného užívania liekov nemusíme vôbec pochybovať. Lieky by sa mali brať v presne daných intervaloch, aby bola zaručená ich účinnosť, prípadne zdravie človeka, ak sa jedná o lieky na krvný tlak, srdce a podobne.

Aby bol náš systém dostatočne flexibilný, tak užívateľ si môže sám nastaviť čas, kedy sa má vyvolať pripomienka na užitie liekov. Týchto časov si môže nastaviť 5 a to v ľubovoľnú hodinu a minútu dňa. Jednotlivé časy kedy si má starý človek užiť lieky, môže nastaviť napríklad aj lekár (sestrička) pomocou SMS správy, prípadne lekárnik, alebo si ich môže starý človek nastaviť sám pomocou jednoduchého menu, alebo SMS správy. Podrobnejší popis, ako sme už spomínali v kapitole 4.2, bude v kapitole o konfigurácii zariadenia.

Ak sa vyvolá pripomienka, tak náš systém začne akusticky aj vizuálne upozorňovať na užitie daného lieku. Môžeme sa ďalej aj pohrať s myšlienkou, že by sa na displeji zobrazili aj lieky, ktoré si má starý človek užiť (aby nedošlo k omylu, tak názvy liekov môže nastaviť rovno doktor, sestra). Ak si človek užije lieky, tak stlačí tlačidlo na hlavnej jednotke a tým hlavná jednotka považuje túto pripomienku za vybavenú. Hlavná jednotka môže taktiež poslať tieto časy do hodínok, ktoré budú túto pripomienku pripomínať akustickým signálom, pokiaľ osoba nestlačí na hodinkách tlačidlo pre zrušenie pripomienky. Na hlavnej jednotke bude ale pripomienka stále upozorňovať, že dané lieky neboli užité z dôvodu ako bol vysvetlený v kapitole 4.2. Po stlačení tlačidla na hlavnej jednotke sa všetko opäť považuje za vybavené.

4.4 Detekcia úniku zemného plynu

Zemný plyn je bezfarebný plyn bez chuti a zápachu, a preto sa zemný plyn odorizuje látkou, ktorá zabezpečí aby zapáchal aj pri nízkej koncentrácii [10]. Zemný plyn teda nie je až tak nebezpečný z hľadiska vplyvu na zdravie človeka (len nie je dýchatelný), ale z hľadiska toho, že je horľavý a so vzduchom tvorí výbušnú zmes pri koncentrácii 5% až 15% (tzv. dolná a horná medza výbušnosti). Spaľovaním zemného plynu vzniká v ideálnom prípade len vodná para a oxid uhličitý CO_2 . Niekedy však nie je spaľovanie ideálne a potom vzniká aj veľmi nebezpečný oxid uhoľnatý CO . To môže nastať vtedy, ak zemný plyn nemá na horenie dostatok kyslíka (napríklad ak používame neprimerane

veľké nádoby na varenie, ak máme zanesené výmenníkové plochy na prietokovom ohrievači a podobne). Starí ľudia väčšinou žijú na dedinách a v starých domoch, kde problémy s únikom plynu hrozia a to bohužiaľ aj preto, že nemajú peniaze na opravy a pravidelnú údržbu spotrebičov.

Nám teda bude stačiť ak budeme schopní detegovať spodnú hranicu koncentrácie zemného plynu a s dostatočnou rezervou, a to napríklad $< 0.5\%$. Návrh meracej časti a výber snímača som už popisoval vo svojej bakalárskej práci a ešte si ho zopakujeme a upravíme v samostatnej kapitole.

4.5 Ostatné funkcie zariadenia

Ostatné funkcie respektíve požiadavky zhrnieme do jednej kapitoly, pretože sa jedná o funkcie, ktoré dopĺňajú základnú funkčnosť a v podstate sa dajú opísať pár slovami. Podľa kapitoly 2.1 nám ešte ostáva doplniť informáciu o čase a dátume, aby sa jednotlivé pripomienky opísané v predchádzajúcich kapitolách mohli vykonávať v správnom čase. Časový údaj by mal byť zobrazený na väčšej časti displeja, aby bol dobre viditeľný.

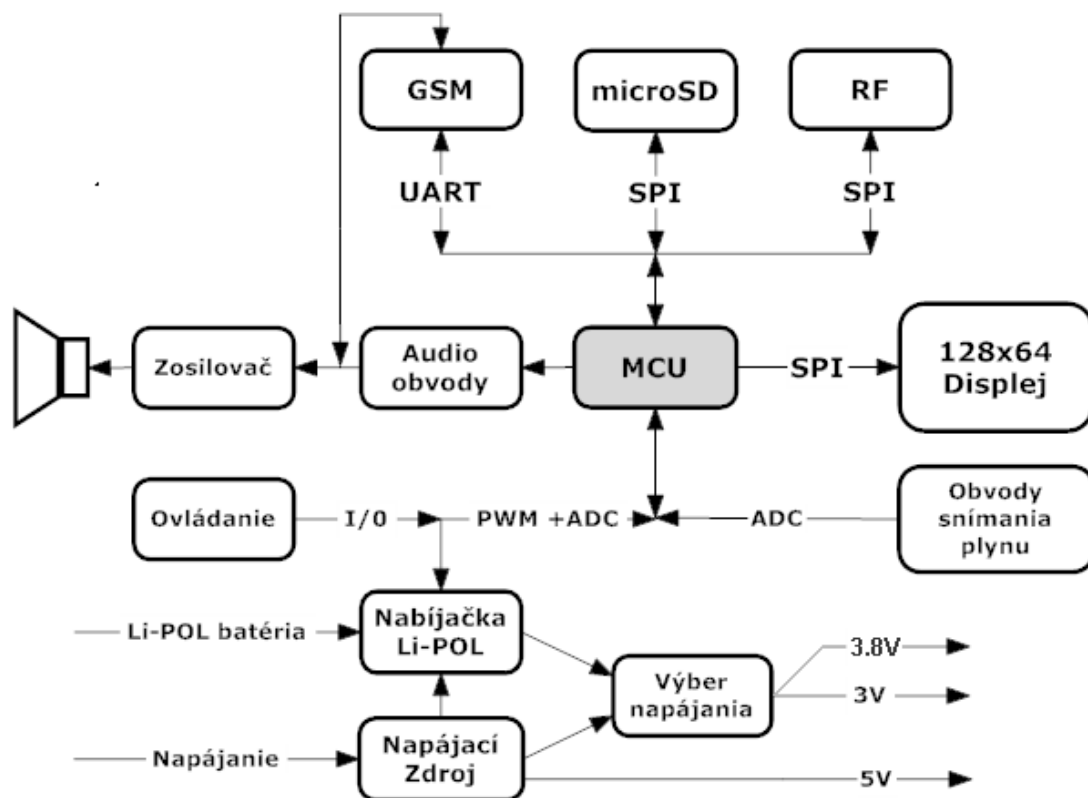
V priebehu tohto teoretického návrhu som sa pohrával s myšlienkou, aby starý človek mohol so zariadením telefonovať na preddefinované čísla (napríklad syn, dcéra, priatelia...). Po istom čase som ale dospel k názoru, že by to nebolo vhodné, pretože starý človek by mal mať k zariadeniu určitý zdravý rešpekt a telefonáty využíval len v núdzi. Jedná sa o to, že ak by boli možné hovory medzi blízkymi, tak by si mohol rýchlo minúť kredit, prípadne prekročiť paušál u mobilného operátora a potom, keby naozaj prišlo k najhoršiemu, tak by sa hovor nemal ako uskutočniť.

5 OBVODOVÝ NÁVRH ZARIADENIA

V predchádzajúcich sekciách sme sa venovali teoretickému návrhu, čo by malo naše zariadenie vykonávať. V tejto časti už pristúpime na konkrétny obvodový návrh.

5.1 Bloková schéma zapojenia

Pred samotným návrhom je dobré si spraviť základnú predstavu o zariadení, kde si utriedime myšlienky a premyslíme určitú stratégiu návrhu. Na toto je veľmi dobrá bloková schéma, ktorú pre náš systém môžeme vidieť na obr. 4.



Obr. 4 - Bloková schéma zariadenia

Ako môžeme vidieť srdcom celého zapojenia bude mikrokontrolér rady **MSP430**, ktorého výber do zadania si neskôr podrobnejšie vysvetlíme. Napájanie zariadenie bude od adaptéra, ktorý musíme vhodne nadimenzovať, pretože pri GSM komunikačnom module môžeme predpokladať veľkú spotrebu pri vysielaní. Napájaním **3V**, **3.8V** a **5V** sú napájané všetky bločky na obr. 4 a pre prehľadnosť neboli do každého bločku

zavedené. Zároveň vidíme, že 5V sekcia napájania nie je zálohovaná z akumulátora a budeme ju využívať na také funkcie, ktoré pri výpadku el. energie nebudeme potrebovať (napríklad podsvietenie displeja). Záložný akumulátor budeme voliť na bežné napätie **3.8V** v nabitom stave.

5.2 GSM komunikačný modul

Na trhu je niekoľko výrobcov, ktorí sa venujú vývoju týchto komunikačných modulov a medzi najznámejšie patria firmy Quectel [11] a SIMCOM [12]. Firma SIMCOM patrí do kategórie, ktorá má prijateľnú cenu a navyše firma, v ktorej pracujem výrobky od tejto firmy používa, takže voľba padla na GSM komunikačný modul SIM900 [13].

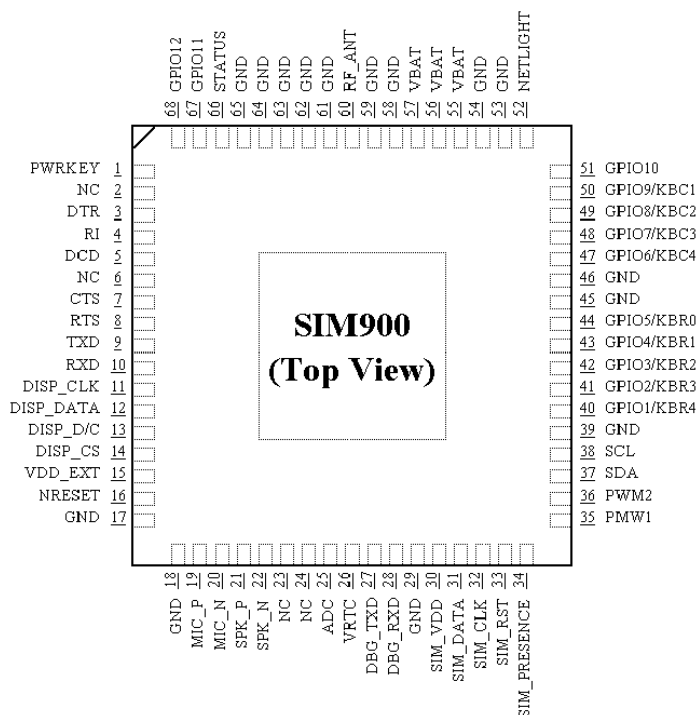


Obr. 5 - GSM modul SIM900 [12]

Základné parametre modulu SIM900:

- Napájacie napätie je v rozsahu **3.2V** až **4.8V**.
- Podporuje 4 frekvenčné pásma (850MHz/900MHz/1800MHz/1900MHz).
- Podpora **1.8V** aj **3V** rozhrania so **SIM** kartou.
- Výstup na externú anténu.
- Dve sériové **UART** rozhrania (pre komunikáciu a aktualizáciu firmware) s logikou **0V** až **2.8V**. Modul komunikuje pomocou AT príkazov.
- Audio rozhranie má techniku potlačenia šumu a ozveny.
- Podpora hlasového hovoru, **SMS** správ a **GPRS**.
- Pracovný rozsah teplôt je od **-30°C** do **+80°C** pri normálnej činnosti.

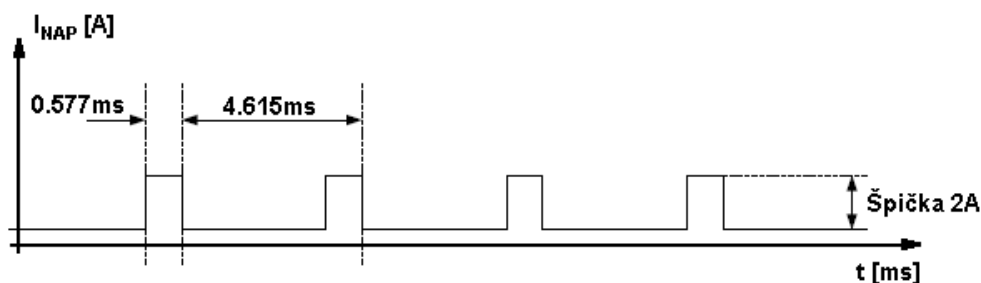
Zapojenie jednotlivých pinov modulu SIM900:



Obr. 6 - Pinout GSM modulu SIM900 [13]

5.2.1 Napájanie modulu SIM900

Napájacie napätie zvolíme zhruba na stred povoleného rozsahu napájacích napätí a také, aké bude mať nabitý akumulátor a to na hodnotu **3.8V**. Pri dimenzovaní napájacieho zdroja nás výrobca upozorňuje na fakt, že behom burst vysielania modul odoberá zo zdroja špičkový prúd až **2A**, čo môžeme vidieť aj na obr. 7.

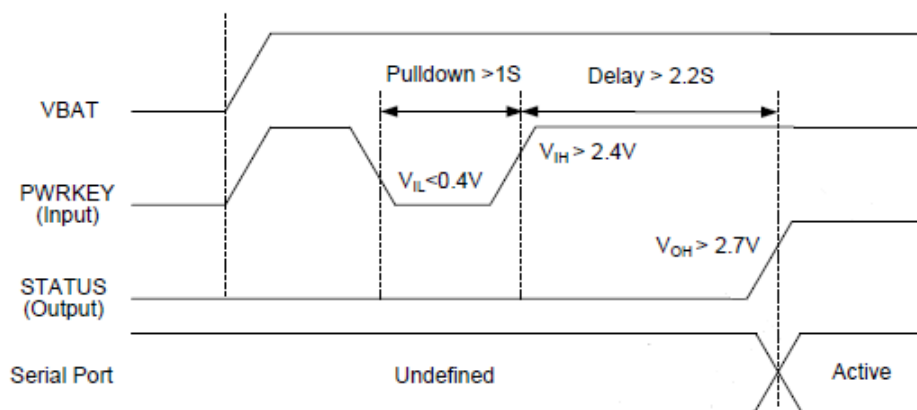


Obr. 7 - Prúdové špičky pri burst vysielaní SIM900, podľa [13]

5.2.2 Zapnutie a vypnutie modulu SIM900

Po privedení napájania na modul SIM900 je jeho východiskový stav vypnutý. Na zapnutie alebo vypnutie tohto modulu sa používa pin PINKEY, ktorý je na obr. 6. Na tento pin nie je možné len jednoducho pripojiť vstupno/výstupný pin mikrokontroléra, ale výrobca doporučuje na jeho spínanie použiť tranzistor v zapojení spoločný kolektor a pin PINKEY tým „sťahovať“ do **0V**.

Ďalej je nutné dodržať aj určité časové intervaly pre korektné zapnutie alebo vypnutie, ktoré sú uvedené na obr. 8. Vypnutie modulu je možné rovnakým spôsobom ako jeho zapnutie, prípadne pomocou AT príkazu **AT+CPOWD=1**.



Obr. 8 - Časový priebeh na PINKEY [13]

5.2.3 Sériové porty modulu SIM900

Modul disponuje dvoma sériovými portami o logických úrovniach **0V** až **2.8V**. Prvý sériový port je určený na komunikáciu s mikrokontrolérom, ktorý je označený výrobcom ako „Serial port“, a druhý sériový port označený ako „Debug port“ a slúži na odladovanie a prípadný update softvéru v module SIM900.

Serial port obsahuje okrem samotných **TxD** a **RxD** vodičov aj signály pre riadenie toku dát. SIM900 ich však nemusí mať nutne použité a tak ich nepoužijeme ani my kvôli úspore voľných pinov na mikrokontroléri.

Jediný problém nám môže robiť to, že napäťové úrovne sú maximálne do 2.8V [14] a vyššie napätie už výrobca neodporúča. My budeme komunikovať s mikrokontrolérom, ktorý má napájanie zvolené 3V a teda potrebujeme, aby sme signál

TxD z mikrokontroléra zmenšili na úroveň 2.8V. So signálom **RxD** na mikrokontroléri nemusíme robiť vôbec nič, pretože signál **TxD** z modulu SIM900, ktorý je pripojený na spomínaný **RxD** na mikrokontroléri má síce logickú jednotku v úrovni 2.8V, ale MSP430 túto úroveň hravo zvládne a vyhodnotí správne. Viac o dovolených toleranciách na komunikačných zberniciach MSP430 bude uvedené v samostatnej kapitole a nám teda zatiaľ stačí, že to bude po elektrickej stránke v poriadku.

Ostáva nám teda navrhnuť obvod, ktorý upraví 3V log. 1 z mikrokontroléra na 2.8V úroveň, čo je pre modul SIM900 ešte bezpečná úroveň, aj keď maximálna. Toto môžeme dosiahnuť obvyčajným napäťovým deličom a určíme si hodnoty **R12** a **R13** podľa schémy na obr. 9. Keďže by sme riešili jednu rovnicu o dvoch neznámych, tak si jeden odpor určíme, teda $R13 = 10k$. $R12$ musíme dopočítať podľa rovnice

$$U_2 = U_1 \frac{R13}{R12+R13} \xrightarrow{\text{úpravou}} R12 = R13 \frac{U_1 - U_2}{U_2}, \quad (5.1)$$

kde U_1 je napätie na strane mikrokontroléra, teda $U_1 = 3V$ a U_2 je napätie na strane modulu SIM900 a teda $U_2 = 2.8V$. Výsledný odpor $R12$ je teda po dosadení do (5.1) rovný **$R12 = 712\Omega$** . Táto hodnota je však mimo bežnú radu a nakoniec volíme **$R12 = 1k$** , čo nám posunie úroveň ešte o kúsok nižšie pretože 2.8V je na SIM900 uvedené ako maximum.

5.2.4 Pripojenie SIM karty

Samotný modul nedisponuje konektorom na SIM kartu a preto ju musíme pripojiť externe. Výrobca odporúča použiť ochranné rezistory o hodnote 22Ω a použiť blokovací kondenzátor $220nF$. Maximálnu hodnotu, ktorú tento kondenzátor môže mať je $1\mu F$ a ak by sme náhodou použili väčšiu hodnotu (bežne sa na integrované obvody používa dvojica $100nF$ a $10\mu F$ paralelne), tak by mohlo dochádzať k náhodným výpadkom komunikácie so SIM kartou, kvôli rozkmitaniu napätia na pine V_EXT . Schéma zapojenia je uvedená taktiež na obr. 9.

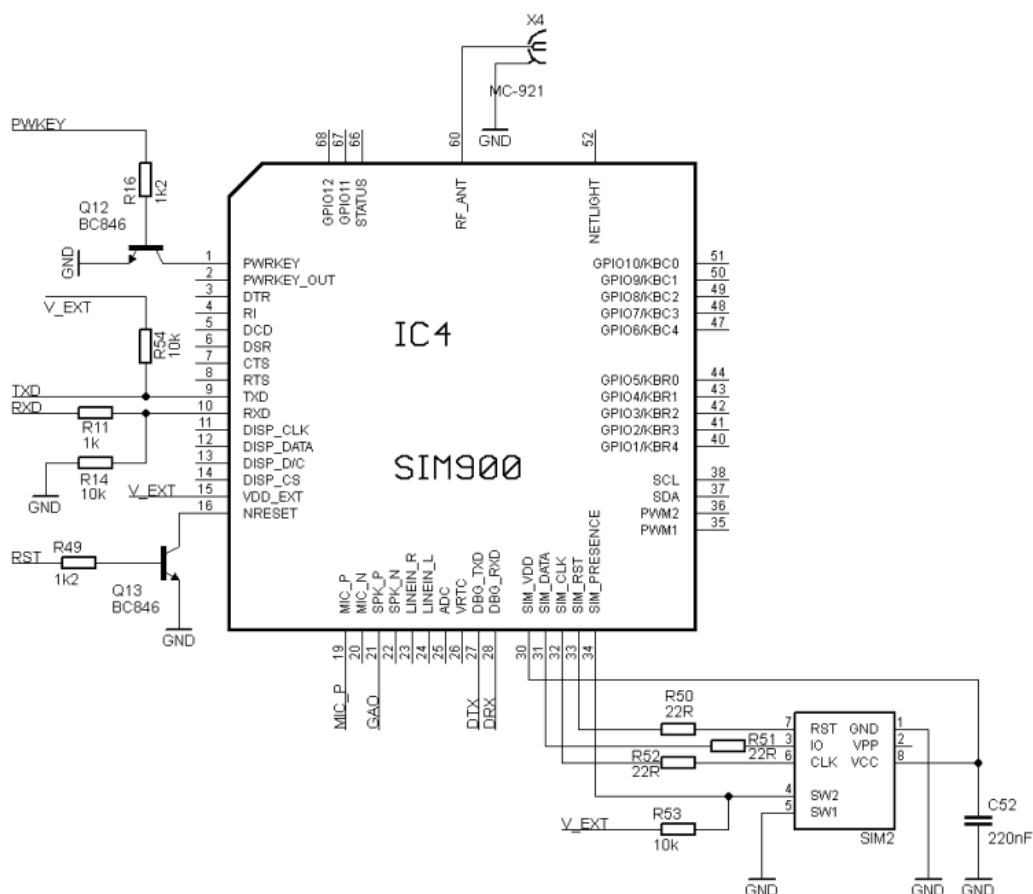
5.2.4 Audio rozhranie

Modul SIM900 má k dispozícii mikrofónový vstup a $32\Omega / 91mW$ výstup pre pripojenie externého reproduktora. Mikrofónový vstup má digitálne nastaviteľné zosilnenie a tým

poskytuje určitú variabilitu. Na tento vstup bude ako vyplýva z blokovej schémy na obr.4 a kapitoly 4.1.3, pripojený mikrokontrolér, ktorým budeme generovať zvuky a hlasovú správu. Spôsob generovania zvukov si popíšeme neskôr v ďalšej kapitole.

Audio výstup z modulu SIM900 je nutné pripojiť na reproduktor cez zosilňovač aby sme dosiahli požadovaný výkon 1.5W do 8Ω reproduktora, ktorý som dopredu určil experimentálne za najvhodnejší z hľadiska rozmerov použitého reproduktora a úrovne hlasitosti.

Modul SIM900 má oba tieto vstupy riešené ako diferenciálne. Pre našu potrebu je to však zbytočná komplikácia a a vystačíme si len so single-end zapojením. Datasheet [13] uvádza, že pri takomto zapojení necháme piny MIC_N a SPK_N voľné a piny MIC_P a SPK_P budeme používať na naše účely a budú pripojené na audio obvody, ktoré si popíšeme neskôr.



Obr. 9 - Schéma zapojenia modulu SIM900

5.3 RF komunikačný modul

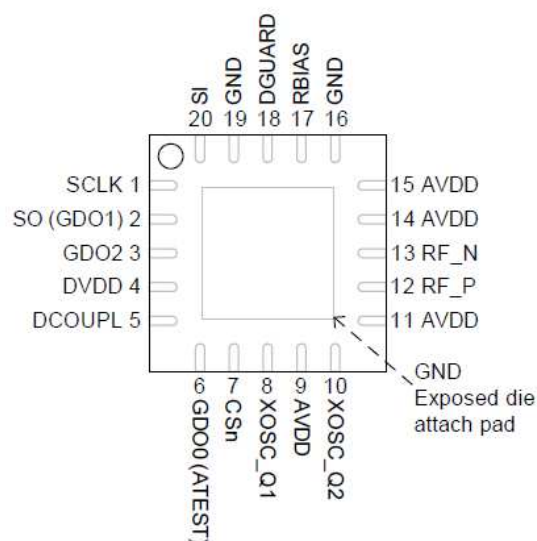
V kapitole 3.1 sme si objasnili dôvod potreby RF komunikácie. Na trhu je veľa výrobcov, čo vyrábajú RF moduly, ktoré môžu byť riešené buď ako vysielateľ (transmitter), prijímač (receiver), alebo kombinácia oboidvoch v jednom púzde a vtedy sa jedná o takzvaný transciever. Keďže môžeme predpokladať obojsmernú komunikáciu, tak budeme hľadať práve spomínaný transciever. Modul RF transcieveru by mal mať aj dostatočne silný vysielateľ, aby dokázal pokryť plochu bežného obydľia. Je nutné podotknúť, že z tohto pohľadu by bola vhodnejšia frekvencia 433MHz. Avšak hodinky, ktoré budeme používať komunikujú na frekvencii 868MHz, takže sa musíme prispôbiť, prípadne by bolo vhodné, aby sa vysielacia frekvencia dala nastaviť.

Vieme, že hodinky sú produktom firmy Texas Instruments a vo vnútri je použitý RF mikrokontrolér práve od nich [15]. Výrobca taktiež odporúča na komunikáciu s týmito hodinkami používať práve taký modul, aký je obsiahnutý v samotnom mikrokontroléri v hodinkách, aby bola zaručená plná kompatibilita a zároveň si uľahčíme prácu s prispôbovaním a odladňovaním komunikačných problémov, ktoré bývajú často obtiažne a zdĺhavé. Z ponúknutých obvodov bol teda vybraný RF transciever obvod CC1101 [16].

5.3.1 Základné parametre a popis obvodu CC1101:

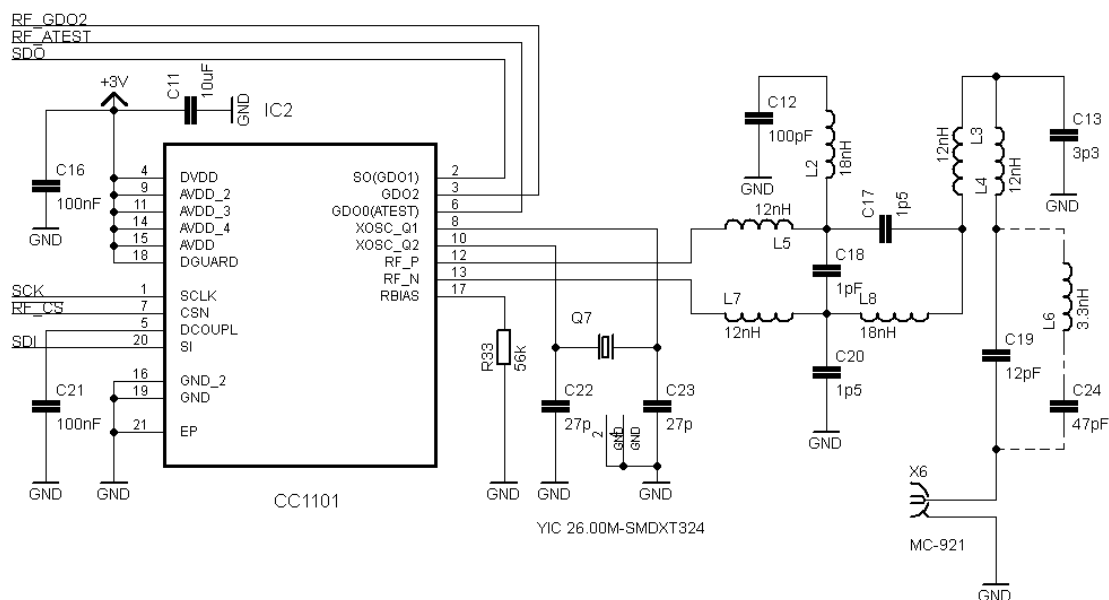
- Vysoká citlivosť prijímača **-112dBm**.
- Maximálny vysielací výkon **12dBm**.
- Rôzne typy modulácií: 2-FSK, 4-FSK, GFSK, MSK, OOK.
- Komunikácia po **SPI** zbernici.
- **RSSI** detektor.
- Možnosť predprogramovanej hlavičky dát (preamble).
- Automatický výpočet CRC, automatické vybielenie dát a mnoho iného.
- Umožňuje nastaviť nosnú frekvenciu na požadovanú hodnotu.
- Fázový záves a stabilita vysielacieho kmitočtu.

Obvod CC1101 vykazuje aj veľmi dobrú prúdovú spotrebu hlavne v kľudovom režime, čo je pri batériou zálohovaných aplikáciách výhodou.



Obr. 10 - Rozloženie vývodov na obvode CC1101 [16]

Obvod ponúka dva **GDO0** a **GDO2** digitálne vstupy, ktoré si môže užívateľ nakonfigurovať na požadovanú funkciu, ktorú výrobca poskytuje. Môže sa jednať napríklad o zmenu logickej úrovne pri naplnení zásobníka, pri jeho vyprázdnení a podobne, čo sa môže využiť pri komunikácii s týmto obvirom.



Obr. 11 - Schéma zapojenia obvodu CC1101 pre frekvenciu 868MHz

Schéma zapojenia na obr. 11 je presne podľa datasheetu od výrobcu, ktorej sme prevzali aj hodnoty jednotlivých súčiastok. Čiarkovanou čiarou je uvedená možnosť modifikácie zapojenia, ak chceme potlačiť nechcenú emisiu na frekvencii 699MHz.

Keďže sa v tejto kapitole zaoberáme návrhom po HW stránke, tak je nutné dodať, že pri návrhu plošného spoja si musíme dať pozor na zásady správneho rozloženia cestičiek vo vysokofrekvenčnej časti, pretože sa tam môžu zásadným spôsobom prejaviť parazitné kapacity a indukčnosti, čo môže znehodnotiť vysielaný signál.

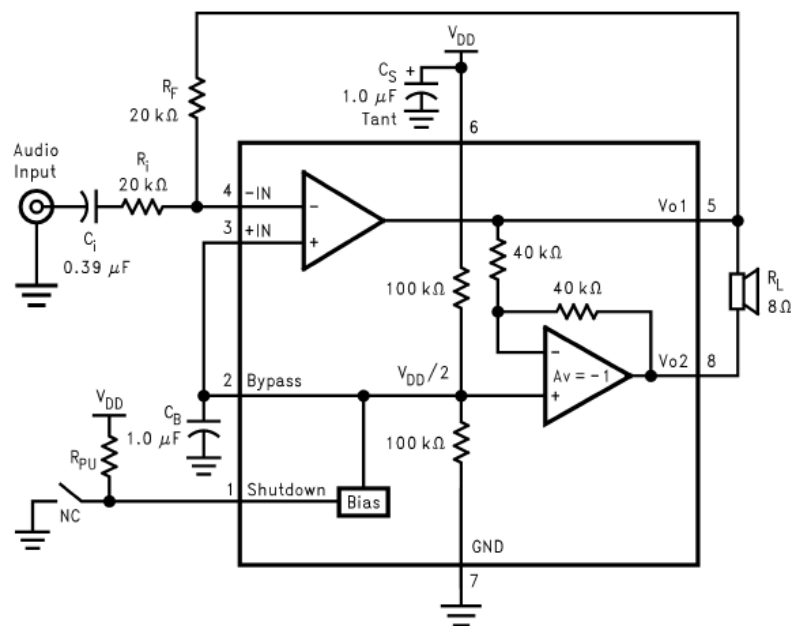
5.4 Audio obvody

V našom zariadení sa nebude jednať o zapojenia špičkových parametrov. Je to z dôvodu, že z mikrokontroléra budeme generovať zvuky uložené vo formáte .WAV, ktoré majú 8 bitovú hĺbku a 8kHz vzorkovaciu frekvenciu. Aby sme splnili Shannon-Kotelnikov vzorkovací teorém, tak maximálna možná frekvencia, ktoré je vzorkovaná môže byť 4kHz. V praxi nám to pri takomto zariadení vôbec nevádi, veď aj mobilné telefóny prenášajú hlas zhruba do tejto frekvencie. A zároveň to znižuje vyššie spomínané nároky na zapojenie, čo v konečnom dôsledku ušetrí peniaze a to je tiež jeden z hlavných aspektov návrhu.

5.4.1 Koncový zosilňovač

V kapitole 5.2.4 sme spomenuli, že sme pokusom určili jeho parametre tak, aby bol schopný dodať 1.5W na výstup do 8Ω záťaže. Jedná sa pomerne o malý výkon a mnoho výrobcov vyrába tieto koncové stupne aj v SO8 púzdre, čo nám ušetrí miesto na plošnom spoji. Výber padol tak, že sa našiel v podstate najlacnejší a najdostupnejší kandidát a to LM4871M [17].

Jedná sa o monolitický obvod, ktorý si vyžaduje len minimálne množstvo súčiastok na svoju funkciu a jeho zapojenie je možné vidieť na obr. 12. Rezistory R_F a R_i určujú zosilnenie celého obvodu a podľa topológie sa jedná o invertujúci zosilňovač. Keďže má nesymetrické napájanie, tak musí byť vstupný signál posunutý na polovicu napájacieho napätia, aby bol rozkmit rovnomerný na obidve strany. Na tento účel tam slúži vnútorný odporový delič, ku ktorému je nutné pripojiť externý blokovací kondenzátor C_B . Obvod LM4871 obsahuje takisto aj „shutdown“ vstup, ktorým sa dá zosilňovač umlčať siahnutím logickej úrovne na nulu.



Obr. 12 - Zapojenie obvodu LM4871 [17]

5.4.2 Prepínač audio signálov

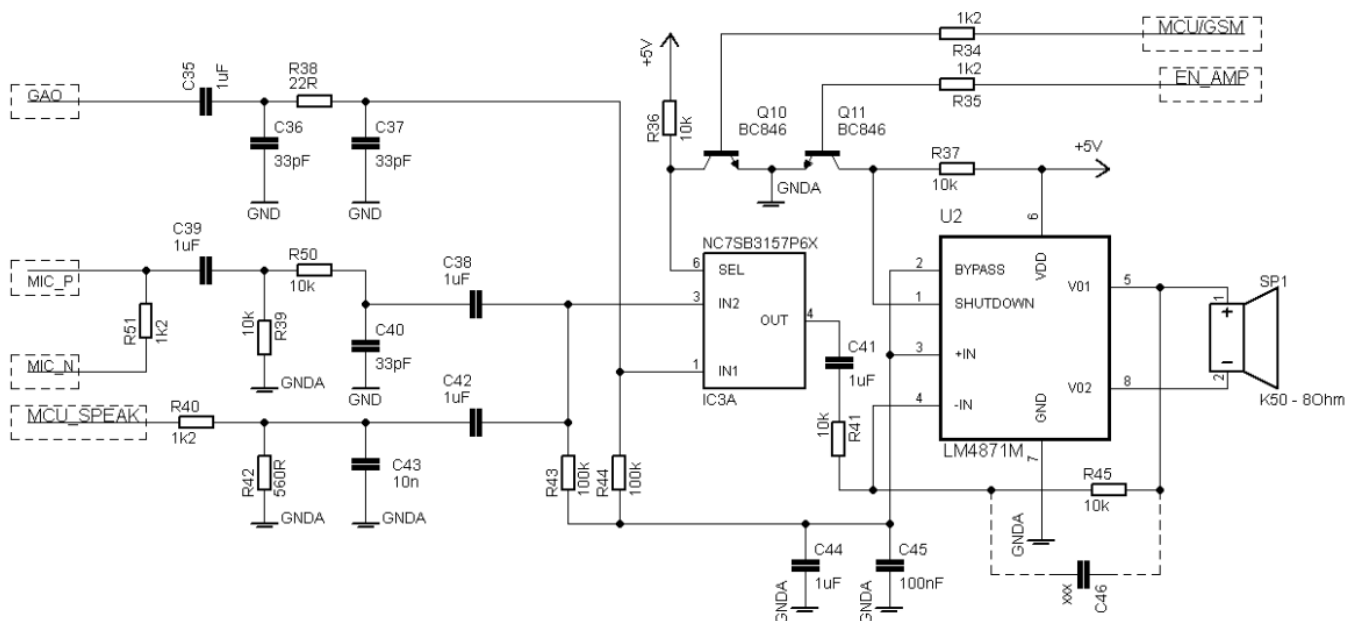
Ako vyplýva z blokovej schémy na obr. 4 a predchádzajúcich kapitol, tak máme v podstate dva zdroje zvukových signálov a to samotný mikrokontrolér a GSM komunikačný modul. To znamená, že v bežnom režime chceme, aby bol zosilňovaný signál z mikrokontroléra, pretože prehráva zvuky pripomienok (napríklad pitný režim, alebo užívanie liekov). V núdzovom režime chceme, aby bol zosilňovaný signál z GSM modulu a osoba počula hlasový hovor. Na túto funkciu potrebujeme analógové signály prepínať medzi sebou, keďže koncový zosilňovač má len jeden vstup. Ďalej potrebujeme aby si nevyžadoval nutnosť symetrického napájania a mal čo najmenšie rozmery. Pri zadaní týchto požiadaviek do internetového obchodu so súčiastkami mi to našlo v podstate jedného adepta, ktorý bol skladom a splňal naše požiadavky. Zároveň som bol milo prekvapený jeho cenou. Jedná sa o obvod NC7SB3157P6X od Fairchild Semiconductor [18].

Tento obvod vo veľmi malom púzdre SC70 umožňuje „rail to rail“ spracovanie signálu, napájanie do 5.5V, odpor v zopnutom stave menší ako 10Ω, 250MHz prenosové frekvenčné pásmo s poklesom v tomto bode 3dB. Ďalej má v počutelnom pásme harmonické skreslenie THD = 0.011% a crosstalk medzi kanálmi v počutelnom

pásme menej ako -80dB, čo sú pre našu aplikáciu až výborné parametre. Zapojenie aj s koncovým zosilňovačom a vstupnými obvodmi môžeme vidieť na obr. 13.

5.4.3 Vstupné prispôbovacie obvody

Zvukové audio signály musíme najprv pred vstupom do prepínača opísaného v kapitola 5.4.2 upraviť na vhodné úrovne.



Obr. 13 - Zapojenie audio sekcie

Obvod LM4871 na pine BYPASS nám vyrába referenčné napätie 2.5V, čo využívame ako offset vstupného signálu, pretože máme nesymetrické napájanie. Vstup koncového zosilňovača prepojíme s výstupom prepínača IC3A cez oddelovací kondenzátor C41, aby sme neovplyvňovali nastavený offset a prepúšťali iba striedavú zložku. Na hodnote kondenzátora až tak nezáleží. Stačí si len uvedomiť, že C41 spolu s R41 tvorí hornopriepustný filter, pre ktorý platí rovnica

$$f_{HP} = \frac{1}{2\pi \cdot R_{41} \cdot C_{41}} \xrightarrow{\text{úpravou}} C_{41} = \frac{1}{2\pi \cdot R_{41} \cdot f_{HP}}, \quad (5.2)$$

kde f_{HP} je medzná frekvencia filtra a môžeme ju zvoliť na počiatok počuteľného pásma, tzn. $f_{HP} = 20\text{Hz}$. Rezistory sme zvolili pre začiatok $R_{41} = 10\text{k}$ a $R_{45} = 10\text{k}$.

Je možné, že ich pri oživovaní zariadenia ešte upravíme, pretože dopredu nevieme odhadnúť dostatočné zosilnenie. Rezistor R41 však môžeme nechať tak ako je a prípadnú zmenu doladiť len R45. Tým pádom, nám R41 definuje vstupnú impedanciu koncového zosilňovača. Dosadením do rovnice (5.2) môžeme vypočítať hodnotu kondenzátora C41

$$C_{41} = \frac{1}{2\pi \cdot R_{41} \cdot f_{HP}} = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 10^3 \cdot 20} = 0.796\mu F, \quad (5.3)$$

a volíme ho z rady kondenzátorov a s väčšou hodnotou a to $C41 = 1\mu F$. Tým sa nám posunie medzná frekvencia smerom doľava, ale to nám nevaďí, skôr vyhovuje.

Tranzistorom Q11 ovládame koncový zosilňovač podľa toho, či chceme aby bol aktívny alebo nie. Vstupy obvodu IC3A priviedieme cez rezistory R43 a R44 na potenciál 2.5V a sú zvolené empiricky.

Na vstup označený MCU_SPEAK privádzame zvukový signál generovaný pomocou mikrokontroléra rady MSP430 z jeho PWM výstupu. Ak zvolíme frekvenciu PWM nad počuteľné pásmo a zároveň ako n násobok vzorkovacej frekvencie .WAV súboru, tak zmenou striedy tejto PWM frekvencie môžeme jednoducho generovať zvukový signál. Ako sme spomenuli v kapitole 5.4, tak vzorkovaciu frekvenciu .WAV súboru sme zvolili 8kHz. Frekvenciu PWM volíme nad počuteľné pásmo a pre istotu aj s určitou rezervou a zvolíme si ju $f_{PWM} = 32kHz$. Keďže mikrokontrolér bude napájaný z 3V, tak by sme mali tento signál zoslabiť pomocou odporového deliča R40 a R42 a hodnoty rezistorov sú opäť zvolené empiricky a pri oživovaní sa nastaví tak, aby boli jednotlivé hlasitosti vyvážené. Kondenzátor C43 je pridaný na prípadné vyhladenie signálu a tvorí spolu s R40 dolnopriepustný filter. Kondenzátor C42 slúži na oddelenie jednosmernej zložky.

Vstup označený GAO je vstup na pripojenie analógového výstupu GSM modulu, zapojenie a voľba súčiastok je podľa datasheetu od GSM modulu SIM900 [13].

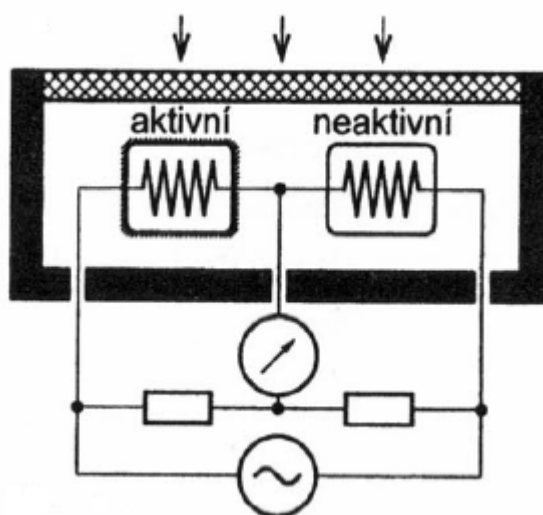
Výstupy označené MIN_P a MIN_N sa pripájajú na audio vstup GSM modulu SIM900 a zapojenie aj hodnota súčiastok je z dokumentu od firmy SIMCOM [19]. Pridali sme jedine napäťový delič z R39 a R50 na prispôbenie úrovni a jeho hodnotu sú taktiež zatiaľ zvolené empiricky.

5.5 Snímanie úniku zemného plynu

Snímaním úniku zemného plynu som sa už zaoberal vo svojej bakalárskej práci [20] a keďže sa bude jednať o v podstate ten istý princíp a zapojenie sa mi osvedčilo, tak ho použijem aj v tomto prípade. Určité súvislosti boli povedané aj v kapitole 4.4, tak prejdime rovno k návrhu meracieho obvodu.

Z dôvodov, ktoré boli popísané v [20] sme sa rozhodli pre snímač od firmy HANKOOK a typ MI-02 [21]. Pripomenieme, že to bolo kvôli tomu, že snímače od firmy Figaro si vyžadovali kalibráciu takú, že bolo nutné zmerať odpor snímača pri koncentrácii plynu $\delta_p = 1000\text{ppm}$. Túto hodnotu výrobca nikde neuvádza a v bežných podmienkach sa robí obtiažne.

Snímač MI-02 patrí medzi termokatalytické senzory alebo pellistory. Tieto senzory sú založené na katalytickom spaľovaní horľavých a výbušných plynov. Analyzovaný plyn preniká cez vrstvu slinutého kovu, ktorý zároveň slúži ako ochrana pred priamym ohňom z aktívnej oblasti. Ku katalytickému spaľovaniu dochádza pri teplote 500°C na výhrevnom vodiči z platiny a tento výhrevný vodič zároveň slúži ako snímač teploty. Aby sa vykompenzovala odchýlka spôsobená teplotou a vlhkosťou prostredia, tak sa používa mostíkové zapojenie.



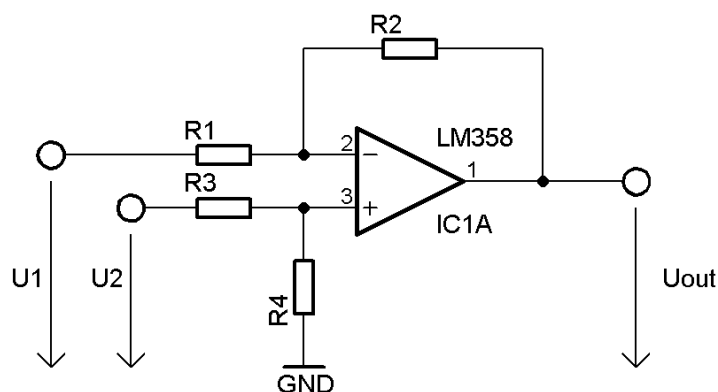
Obr. 14 - Princíp snímača MI-02 [22]

5.5.1 Základné parametre snímača MI-02

- Detegovaný plyn: **Metán, Bután, LPG, LNG**
- Napájanie mostíka: **2.3VDC $\pm$ 10 %**
- Prúd menej než: **210mA $\pm$ 10 %**
- Výkonová strata: **0.46W $\pm$ 10 %**
- Čas prvotného ustálenia: **30s $\pm$ 10 %**
- Rýchlosť odozvy: **10s $\pm$ 10 %**
- Teplota pri katalytickej reakcii: **425°C $\pm$ 10 %**

5.5.2 Návrh meracieho obvodu

Merací obvod bude kvôli presnosti využívať mostíkové zapojenie. Rozdiely v napätí na mostíku budú vyhodnocované diferenčným zosilňovačom. Do úvahy pripadá operačný zosilňovač LM358 [23]. Je to bežný OZ založený na bipolárnej technológii a má možnosť nesymetrického napájania, čo je veľká výhoda, pretože máme k dispozícii len nesymetrický zdroj. Kompenzácia výstupného napätia z OZ nie je nutná, pretože to môžeme vyriešiť aj softvérovo a tým nám odpadne nastavovaný prvok.



Obr. 15 - Zapojenie diferenčného OZ pre nesymetrické napájanie

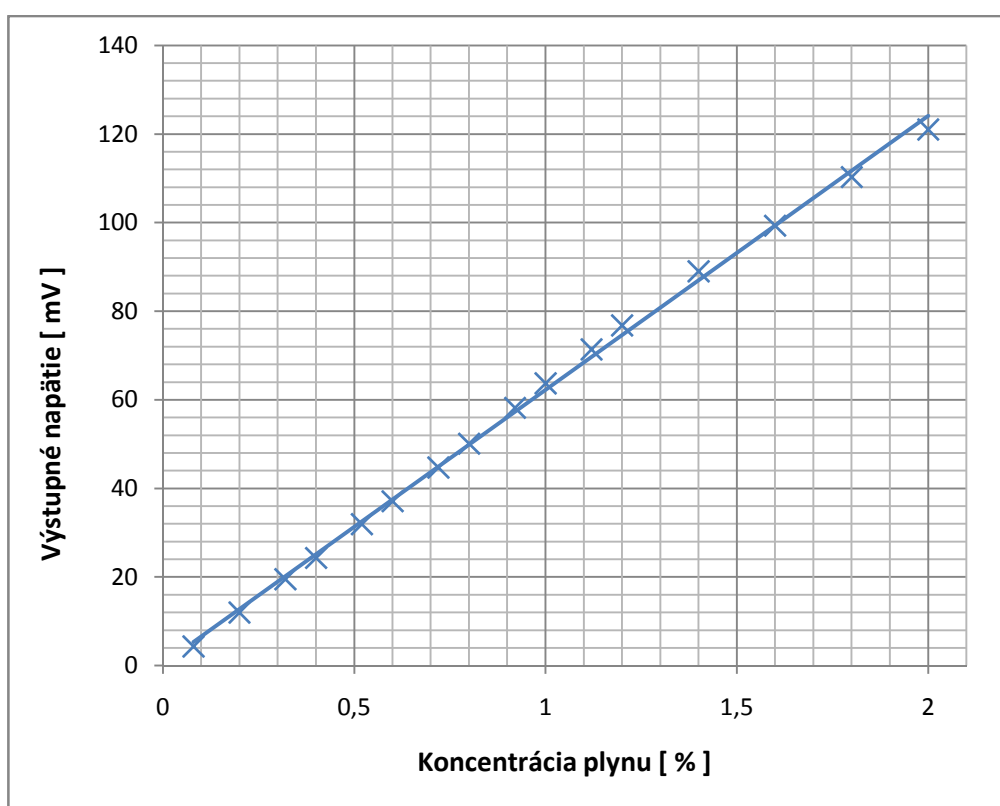
Výstupné napätie takto zapojeného OZ je pri uvážení $R_1 = R_3 = R_{IN}$ a $R_2 = R_4 = R_f$ dané

$$U_{VYST} = \frac{R_f}{R_{IN}} \cdot (U_2 - U_1), \quad (5.4)$$

a musíme si dávať pozor aby napätie na invertujúcom vstupe bolo vždy **menšie**, ako na vstupe neinvertujúcom. Je to z dôvodu spomínaného nesymetrického napájania. Ak

zapojíme snímač podľa obr. 14, tak na aktívnej časti snímača pri stúpajúcej koncentrácii plynu napätie oproti zemi klesá. To znamená, že časť mostíka, kde je snímač, pripojíme na invertujúci vstup. Tým sme si ošetrili našu požiadavku, aby na invertujúcom vstupe bolo vždy menšie napätie ako na druhom vstupe.

Pre návrh jednotlivých hodnôt meracieho obvodu využijeme prevodnú charakteristiku udanú výrobcom na obr. 16 a naše požiadavky, aby bolo meranie v dostatočnom predstihu pred vznikom výbušnej zmesi, a tú sme určili v kapitole 4.4 na $\delta_p = 0.5\%$.



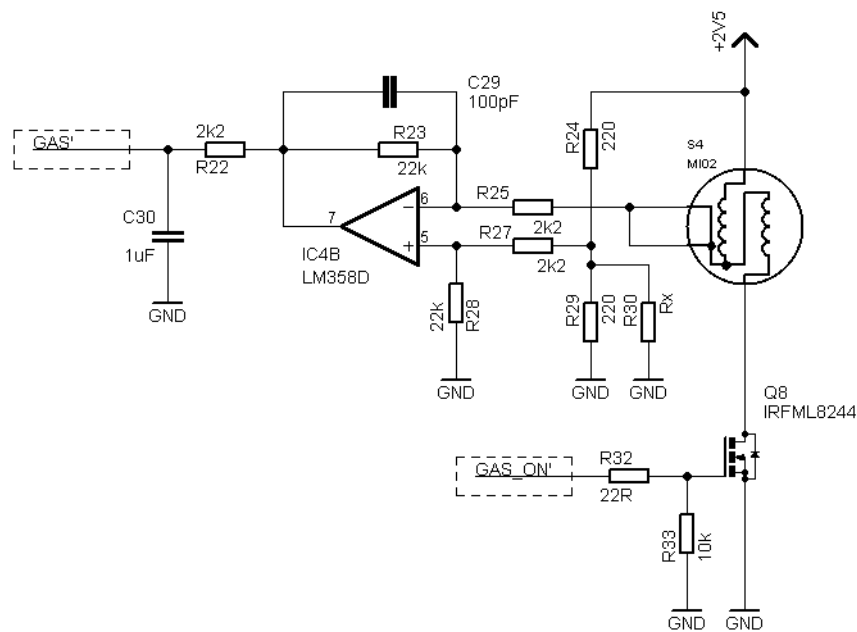
Obr. 16 - Grafická závislosť pre metán snímača MI-02 [21]

Ako je vidieť z obr. 16, tak snímač má lineárnu charakteristiku a to nám uľahčuje vyhodnocovanie. Pri koncentrácii plynu $\delta_p = 0.5\%$ má napätie na diagonále meracieho mostíka hodnotu 31.9mV. Toto napätie je však malé na to, aby sme ho mohli snímať priamo A/D prevodníkom a tak ho zosilníme na merateľnú úroveň. Keďže má A/D prevodník na mikrokontroléri referenčnú hodnotu $U_{REF} = 1.5V$, tak môžeme zosilnenie diferenčného zosilňovača na obr. 15 zvoliť napríklad na hodnotu $A_U = 10$.

Tým pádom na výstupe OZ na obr. 15 bude $U_{OUT} = 319\text{mV}$, čo už je merateľné. Podľa vzťahu (5.5) nám vznikne rovnica o dvoch neznámych rezistoroch R_f a R_{IN} . Preto si jeden z rezistorov zvolíme, takže napríklad $R_f = 22\text{k}$. Rovnica potom prejde na tvar:

$$\frac{U_{VYST}}{(U_2 - U_1)} = A_U = \frac{R_f}{R_{IN}} \xrightarrow{\text{úpravou}} R_{IN} = \frac{R_f}{A_U} = \frac{22 \cdot 10^3}{10} = 2.2\text{k}\Omega \quad (5.5)$$

Tým pádom volíme na obr. 15 odpory $R_1 = R_3 = 2.2\text{k}\Omega$ a $R_2 = R_4 = 22\text{k}\Omega$. Schému zapojenia môžeme potom previesť do konkrétnej podoby na obr. 17.



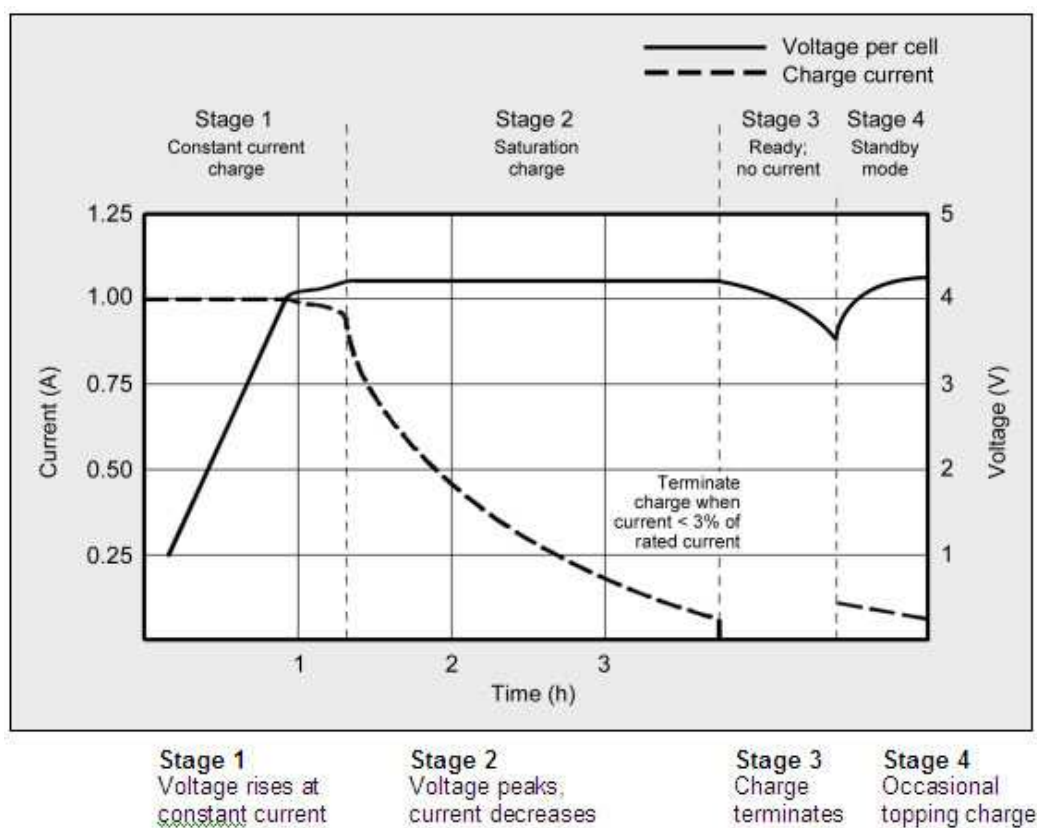
Obr. 17 - Kompletná schéma meracieho obvodu plynu

V spätnej väzbe OZ je doplnený kondenzátor C29 proti kmitaniu na vyšších frekvenciách. Na výstupe z OZ je zaradený dolnopriepustný filter z kondenzátora C30 a rezistora R22 naladený na $f_{DP} = 20\text{Hz}$ podľa rovnice (5.2), ktorý je voliteľný a v prípade nutnosti sa osadí, alebo sa hodnoty upraví. Rezistory R24 a R29 tvoria druhé rameno meracieho mostíka a je potrebné aby ich hodnoty boli rovnaké. V prípade výraznej nerovnováhy sa mostík môže vyvážiť rezistorom R30. Tranzistorom Q8 budeme pomocou mikrokontroléra spínať snímač v pravidelných intervaloch a tým

minimalizujeme spotrebu celého zariadenia. Minimálna perióda spínania musí byť vyššia ako 30 sekúnd, pretože snímač MI-02 má dobu nažhavenia práve 30 sekúnd.

5.6 Nabíjačka Li-POL akumulátorov

Li-POL akumulátory sú pomerne náročné na nabíjacie sekcie a tak si ich nabíjanie vyžaduje sofistikovanejší prístup. Na nabíjanie Li-POL akumulátorov sa vyrábajú špecializované obvody, ktoré s použitím pár pasívnych súčiastok plnia požadovanú funkciu, avšak sú pomerne drahé. Pokúsime sa navrhnúť nabíjačku presne na našu aplikáciu a zároveň ušetriť. Princíp nabíjania Li-POL akumulátorov je uvedený na obr.18.



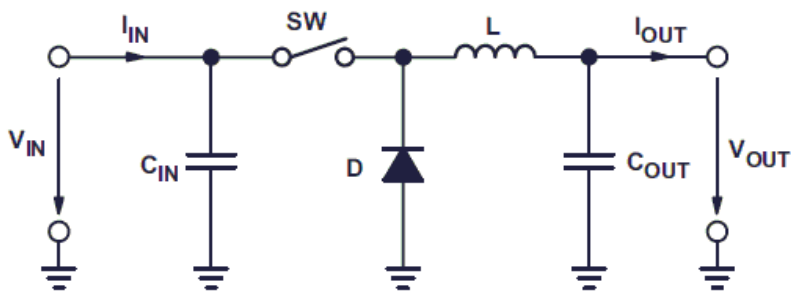
Obr. 18 - Nabíjacia charakteristika Li-POL akumulátora [24]

Vidíme, že nabíjanie je rozdelené dve hlavné sekcie a to je režim konštantného prúdu, a režim konštantného napätia. Ďalšie dve sekcie (3 a 4) na obr. 18 znázorňujú čas, keď sa nenabíja a udržiavací režim. V režime konštantného prúdu udržiavame prúd na konštantnej úrovni a napätie na akumulátore nám začína pomaly stúpať. Ak napätie na

akumulátore dosiahne úroveň nabitého akumulátora, tak sa toto napätie udržiava a to sa prejaví klesaním prúdu. Nabíjanie je ukončené, ak hodnota nabíjacieho prúdu klesne pod určitú úroveň. Hodnoty nabíjacieho prúdu, udržiavacieho napätia, a hodnota prúdu, kedy ukončiť nabíjanie sú rozdielne pre každý akumulátor. Pri nabíjaní je takisto vhodné sledovať aj teplotu akumulátora a tá by v našom prípade nemala prekročiť 45°C. V katalógovom liste pre náš akumulátor 3.7V a 700mAh YOKU 453448 [4] sú pre štandardné nabíjanie v teplotnom rozsahu 0°C až 45°C nasledovné údaje:

- Nabíjanie konštantným prúdom:
- 0.2C, kde C je kapacita akumulátora → **$I_{NAB} = 140\text{mA}$** .
- Režim konštantného napätia nastane pri: **4.2V**.
- Ukončenie režimu konštantného napätia nastane ak:
- klesne nabíjací prúd pod 0.05C → **$I_{NAB} = 35\text{mA}$** .

Na tieto hodnoty teda navrhujeme náš nabíjací obvod. Aby bolo možné plynulo regulovať nabíjací prúd, tak použijeme jednoduchý step-down menič, ako je na obr. 19. Namiesto spínača použijeme samozrejme MOSFET tranzistor pre lepšiu účinnosť a ostáva nám navrhnuť vhodnú tlmivku a filtračný kondenzátor.



Obr. 19 - Step-down menič [26]

Pre vypočítanie hodnoty indukčnosti L použijeme vzťah [26]

$$L = \frac{V_{OUT} \cdot (V_{IN} - V_{OUT})}{\Delta I_L \cdot f_S \cdot V_{IN}}, \quad (5.6)$$

kde V_{OUT} je výstupné nominálne napätie, V_{IN} je vstupné napätie, ΔI_L je zvlnenie prúdu na indukčnosti a f_S je frekvencia spínania meniča. V našom prípade volíme $V_{OUT} = 4.2V$, $V_{IN} = 5V$ pretože to je napájacie napätie celého zariadenia. Zvlnenie prúdu na indukčnosti sa v praxi volí na $0.2I_{OUT}$ až $0.4I_{OUT}$. My budeme voliť I_{OUT} na hodnotu zhruba 2x tak vyššiu ako je potrebná

$$I_{OUT} = 2 \cdot I_{NAB} = 2 \cdot 140 = 280mA \cong 300mA, \quad (5.7)$$

nech máme určitú rezervu a nejde menič úplne na doraz. Zvlnenie na indukčnosti potom volíme na hodnotu

$$\Delta I_L = 0.2 \cdot I_{OUT} = 60mA \quad (5.8)$$

Frekvenciu spínania meniča dáme takú, aby bola na počuteľným pásme a pokiaľ možno čo najvyššiu, aby vychádzala menšia indukčnosť. Z vlastných skúseností volím frekvenciu spínania $f_S = 62.5kHz$. Hodnota indukčnosti potom vychádza

$$L = \frac{V_{OUT} \cdot (V_{IN} - V_{OUT})}{\Delta I_L \cdot f_S \cdot V_{IN}} = \frac{4.2 \cdot (5 - 4.2)}{0.06 \cdot 62500 \cdot 5} = 179\mu H \approx 180\mu H \quad (5.9)$$

Minimálnu hodnotu kondenzátora C_{OUT} určíme podľa vzťahu [25]

$$C_{OUT(min)} = \frac{\Delta I_L}{8 \cdot f_S \cdot \Delta V_{OUT}}, \quad (5.10)$$

kde ΔV_{OUT} je zvolené zvlnenie výstupného napätia. My ho môžeme zvoliť na $\Delta V_{OUT} = 10mV$ a tým pádom hodnota C_{OUT} sa rovná

$$C_{OUT(min)} = \frac{\Delta I_L}{8 \cdot f_S \cdot \Delta V_{OUT}} = \frac{0.06}{8 \cdot 62500 \cdot 0.01} = 12\mu F, \quad (5.11)$$

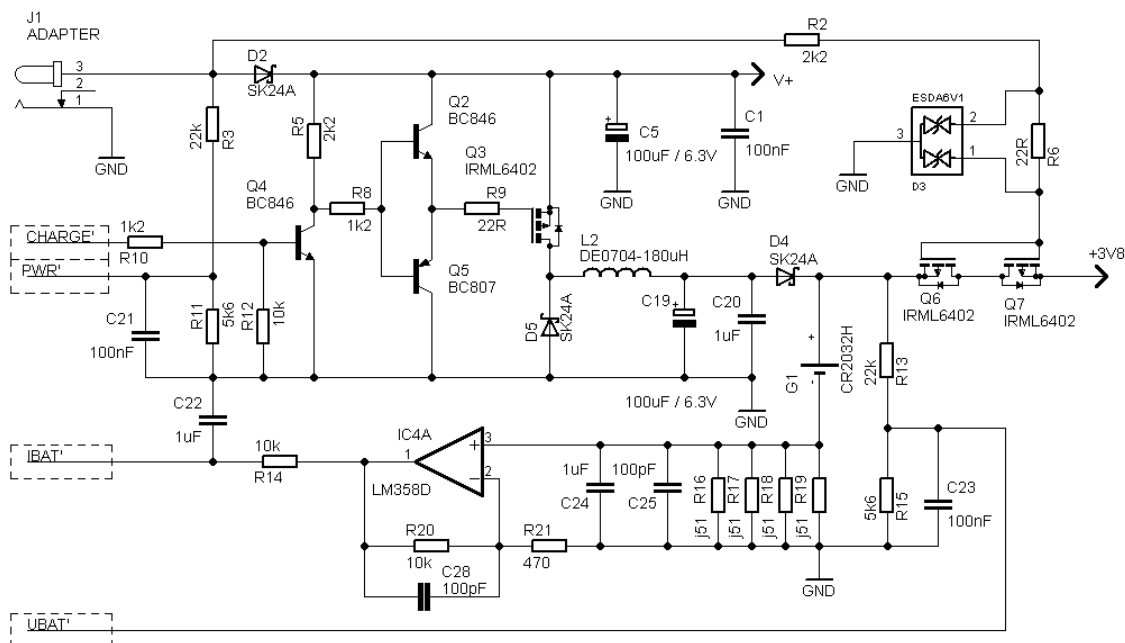
V praxi sa volí hodnota zhruba 10x väčšia z dôvodu starnutia a vysychania kondenzátora. MOSFET tranzistor a Schottkyho dióda sú zvolené tak, aby zniesli prúd 300mA a prípadne viac. Kompletná schéma nabíjačky je na obr. 20.

MOSFET tranzistor je budený cez ochranný rezistor R9 pomocou budiaceho obvodu z tranzistorov Q2, Q5 a Q4, ktorý je dobre známy a je popísaný napríklad v [26].

Snímanie prúdu I_{BAT} je riešené pomocou bočníka, ktorý je vyskladaný z bežných rezistorov zapojených paralelne, aby zniesli požadovaný prúd. Úbytok na tomto bočníku je veľmi malý a tak sa musí zosilniť operačným zosilňovačom. Celkový odpor bočníka je teda $R_b = 0.51 / 4 = 0.13\Omega$. Pri takomto odpore a nabíjacom prúde 140mA, je úbytok napätia na bočníku rovný $U_b = R_b \cdot I_{NAB} = 0.13 \cdot 0.14 = 18mV$. Ako sme spomínali v kapitole 5.5.2, tak referencia A/D prevodníka mikrokontroléra je $U_{REF} = 1.5V$. Aby sme U_b dostali do rozumnej oblasti, tak musíme zosilniť aspoň 20 krát a tým by sme sa dostali na hodnotu 360mV a mali by sme ešte určitú rezervu. Operačný zosilňovač zapojíme ako neinvertujúci a pre jeho zosilnenie platí vzťah

$$A_U = 1 + \frac{R_{FB}}{R_0}, \quad (5.12)$$

kde R_{FB} je hodnota odporu v spätnej väzbe a R_0 je odpor z invertujúceho vstupu na zem a A_U je zosilnenie OZ. Ak si teda zvolíme $A_U = 20$ a zároveň si zvolíme hodnotu jedného rezistora napríklad $R_0 = 470\Omega$, tak spätoväzobný rezistor má hodnotu $R_{FB} = 8930\Omega$. Táto hodnota odporu však nie je v rade, a tak zvolíme $R_{FB} = 10k\Omega$.

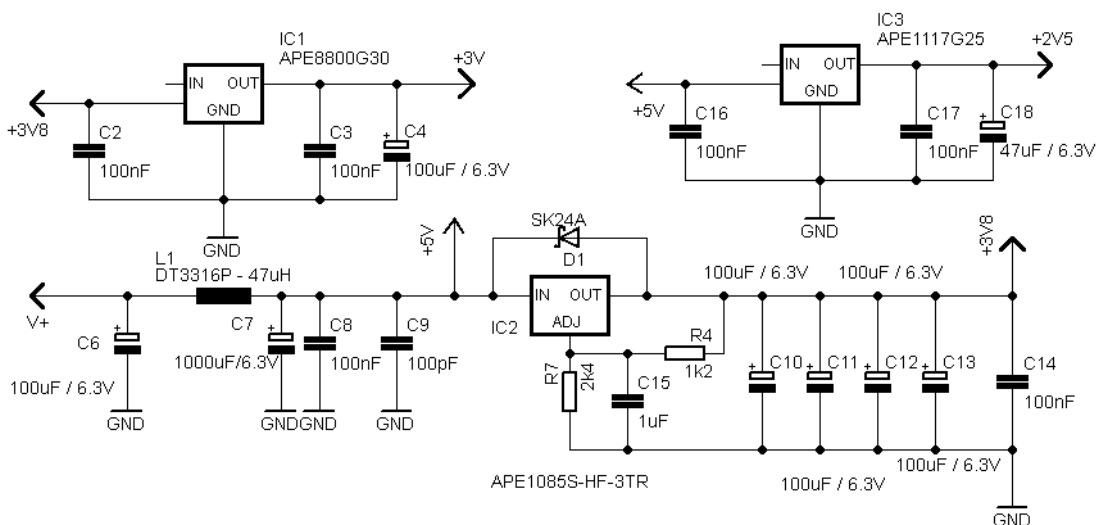


Obr. 20 - Schéma nabíjačky Li-POL akumulátorov

Za OZ sa nachádza dolnopriepustný filter naladený na medznú frekvenciu $f_{DP} = 15\text{Hz}$ podľa rovnice (5.2). Napätie je na akumulátore snímané cez delič napätia z rezistorov R13 a R15 zvolených tak, aby merané napätie U_{BAT} bolo v rozsahu 0V až 1.5V kvôli A/D prevodníku. Tranzistory Q6 a Q7 slúžia na pripojenie akumulátora na 3.8V vetvu ak nastane výpadok el. energie. Na ich vstupe G je zaradená aj antistatická ochrana proti ESD, pretože je hradlo G cez rezistor pripojené na napájací konektor. Signál označený PWR slúži na snímanie hodnoty napájacieho napätia a CHARGE na budenie step-down meniča.

5.7 Napájací zdroj

Napájací zdroj je pomerne jednoduchý, avšak si musíme pri návrhu dávať pozor na fakt z kapitoly 5.2.1 a to ten, že GSM modul odoberá pri burst vysielaní prúd špičkovo až 2A. Preto sme museli dbať na výber vhodného stabilizátora pre jeho napájanie. Hodnota napájacieho napätia pre GSM modul 3.8V nie je tiež štandardná a tak sa musí jednať o nastaviteľný stabilizátor.



Obr. 21 - Napájací zdroj

Na základe ceny bol vybraný lineárny stabilizátor APE1085 [27], ktorý špičkovo zvládne 3A odoberaného prúdu. Výstupné napätie bolo určené pomocou rezistorov R4 a R7 podľa vzťahu [28]

$$V_o = 1.25 \cdot \left(1 + \frac{R_7}{R_4}\right) \quad (5.13)$$

Filtračné kondenzátory sú volené empiricky a podľa skúseností. Umiestnené by mali byť čo najbližšie k napájacím prívodom na GSM module, kde sú umiestnené ešte kondenzátory, aby sa dostatočne vykompenzoval pokles pri vysielacom burste.

Vstupná indukčnosť L1 je volená takisto empiricky a jej hodnota je prakticky overená [28]. Z 3.8V vetvy je napájaný aj stabilizátor APE8800-3V [29], ktorý ho stabilizuje na 3V, takže požiadavka je aby tento stabilizátor bol typu low-drop. Odoberaný prúd bude minimálny, keďže sa používa na napájanie mikrokontroléra a nízkopríkonových obvodov podľa blokovej schémy na obr. 4 a to mikrokontrolér, RF komunikačný obvod, SD karta a grafický displej. Odber týchto zariadení bol nahrubo spočítaný na 100mA. Stabilizátor APE8800-3V má dovolený odoberaný prúd až 300mA to spĺňame s veľkou rezervou a stabilizátor sa zbytočne nezahrieva.

Z 5V nestabilizovanej vetvy je napájaný stabilizátor APE8800-2.5V [29], ktorý sa používa iba na napájanie snímača plynu, ktorý sme popisovali v kapitole 5.5.1. Ako je vidieť snímač má pomerne veľký odber 210mA, a ak by sme ho napájali zo stabilizovanej vetvy, tak ju budeme zbytočne zaťažovať. Zároveň spojením schém na obr. 20 a obr. 21 vidíme, že táto vetva nie je zálohovaná akumulátorom práve z dôvodu veľkého odberu prúdu.

5.8 Mikrokontrolér MSP430F5529

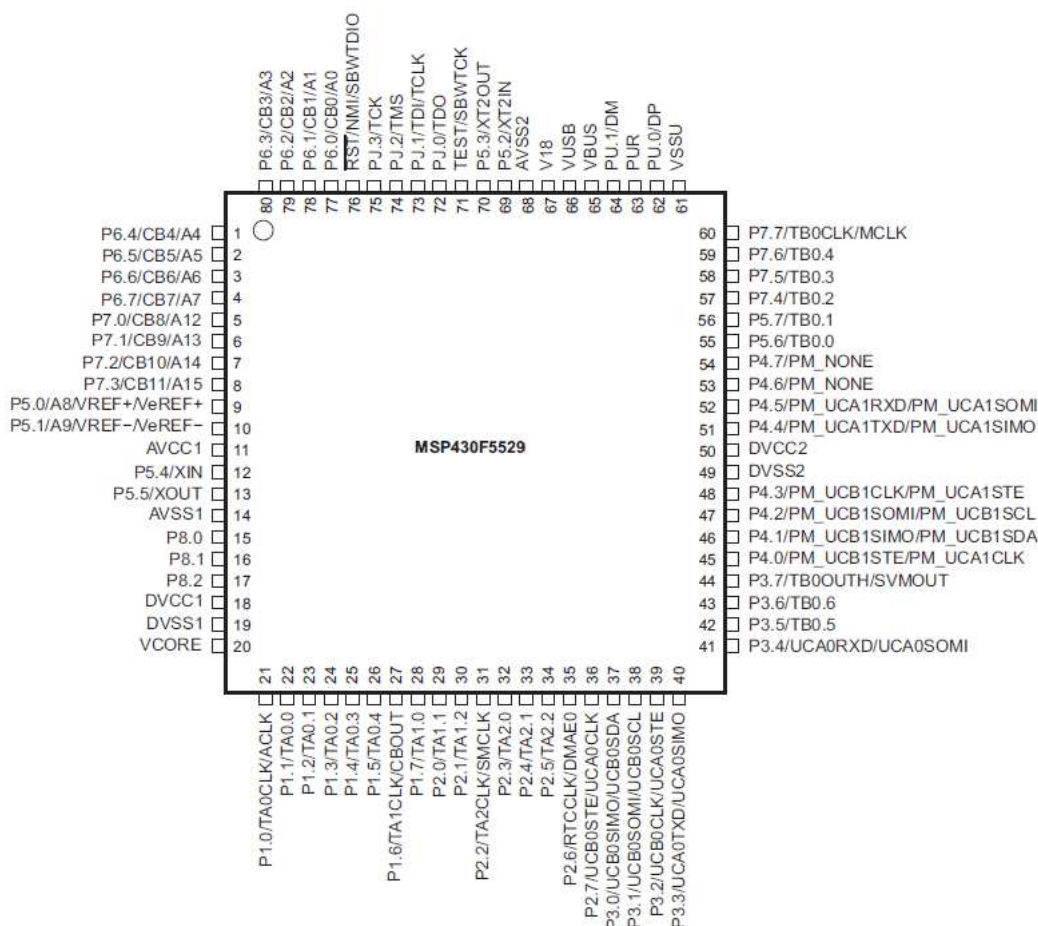
Tento mikrokontrolér je produktom firmy Texas Instruments. Do mojej diplomovej práce som ho vybral z viacerých dôvodov. Prvý a hlavný dôvod je ten, že spoločnosť v ktorej pracujem postupne presedláva na portfólio výrobkov firmy Texas Instruments (ďalej len TI), pretože má veľmi dobrú podporu, spoľahlivé produkty a vývojové prostriedky. Druhý dôvod je ten, že pri programovaní mikrokontrolérov od firmy Atmel, pri svojej bakalárskej práci som sem tam narazil na problémy so správnou kompiláciou programu, a určité limity samotného mikrokontroléra. Už vtedy som sa začal pohrávať z myšlienkou, že by bol čas prestúpiť na niečo lepšie a perspektívnejšie. Kolegovia v práci spomínali TI len v dobrom, tak som sa rozhodol ho do tohto projektu zaradiť pretože najlepšie sa človek danú vec naučí, keď na nej začne pracovať. Vybral sa už používaný MSP430F5529 [30] s tým, že ak by sa vyskytla situácia, že nebude stačiť, tak sa zmení za iný typ. Táto situácia však nenastala.

5.8.1 Popis mikrokontroléra MSP430F5529 [31]

- Rozsah napájacieho napätia je od **1.8V do 3.6V**.
- Spotreba v aktívnom režime pri $f_{CLK} = 8\text{MHz}$ je **290 μA** .
- Spotreba v režime spánku je **2.1 μA** pri napájaní 3V.
- 16 bitová RISC architektúra.
- 63 konfigurovateľných vstupno/výstupných pinov.
- Zdroj hodinových impulzov až **do 25MHz**.
- Mikrokontrolér poskytuje až tri zbernice hodinových impulzov, pre ktoré sa dá nastaviť separátne frekvencia.
- Detekcia výpadku hodín a okamžitý prechod na záložný zdroj hodinových impulzov.
- 4x 16 bitový Timer/Counter.
- 2x UART rozhranie.
- 4x SPI zbernica.
- 2x I2C zbernica.
- USB rozhranie.
- 12 bitový A/D prevodník.
- Komparátor, hardvérová 32 bitová násobička, CRC modul, trojkanálové DMA, JTAG rozhranie, Real-Time modul atď.

Mikrokontrolér je v púzde PQFN80 a pripojenie pinov na jednotlivé pady púzdra môžeme vidieť na obr. 22. Podľa popisu vidíme, že má veľmi malú prúdovú spotrebu a preto sa hodí na batériou napájané, prípadne zálohované aplikácie. Spomíname, že má tri separátne zbernice pre hodinové impulzy. Tieto zbernice sa nazývajú ACLK, MCLK a SMCLK. To znamená, že programátor si na každú vetvu môže dať rôznu taktovaciu frekvenciu, ktorú potom môže ďalej využívať. MCLK je určená na napájanie jadra, ACLK a SMCLK sú určené na všeobecné použitie. Mikrokontrolér disponuje so zdrojom referenčného hodinového signálu na frekvencii 32768Hz, ktorý sa dá vnútornou násobičkou frekvencie nastaviť až do 25MHz. Na tento zdroj sa potom pri poruche externého kryštálu pripoja jednotlivé zbernice hodinových impulzov MCLK,

ACLK a SMCLK tak, ako sme si ich nakonfigurovali. Prípadne, ak nechceme externý kryštál, tak môžeme celý mikrokontrolér taktovať z tohto presného a kalibrovaného zdroja.



Obr. 22 – Zapojenie pinov na MSP430F5529 [31]

Veľkosť FLASH pamäte je 128kB a RAM pamäte je 10kB. Mikrokontrolér neobsahuje priamo EEPROM pamäť, ale má možnosť zápisu do vyhradeného sektoru FLASH pamäte, ktorá má veľkosť preddefinovane 4x 128B (4 sektory po 128B). Jedinou nevýhodou je to, že sa celý sektor môže čítať alebo mazať na jedenkrát. Blokovú štruktúru celého mikrokontroléra môžeme vidieť na obr. 23.

Podrobnejšie sa budeme popisu jednotlivých periférií a blokov venovať v kapitolách o softvérovom vybavení, avšak teraz si popíšeme základné zapojenie mikrokontroléra rady MSP430, ktoré je na obr. 24.

1.4V do 1.9V a závisí od taktovacej frekvencie [31]. Pin AVCC1 slúži na napájanie analógovej časti mikrokontroléra a to A/D prevodníka a komparátora. Toto napätie je filtrované jednoduchým LC filtrom podľa doporučenia výrobcu. A/D prevodník má vstavanú napäťovú referenciu na 1.5V alebo 2.5V, takže externá referencia nie je nutná.

Port PJ je určený čisto na rozhranie JTAG, ktorým sa mikrokontrolér programuje (prípadne ak sa nastaví bootloader, tak sa môže aj cez sériový port alebo USB rozhranie) a odlad'uje, čo uľahčuje hľadanie chýb v programe.

6 SOFTVÉROVÉ VYBAVENIE

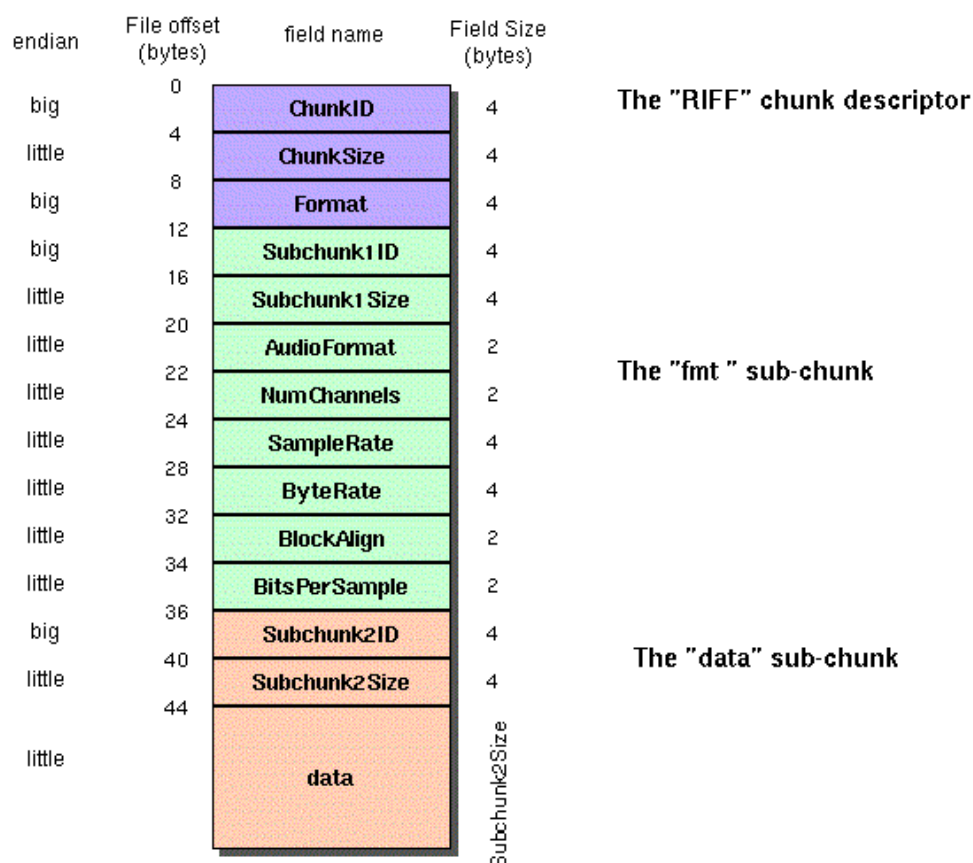
V tejto časti budeme diskutovať o softvérovom vybavení samotného zariadenia a o teórii potrebnej k napísaniu tohto softvéru. Každéj časti zariadenia sa budeme venovať v jednotlivých podkapitolách. Nebudú tu uverejnené samotné zdrojové kódy, ktoré sú dlhé a pre čitateľa v tejto chvíli aj nezaujímavé. Bude uvedený skôr postup a popis, podľa ktorého bol samotný softvér písaný. Zameriam sa skôr na zaujímavé časti programu a veci ako obsluha portov a iné základné veci budú vynechané.

6.1 Generovanie zvukového záznamu

V kapitole 5.4 sme spomenuli, že zvukový záznam bude formátu WAVE. Je to z dôvodu, že tento formát je pomerne bežný a nemá žiadnu kompresiu. To je výhoda pri spracovávaní tohto signálu, pretože jednotlivé bajty súboru sú priamo navzorkované dáta analógového signálu. Nevýhodu to má v tom, že .WAV súbory sú veľmi veľké. To nám však nevadí pretože zariadenie bude prehrávať len krátke zvuky a správy. Tieto zvuky budú uložené na SD karte, ktorá bude mať dostatočnú kapacitu. Formátovanie SD karty bude FAT32 aby bolo možné kartu vložiť do počítača a potrebné úkony robiť priamo tam. Systém FAT32 nebudem podrobnejšie rozoberať a rutiny potrebné pre obsluhu SD karty som prebral priamo od výrobcu mikrokontroléra MSP430 [31] a ten použil rutiny FatFS [32].

Vráťme sa teda k WAVE formátu [33]. Formát týchto súborov je uvedený na obr.25. **ChunkID** je identifikátor a obsahuje v podstate ASCII hodnoty znakov reťazci "RIFF". Nasleduje **ChunkSize**, ktorý hovorí veľkosti celého súboru od ChunkID a je teda nutné pripočítať k tejto hodnote ešte 4 bajty (nápis RIFF má 4 bajty). Nasleduje pole **Format**, kde je vždy uvedené "WAVE". Po tomto descriptore nasledujú informácie o danom súbore, ktoré upresňujú zvukový formát. Dôležité sú pre nás **AudioFormat**, kde je uvedený formát súboru - my budeme používať PCM formát (PCM = 0x0001). Nasleduje **NumChannels**, kde je uvedené, či sa jedná o MONO alebo STEREO súbor - nám stačí MONO (MONO = 0x0001). **SampleRate** označuje počet vzorkov za jednu sekundu. V našom prípade uvažujeme hodnotu 8kbps, čo je dostatočná kvalita zvuku pre naše potreby a zároveň nemá také nároky na pamäť

(hlavne vyrovnávaciu pri prehrávaní). **BlockAlign** vyjadruje koľkými bajtami je reprezentovaná jedna vzorka. Tato hodnota závisí od toho, či je nahrávka MONO alebo STEREO, ale aj od toho, koľkými bitmi je vyjadrená jedna vzorka (**BitsPerSample**) a teda platí $\text{BlockAlign} = \text{numChannels} * (\text{BitsPerSample} / 8)$. Subchunk2ID je hlavička, ktorá obsahuje reťazec "data" a označuje teda sekciu, kde už sú uvedené samotné audio dáta podľa pravidiel, ktoré sme si teraz uviedli.



Obr. 25 - Štruktúra WAVE súboru [33]

Prehrávanie zvukového záznamu spočíva v tom, že načítavame súbor z SD karty do vyrovnávajúcej pamäte. Tento postup je zvolený preto, pretože k dátam na SD karte nemáme prístup jednotlivo, ale prečítame na jeden krát 512B blok dát. Overíme, či sa jedná o správny súbor a nájdeme oblasť, kde sú audio dáta. Pre zopakovanie uvediem, že používame PCM 8 bitový MONO formát, ktorý má vzorkovaciu frekvenciu 8kHz. V kapitole 5.4 sme uviedli, že používame PWM s frekvenciou 32kHz. Teraz sa nám to ukazuje ako vhodné riešenie, pretože sme nad počuteľným pásmom, takže PWM nás

nebude rušiť a zároveň môžeme meniť triedu PWM vzorkami z WAVE súboru. Keďže je frekvencia PWM 32kHz a WAVE súbor má vzorkovanie 8kHz, tak musíme túto triedu meniť až vtedy, keď prebehnú 4 cykly PWM. V praxi to vyzerá tak, že nastavíme určitú triedu, počkáme nech sa zopakuje 4x a potom ju nastavíme na novú hodnotu. Pre zlepšenie kvality zvuku však môžeme nastaviť potrebnú triedu, počkať jeden cyklus a potom chýbajúce tri vzorky dopočítať a teda interpolovať a až potom vložiť novú vzorku. Výsledný efekt bude ten, že generovaný zvuk bude viac zrozumiteľný a vo svojej triede kvalitnejší. Modul generátora PWM mikrokontrolérov rady MSP430 má veľa rôznych príznakov na prerušenie a okrem iných je tam aj prerušenie ak inkrementálny register tohto generátora je v stave pred pretečením. Ak teda umiestnime časť kódu pre nastavenie triedy PWM generátora z WAVE súboru do tohto prerušenia, tak sa nám celé prehrávanie zvukového záznamu bude diať "na pozadí" a nebude mikrokontrolér zaťažovaný len týmto procesom.

6.2 Komunikácia s GSM modulom SIM900

Komunikačný modul SIM900 komunikuje s MSP430F5529 pomocou sériovej linky skrz AT príkazy [34]. Na komunikáciu stačia signály RxD, TxD a zem a teda môžeme použiť hardvérový UART modul priamo. Je vhodné zapojiť aj DTR signál, pretože ten umožňuje zobudiť modul z režimu spánku. Komunikácia má jeden stop bit, žiadnu paritu, žiadny handshake a baudrate si určí modul automaticky podľa mikrokontroléra. Stačí mu len na úvod komunikácie pár krát poslať reťazec "AT". Je dôležité dodať, že všetky AT reťazce musia byť ukončené znakmi #CR#LF, respektíve \r\n, pretože inak ukončené správy modul SIM900 ignoruje. V tejto kapitole uvediem jednotlivé AT príkazy, ale nie ich presnú syntax. Presnú syntax si môže čitateľ pozrieť v zdrojovom kóde a prípadne v súpise AT príkazov od výrobcu.

6.2.1 Inicializácia GSM modulu

Po spustení modulu pomocou pinu PWKEY ako sme opísali v kapitole 5.2.2 je nutná inicializácia modulu, kde sa nastaví parametre dôležité pre funkciu modulu. To, aké parametre nastavíme záleží podľa služby, ktorú od modulu chceme. Nás bude v tomto prípade zaujímať hlasová služba (telefónny hovor) a SMS služba. Dátovú službu vo forme internetového pripojenia v tomto štádiu zariadenia zatiaľ riešiť nebudeme.

V prvom rade je nutné nastaviť PIN kód SIM karty, ktorý nám dodá mobilný operátor. Na tento účel slúži AT príkaz **AT+CPIN**. V prvom kroku sa opýtame, či je vôbec PIN kód nutný pretože niektorí operátori PIN nastavený nemajú. V druhom kroku, ak to je nutné, tak nastavíme PIN kód a skontrolujeme, či nám GSM modul vrátil správu "OK".

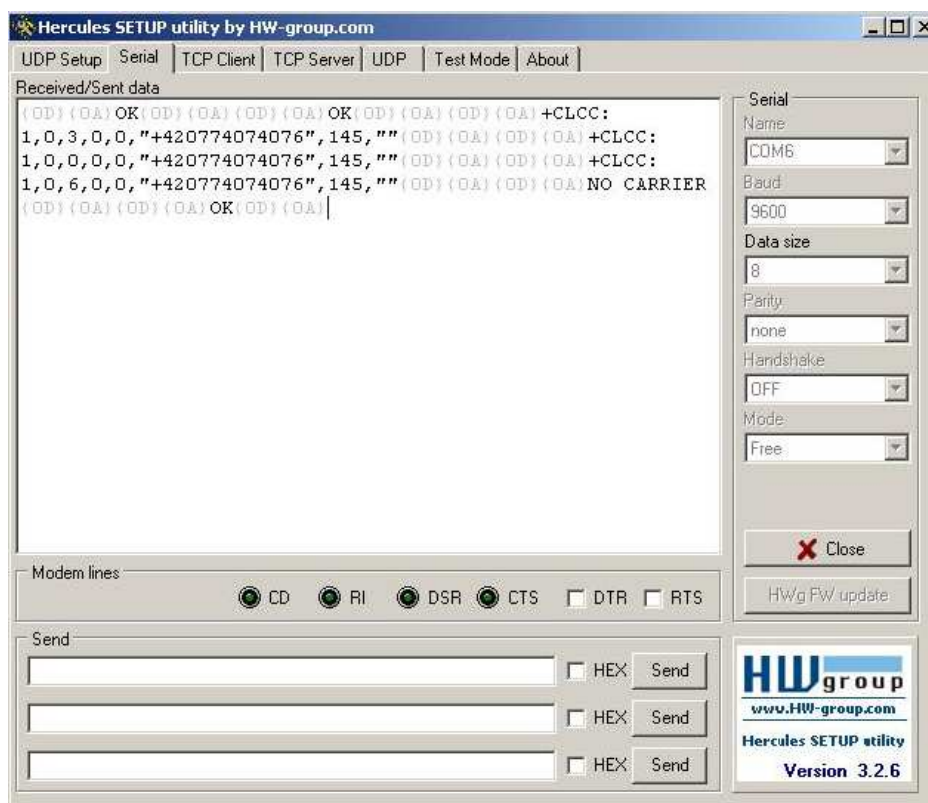
Po tomto úkone nasleduje pripojenie do siete, modul to robí automaticky. Ak sa modul pripojí, tak po príkaze **AT+COPS?** nám vráti názov operátora, ktorý si môžeme uložiť a neskôr ho vypísať na displej. Nasleduje zistenie úrovne signálu pomocou príkazu **AT+CSQ**, ktorú si taktiež môžeme uložiť a vypísať na displeji, prípadne vyhodnotiť či máme mobilný signál. Ak signál nie je dostatočný, tak môžeme na displeji zariadenia napísať správu, že nie je možné využívať GSM hovory a správy a teda ani nie zavolať pomoc.

Po týchto príkazoch nasledujú príkazy na nastavenie hlasitosti vstupu (**AT+CMIC**). Jedná sa síce o mikrofónový vstup, ale SIM900 má cez tento vstup riešený aj linkový signál tým, že sa sníži zosilnenie na mikrofónnom vstupe. Výstupná hlasitosť sa nastaví podľa ucha pomocou **AT+CLVL**. Pri nastavení sa snažíme dbať na to, aby boli hlasitosti vyvážené. Nasleduje zmazanie všetkých správ (dôležité, aby sa nám nezaplnila zbytočne pamäť) a zapnutie funkcie informácii o hovore (**AT+CLCC**), ktorý nás informuje o stave hovoru, teda či je volaný obsadený, zrušil hovor a podobne.

6.2.2 Uskutočnenie hlasového hovoru

Ak osoba stlačí núdzové tlačidlo, tak sa okrem iného vyvolá hlasový hovor na preddefinované telefónne číslo. Samotné vyvolanie hlasového hovoru je jednoduché a je vykonané pomocou jedného príkazu a to **ATD**. Syntax tohto príkazu je konkrétnejšie "ATD+421xxxxyyyzzz;", kde písmena xyz je konkrétne telefónne číslo a +421 je predvoľba danej krajiny, do ktorej chceme volať. Telefónne číslo musí byť v tomto formáte. Po vyvolaní tohto príkazu musíme sledovať, či nám modul SIM900 vrátil správu "OK". Ak je všetko v poriadku, tak nás služba CLCC, ktorú sme povolili v inicializácii v kapitole 6.2.1 bude informovať o stavoch hlasového hovoru. Modul potom vráti správu napríklad "NO CARRIER", ak užívateľ položí telefón, "NO ANSWER", ak nezdvihne telefón a podobne. Po úspešnom prijatí hovoru modul vráti správu +CLCC. Pre lepšie vysvetlenie sa pozrime na obr. 26, kde vidíme tri +CLCC správy, ktoré sa od seba odlišujú treťou číslicou. Táto číslica nás informuje o stave, v akom sa hlasový hovor nachádza. Ak je to **0**, tak hovor bol úspešne prijatý a osoba na

druhom konci zdvihla slúchadlo. V tomto momente môžeme začať prehrávať hlasovú správu.



Obr. 26 - Výpis odpočúvanej sériovej komunikácie modulu SIM900

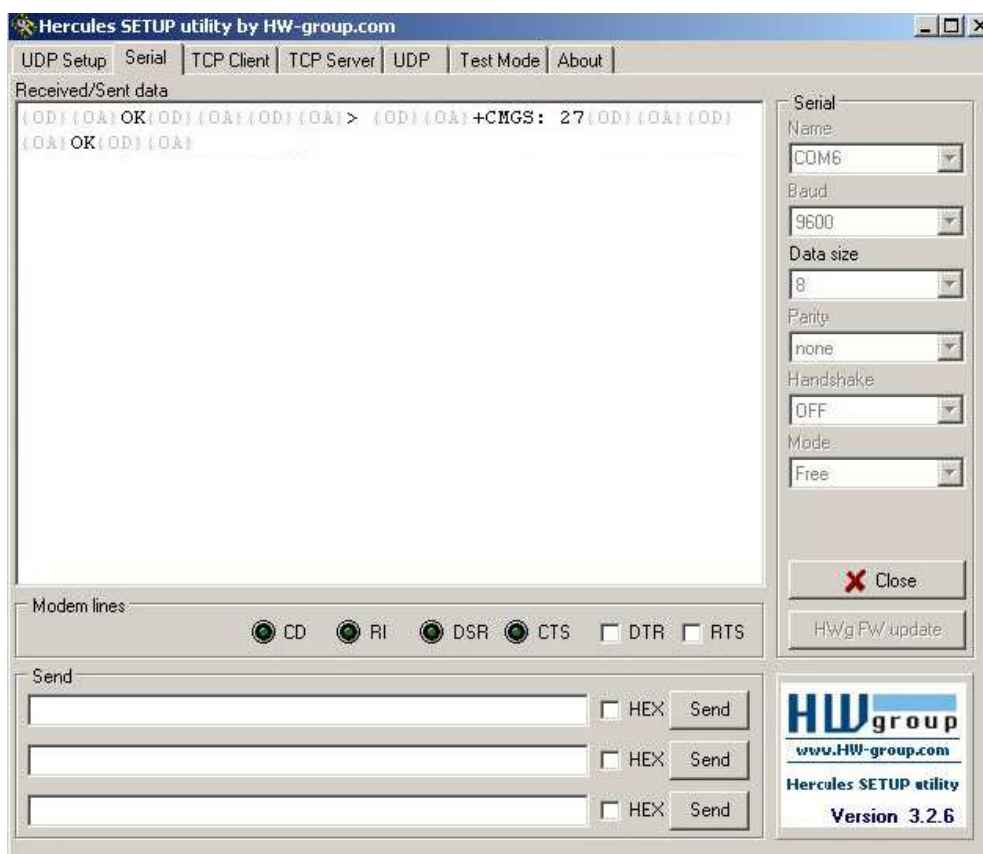
Ak je tam **3**, tak to znamená, že telefón zvoní na druhom konci a my teda musíme čakať pokiaľ ho niekto nezdvihne. Ak je tam **6**, tak to znamená, že volaný užívateľ telefón položil. Môžeme vidieť, že modul hneď za touto správou vráti aj "NO CARRIER". V tomto momente prestaneme prehrávať hlasovú správu a považujeme telefónny hovor za ukončený. Na záver tejto kapitoly by som dodal, že tieto stavy nie sú dobre popísane v datasheete od výrobcu [34] a bolo nutné si ich postupne odladiť a zachytiť všetky stavy.

6.2.3 Odoslanie SMS správy

V podstate posledná vec v našom zariadení, čo sa týka GSM modulu je odoslanie SMS správy na preddefinované čísla tak, ako sme si definovali v kapitole 4.1.3. Pred odoslaním textovej SMS správy musíme najprv nastaviť textový režim pomocou príkazu **AT+CMGF=1**. Tento príkaz môžeme použiť buď priamo v inicializácii

modulu, alebo pred odoslaním SMS správy. Tento príkaz stačí zavolať len raz a ostane textový režim povolený až do vypnutia zariadenia. Textový režim nám umožňuje prenášať SMS správy v čitateľnej forme, teda v klasických textových reťazcoch. Nastavenie tohto režimu má vplyv len na SMS správy a s hlasovou službou nijak nesúvisí.

Samotne odoslanie správy sa začne príkazom **AT+CMGS="+421xxxxyyyzzz"**. Po úspešnom vykonaní tohto príkazu nám modul vráti nasledovný znak ">". Po zachytení tohto znaku nasleduje náš text, ktorý chceme odoslať. Po tomto texte nasleduje ukončovací znak CTRL+Z alebo v ASCII vyjadrení 0x1A a následne sa správa odošle. Ak je správa úspešne prijatá, tak nám modul vráti **+CMGS: xxx** správu, kde "xxx" je message reference numbe, ktoré je popísané v [34]. Ak sa správa neodošle správne, tak sa vráti **+CME: ERROR**. Príklad zachytenej komunikácie smerom **z modulu** k nám môžeme vidieť na obrázku nižšie.



Obr. 27 - Príklad odoslania SMS správy

6.2.4 Ostatné rutiny GSM komunikácie

Okrem dvoch popisovaných obslužných rutín programu musíme taktiež ošetriť stavy, ak nám niekto na naše zariadenie zavolá. Vtedy modul SIM900 posiela po sériovej linke reťazec "RING". My však žiadne hovory na našom zariadení nebudeme prijímať a tak po prijatí tohto reťazca pošleme do modulu príkaz **ATH** pre zrušenie prichádzajúceho hovoru.

Takisto je nutné správne vyhodnotiť správy, ktoré budú do nášho zariadenia odoslané tzn. budeme prepúšťať len správy určené pre naše zariadenie a to konkrétne od aplikácie, ktorá ho bude nastavovať, a ktorú si popíšeme v ďalšej kapitole. Po prijatí každej správy vymažeme celý obsah správ, aby sa nám zbytočne nezahltla pamäť.

Taktiež je nutné ošetriť komunikáciu tak, aby sme prijali len platné dáta od SIM900 modulu.

6.3 Android aplikácia pre nastavenie zariadenia

V pôvodnom návrhu sa malo zariadenie nastavovať pomocou SMS správ alebo pomocou menu na samotnom zariadení. Postupom času sme od konfiguračného menu na zariadení odstúpili, pretože starý človek má rešpekt pred dnešnou technikou, čo sme si aj overili v praxi. Ostáva teda nastavenie na diaľku pomocou SMS správy. Aby si človek nemusel stále pamätať šablóny pre jednotlivé nastavenia, tak som vytvoril aplikáciu pre smartfóny s operačným systémom Android.

Aplikácia funguje tak, že od údajov spracovaných z prehľadného grafického rozhrania vytvorí textový reťazec, ktorý potom ako SMS správu odošle do nášho zariadenia. Na začiatku každej správy by malo byť určité a jedinečné identifikačné číslo zariadenia, aby bolo isté, že ho nastavila oprávnená osoba. Keďže som nikdy žiadnu aplikáciu pre OS Android nerobil, tak bolo nutné naštudovať problematiku odoslania SMS správy a vytvorenia jednoduchého GUI. Pri tvorbe som čerpal z oficiálnych stránok, kde sú všetky funkcie podrobne popísané aj s príkladmi použitia [35].

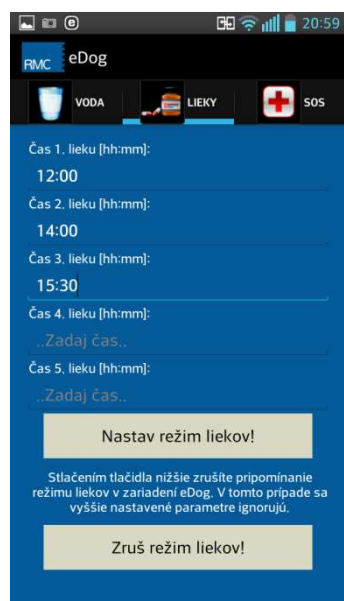
Po pár dňoch práce som vytvoril aplikáciu, ktorá je zobrazená na obrázkoch nižšie. Na prvej stránke aplikácie sa nastavuje pitný režim, kde sa zadá hodina odkedy sa ma pitný režim pripomínať a hodina, kedy sa má pripomínanie skončiť. Nastaví sa tam aj interval pripomínania v minútach. Aplikácia je napísaná tak, aby kontrolovala zadané dáta (či sú v správnom formáte, či je interval pripomínania menší ako rozdiel

začiatku a konca pripomínanie a teda, či sa tam ten interval "zmestí" a podobne). Ak je všetko v poriadku, tak po stlačení tlačidla "Nastav pitný režim" sa konfigurácia odošle do nášho zariadenia (ID číslo zariadenia sme nastavili dopredu v nastaveniach aplikácie).



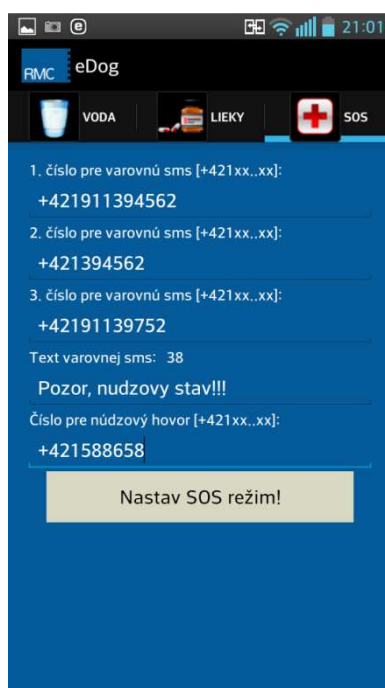
Obr. 28 - Screenshot z Android aplikácie na nastavenie zariadenia - Voda

Na ďalšej strane aplikácie môžeme vidieť nastavenie užívania liekov. Nastavenie je opäť jednoduché - len zadáme potrebné presné časy, kedy sa majú lieky užiť v ľubovoľnom poradí, pretože zariadenie si to usporiada tak, ako majú postupne ísť.



Obr. 29 - Screenshot z Android aplikácie na nastavenie zariadenia - Lieky

Poslednou stranou aplikácie je nastavenie SOS režimu, kde nastavíme tri telefónne čísla, na ktoré sa má zaslať núdzová SMS správa a text tejto SMS správy. Aplikácia nám nedovolí napísať dlhší text ako 60 znakov. V poslednej kolonke nastavíme telefónne číslo, na ktoré sa uskutoční SOS hovor. Aplikácia taktiež kontroluje správny formát čísel, aby bolo číslo pre naše zariadenie platné.



Obr. 30 - Screenshot z Android aplikácie na nastavenie zariadenia - SOS

Výsledná aplikácia bola kompletne odskúšaná a fungovala bezchybne. Je nutné dodať, je určená pre mladšiu generáciu, ktorá s dotykovými telefónmi bežne pracuje tzn. vnuk, vnučka alebo deti starej osoby. Staršia osoba teda jednoducho zavolá týmto rodinným príslušníkom, nadiktuje čo potrebuje a oni jej to nadiťku nastaví.

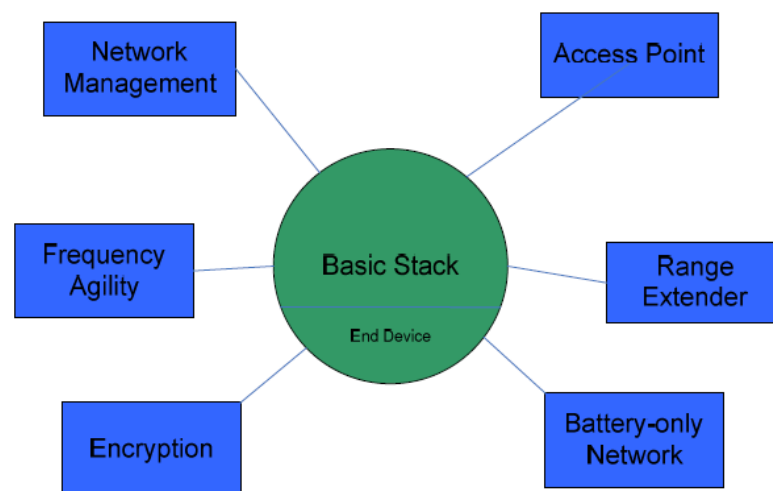
V prípade, že osoba, ktorá chce zariadenie nastaviť nemá telefón s operačným systémom Android, tak môže nakonfigurovať zariadenie pomocou SMS správy presne podľa šablóny, ktorá bude uvedená v manuáli zariadenia. Je to síce pracnejšie a je tam riziko omylu, ale aj toto je možný spôsob. Avšak v dnešnej dobe má smartfón takmer každý a ak nie s OS Android, tak pre ostatné OS sa môže táto aplikácia upraviť. Aplikácia nesie názov eDog, teda starší názov zariadenia, ktorý bol potom v priebehu písania práce zmenený na StarCheck.

6.4 RF komunikácia - SimpliciTI

Hlavná jednotka komunikuje s hodinkami pomocou RF prenosu. Keďže sa jedná o zariadenie na domáce účely, kde sa vyskytuje mnoho zariadení (napríklad meteorologická stanica susedov, otvárač brán a podobne), tak je priam nutnosť spraviť tento prenos spoľahlivý a robustný. Vybudovať však komunikačný protokol a vymyslieť určitú filozofiu komunikácie resp. RF siete je náročné na odladenie a čas. Nechcel som opäť vymýšľať koleso, keď už je vymyslené a rozhodol som sa využiť RF sieť od firmy Texas Instruments - SimpliciTI [36].

Jedná sa o kompletný protokol, ktorý je voľne dostupný a je napísaný a určený pre RF moduly od TI. Je určená hlavne na peer-to-peer komunikáciu alebo na hviezdicovú štruktúru, kde je Access point (AP) a End device (ED). Pre naše potreby je vhodná hviezdicová štruktúra, kde hlavná jednotka bude AP a hodinky, prípadne iné zariadenia a periférie budú ED zariadenia.

Programový balík, respektíve stack obsahuje moduly, ktoré môžeme vidieť na obrázku nižšie.



Obr. 31 - Stack RF siete SimpliciTI [36]

Obsahuje nasledovné:

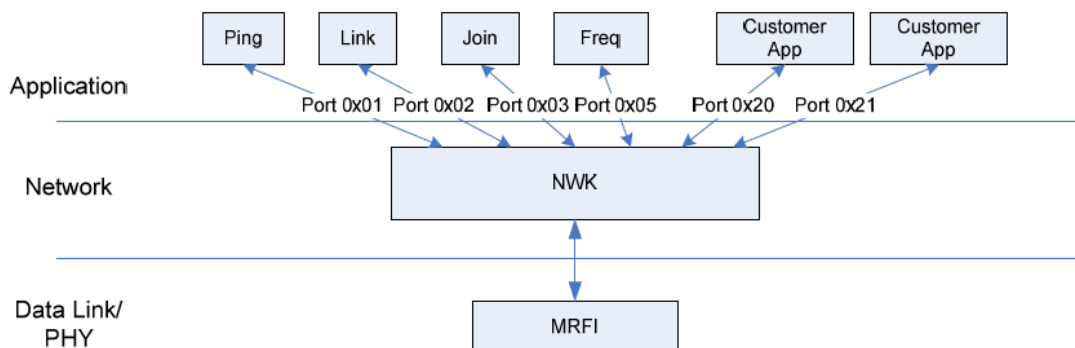
- **Network Management** obsahuje rutiny potrebné pre riadenie siete. Tento modul je doménou hlavne AP.
- **Frequency Agility** - tento modul umožňuje určitú zmenu frekvencie pri komunikácii ak sa na danej frekvencii zistí nejaké rušenie. V podstate sa

jedná o jednoduchý Frequency Hopping. Moduly si vedia merať úroveň signálu a takisto si aj kontrolujú, či im dané rádiové pakety prichádzajú v poriadku. Ak sa začnú strácať pakety, tak prejdú svoju tabuľku frekvencií až kým nenarazia na správnu frekvenciu, kde nastáva potvrdzovanie prenosu správ. Pri AP a ED sieti AP vysiela broadcast správy na zmenu frekvencie.

- **Encryption modul** - RF moduly nemajú v sebe vstavaný HW šifrovací modul a tak je táto možnosť riešená softvérovo.

6.4.1 Vrstvy siete

Samotná sieť obsahuje tri vrstvy a to aplikačnú, sieťovú a linkovo/fyzickú. Aplikačná vrstva pozostáva v podstate z užívateľských rutín, ktoré volajú funkcie zo stacku SimpliciTI, ktoré sú určené pre inicializáciu, prenos dát a podobne. Stack SimpliciTI je naozaj výborne spravený, takže obsluha celého prenosu sa deje na pozadí a v aplikačnej vrstve voláme len jednoduché funkcie.



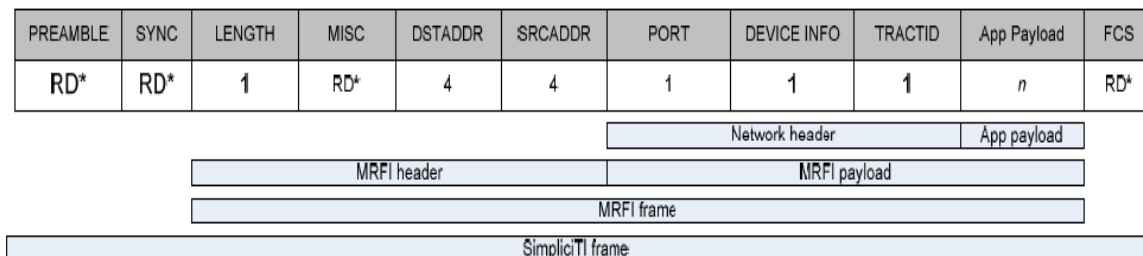
Obr. 32 - Vrstvy siete SimpliciTI [36]

Sieťová vrstva obsahuje už samotné obslužné rutiny pre komunikáciu a stará sa v podstate o celý prenos. Pracuje s parametrami ako základná frekvencia, počet podporovaných frekvencií pre Frequency Agility, typy modulácie, enkrypné kľúče, adresy zariadení a podobne.

Linkovú a fyzickú vrstvu majú zlúčenú do jednej, ktorú nazývajú MRFI (Minimal RF Interface). Táto vrstva sa zaoberá načítaním alebo zapísaním dát z RF modulu, prácou s jeho registrami a podobne.

6.4.2 Štruktúra rámca siete

Rámec siete SimpliTI je zobrazený na obr.33. V podstate sa dá povedať, že je zložený z troch častí a to fyzickej a linkovej, sieťovej a aplikačnej.



Obr. 33 - SimpliTI rámec [36]

- PREAMBLE, SYNC - Sú určené na synchronizáciu pri prenose a sú doplnené samotným hardvérom - tzn. RF modulom.
- LENGTH - Dĺžka zostávajúceho paketu. Vložené automaticky stack-om pri vysielaní.
- MISC - Rôzne pre rôzne typy modulov, môže byť aj vynechané.
- DSTADDR - Adresa cieľového zariadenia.
- SRCADDR - Zdrojová adresa.
- PORT - Číslo portu, ktoré je 0x00 až 0x1F vyhradené pre stack a 0x20 až 0x3F pre užívateľa.
- DEVICE INFO - Popisuje samotné zariadenie, či sa jedná o AP, ED, alebo opakovač. Takisto je tam uložená aj informácia o hop count-e.
- TRACK ID pridané pre robustnosť prenosu. Pomáha takisto rozpoznať aj duplikovaný rámec.
- APP PAYLOAD - sú aplikačné dáta.
- FCS - Kontrolná sekvencia, zvyčajne CRC.

6.4.3 Pripojenie zariadenia do siete

Pre pochopenie pripojenia zariadenia do siete SimpliTI je nutné si najprv ujasniť tri dôležité adresy - v stacku nazývané aj tokeny.

Join Token má štyri bajty a tie by mali byť rovnaké pre všetky zariadenia v sieti. Pomocou tohto tokenu sa v podstate potencionálny člen identifikuje, že patrí do siete. Je

to veľmi výhodné v tom, že zariadenie ktoré nie je určené pre našu sieť bude ignorované a nenastane kolízia v komunikácii. Zároveň to zvyšuje aj prehľadnosť v sieti. Pokus o "Join Network" prebehne pri hneď pri inicializácii stacku a samozrejme aj počas chodu programu **na pozadí**. Ak teda ED zariadenie vyšle požiadavku, že sa chce začleniť do siete a join tokeny sa zhodujú aj na ED, aj na AP, tak sa vyvolá callback funkcia, ktorá má preddefinovanú hlavičku, ktorú musíme dodržať. Pri úspechu nám v argumente LID callback funkcia stack vráti nulu. Inicializácia stacku prebehne volaním **SMPL_Init(sCB)**, kde sCB je callback funkcia zadaná ako:

```
static uint8_t sCB(linkID_t lid)
{
    //....
}
```

Premenná LID nám okrem tohto určuje aj tzv. Link ID, teda unikátne číslo spojenia, ktoré je dočasne vygenerované protokolom. Ak teda chceme s daným zariadením neskôr komunikovať, tak požívame LID číslo tohto spojenia.

Link Token má taktiež štyri bajty, ktoré by mali byť rovnaké pre všetky zariadenia v sieti. Ak je vyslaná požiadavka (až po úspešnom "Join Network") na link zariadení funkciami **SMPL_Link()**, prípadne **SMPL_LinkListen()** a link token je na obidvoch zariadeniach rovnaký, tak zariadenia nadviažu spojenie. Tým sa vyvolá callback funkcia, ktorá v argumente funkcie vráti hodnotu LID, ktoré budeme používať pri komunikácii s daným zariadením.

Device Address má štyri bajty, a jeho hodnota by mala byť jedinečná pre každé zariadenie. Adresa by sa mala vyhnúť 0xxxxxxxx00 a 0xxxxxxxxff, pretože tieto adresy sú využívané pre broadcast. LID číslo nesúvisí priamo s touto adresou – je to iba abstrakcia daného zariadenia. Pre každé zariadenie sa vygeneruje iné, jedinečné **LID** číslo. Preto ak chceme rozoznať z akého zariadenia prišli dáta, tak buď si dáme do aplikačných payload dát náš identifikátor, alebo využijeme nasledovný kód.

```
if (SMPL_SUCCESS == SMPL_Receive(sLID[i], msg, &len))
{
    connInfo_t *pCInfo = nwk_getConnInfo(sLID[i]);

    address1 = pCInfo-> peerAddr[0];
}
```

```

    address2 = pCInfo-> peerAddr[1];
    address3 = pCInfo-> peerAddr[2];
    address4 = pCInfo-> peerAddr[3];
}

```

Týmto je pripojenie nadviazané a zariadenia môžu medzi sebou komunikovať.

6.4.4 Názorný príklad zdrojového kódu pre AP

Jedná sa o zjednodušenú časť programu pre vysvetlenie princípu činnosti.

```

static          linkID_t      sLID[NUM_CONNECTIONS] = {0};
static          uint8_t      sNumCurrentPeers = 0;
static          uint8_t      sCB(linkID_t);
static volatile uint8_t      sPeerFrameSem = 0;
static volatile uint8_t      sJoinSem = 0;

int main(void)
{
    BSP_Init();
    SMPL_Init(sCB);
    while(1)
    {
        // Prislusne flagy nahadzuje callback funkcia na konci kodu
        // Nahodeny Join flag - niekto sa pokusa pripojiť
        if (sJoinSem && (sNumCurrentPeers < NUM_CONNECTIONS))
        {
            // Pocuvanie noveho pripojenia
            while (1)
            {
                if (SMPL_SUCCESS == SMPL_LinkListen(&sLID[sNumCurrentPeers]))
                    break;
            }

            sNumCurrentPeers++;
            sJoinSem--;
        }

        // Prijali sme data od pripojeneho zariadenia
        if (sPeerFrameSem)
        {
            uint8_t      msg[MAX_APP_PAYLOAD], len, i;

            // Obsluzenie vsetkych cakajucich
            for (i=0; i<sNumCurrentPeers; ++i)
            {
                if (SMPL_SUCCESS == SMPL_Receive(sLID[i], msg, &len))
                    sPeerFrameSem--;
            }
        }
    }
}

```

```

// Callback funkcia
static uint8_t sCB(linkID_t lid)
{
    if (lid)
        sPeerFrameSem++;

    else
        sJoinSem++;

    // Navrat nula - to znamena, ze odkazujeme stacku, ze data nacitame z
    aplikacie
    return 0;
}

```

Funkcia **BSP_Init()** inicializuje periférie mikrokontroléra, presnejšie SPI zbernicu a I/O porty. Na I/O porty sú pripojené signály GDO0 a GDO2 z RF modulu, ktoré je výhodné pripojiť na také porty mikrokontroléra, ktoré disponujú modulom prerušenia pri zmene úrovne signálu. RF modul pomocou týchto signálov dáva na javo, že prišli dáta na spracovanie, a tým môže v podstate prebehnúť príjem na pozadí. V opačnom prípade by sme úroveň na tomto porte museli neustále kontrolovať.

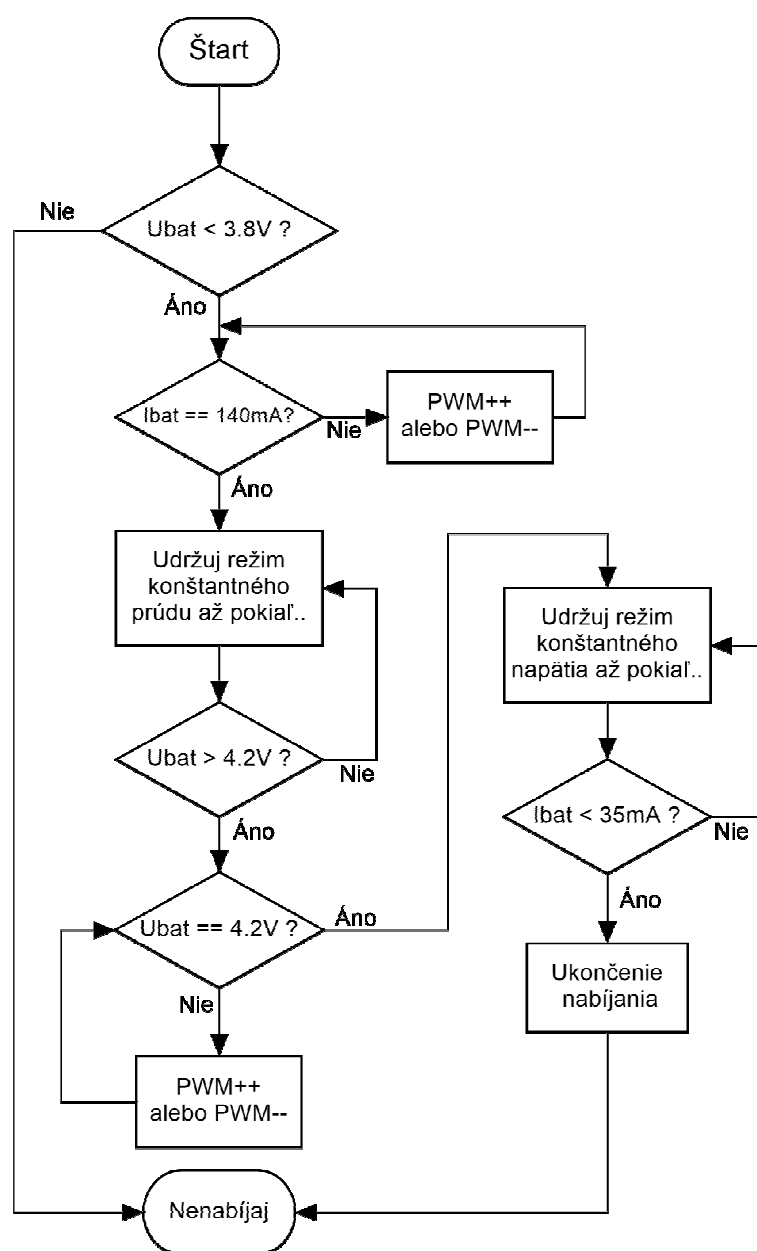
Funkcia **SMPL_init()** bola popísaná vyššie. Ak prebehlo všetko v poriadku, tak program začne neustále krúžiť v hlavnom while cykle. V momente, že ED zariadenie sa pokúsi o prijatie do siete, tak vyšle **Join Request**. Ak sa zhoduje **Join Token** na AP a ED, tak sa vyvolá callback funkcia, ktorá v argumente vráti LID = 0 a zinkrementuje **sJoinSem** - premennú, ktorá symbolizuje, že sa nejaké zariadenie pokúša začleniť do siete. V hlavnom cykle sa to vyhodnotí a vyvolá sa **SMPL_LinkListen** funkcia, ktorá má za úlohu pripojiť zariadenie a určiť jeho LID číslo. Je jasné, že while cyklus, v ktorom sa snažíme zlinkovať zariadenia by nemala byť nekonečná slučka, ale mala by byť ošetrená timeout-om. Pre názornosť zdrojového kódu je to však vynechané. Ak je všetko v poriadku a zhoduje sa Link Token, tak LID číslo je pridelené.

Teraz ostáva čakať na prijatie dát. Ak táto situácia nastane, tak sa opäť vyvolá callback funkcia, ale už sa vráti LID číslo s nenulovou hodnotou. V hlavnej slučke potom pomocou LID čísla a funkcie **SMPL_Recieve** načítame dáta a vyhodnotíme. Týmto je príjem dát hotový.

6.5 Algoritmus nabíjania Li-POL akumulátora

Princíp nabíjania bol popísaný v kapitole 5.6. My teraz máme k dispozícii step-down menič a musíme navrhnúť riadiaci algoritmus. Zároveň je nutné pripomenúť, že naše

zariadenie má oveľa dôležitejšie úlohy ako sofistikované nabíjanie akumulátora regulátorom PSD. V počiatku som tento princíp chcel použiť ale po hlbšom preskúmaní problematiky som od toho upustil. Jedná sa hlavne o reguláciu prúdu, ktorá by mala byť rýchla, aby spoľahlivo reagovala na zmeny podmienok nabíjania. Pribudli by problémy s meraním, stabilitou a podobne. Preto som si vymyslel algoritmus, ktorý v podstate inkrementálne mení striedu PWM a meria po ustálení napätie a prúd. Dalo by sa povedať, že ide o "inkrementálny regulátor". Nejedná sa však o nič nové a podobný princíp bol použitý aj v [37]. Pre ľahšie pochopenie algoritmu uvediem vývojový diagram.



Obr. 34 - Vývojový diagram algoritmu nabíjania

Funkcia pre riadenie nabíjania je neustále volaná z hlavnej slučky. Ak je napätie akumulátora nad 3.8V tak sa akumulátor nenabíja. Ak toto napätie klesne, tak sa akumulátor vyhodnotí ako vybitý a začne nabíjací cyklus najprv režimom konštantného prúdu. Inkrementálny regulátor udržiava s určitou hysterézou konštantný nabíjací prúd 140mA (pomaly zväčšuje striedu PWM signálu do meniča - nie je dôvod, prečo by to malo byť rýchle, prípadne spojité). V tomto režime ostane dovtedy, až pokiaľ napätie na svorkách akumulátora nevystúpi na 4.2V. V tomto momente sa udržiava konštantné napätie na svorkách akumulátora a klesá nabíjací prúd. Nabíjací cyklus je ukončený, ak nabíjací prúd klesne pod 35mA. Všetky tieto prúdové a napäťové hranice sú doporučené údaje od výrobcu popísané v kapitole 5.6.

Popri samotnom nabíjaní sa kontroluje aj teplota akumulátora, čas nabíjania, veľký nabíjací prúd, prípadne nezvyčajné napätie na svorkách. Vo všetkých týchto prípadoch sa ukončí nabíjací proces a počká sa určitý čas. Potom sa nabíjací cyklus zopakuje. Ak sa ľubovoľná chyba zopakuje 3x, tak sa vyhodnotí chybný akumulátor a informácia sa zobrazí na displeji. Teplota akumulátora sa meria jednoduchým termistorom, ktorý je nakalibrovaný na teplotu 50°C. Bolo by vhodné vykonať určitú korekciu tým, že si zaznamenáme teplotu pred nabíjacím cyklom a potom vyhodnotíme čisto oteplenie batérie. Týmto predídeme stavu, ak by v lete na zariadenie svietilo slnko a teplota vo vnútri zariadenia by mohla 50°C dosiahnuť aj mimo nabíjanie akumulátora.

6.6 Ostatné funkcie hlavnej jednotky

Medzi ostatné funkcie zariadenia patrí napríklad obsluha grafického displeja, ktorého rutiny som prevzal od kolegov na firme. Nebol dôvod si vymýšľať nové a tak som použil overené a upravil len najnižšiu vrstvu, aby som komunikoval s displejom po SPI zbernici.

Funkcia pre nastavenie farby podsvietenia nastavuje farbu podsvietenia podľa režimu v akom sa hlavná jednotka nachádza. Ak sa jedná o SOS režim, tak podsvietenie bliká červenou farbou s frekvenciou 5Hz. Ak sa jedná o pitný režim, tak displej bliká namodro s frekvenciou 2Hz. Režim liekov je fialová farba, únik zemného plynu je zelená farba. Nastavenie farby podsvietenia je jednoduché a je spravené spínaním jednotlivých RGB zložiek displeja natvrdo o zem. Celkovo teda môžeme nakombinovať $3^2 - 1$ tzn. 8 farieb.

Medzi ostatné funkcie patrí obsluha tlačidiel, obsluha sériovej linky, rutina pre vyhodnotenie úniku zemného plynu a podobne. Tieto rutiny sú však jednoduché a nie je dôvod unavovať čitateľa ich popisom. Firma TI má navyše ku každému mikrokontroléru od nich knižnice a príklady zdrojových kódov uvedené pre inšpiráciu, kde sú aj pekne vysvetlené. Osobne to hodnotím ako dobrú politiku, pretože všeobecne koncový užívateľ sa má trápiť vlastnými algoritmami potrebnými pre funkciu určitého procesu, a nie algoritmami na správnu inicializáciu sériovej linky. Za seba môžem povedať, že všetky rutiny, ktoré som popisoval som však spracoval sám až na tie, kde som uviedol výnimky, prípadne som sa nechal inšpirovať uvedenými príkladmi.

Pri písaní softvéru pre hlavnú jednotku som mal najväčší problém hlavne s komunikáciou s modulom SIM900. Problém bol v tom, že modul má veľmi veľa stavov a chybových hlásení, ktoré môžu nastať počas prevádzky. Jedná sa hlavne o kolízne situácie, keď sa uskutočňuje hlasový hovor a do toho príde SMS správa pre nastavenie prípadne iný hovor. Rovnako sa môže stať, že práve v čase, keď osoba stlačila tlačidlo pre privolanie pomoci sa vyvolá pripomienka na užitie liekov. Bolo tam teda množstvo stavov, s ktorými je potrebné počítať a vysporiadať sa s nimi. Overenie funkčnosti zariadenia je teda zdĺhavý proces a nie všetko ide ľahko nasimulovať.

6.7 Obslužný softvér v hodinkách

V rozsiahlej kapitole 4 sme uviedli, že hodinky by sa mohli synchronizovať s hlavnou jednotkou a akustickým signálom pripomínať užívanie liekov, prípadne pitný režim. Boli uvedené aj určité komplikácie, ktoré s tým súvisia. Po viacerých firemných radách sme sa rozhodli túto možnosť zatiaľ vynechať. Hodinky by teda v prvej verzii slúžili len na zobrazovanie času, okolitej teploty a na privolanie prvej pomoci. Preto je v hodinkách ponechaný pôvodný softvér, ktorý má TI plne k dispozícii a je upravený pre rutinu privolania prvej pomoci. Zasahovať do takto odladeného softvéru by bolo v tejto verzii kontraproduktívne, pretože je veľmi dobre odladený na nízku spotrebu a tým pádom dlhú životnosť batérie. V hodinkách je taktiež aj mikrokontrolér so vstavaným RF modulom a tak by bolo nutné sa s ním naučiť pracovať, respektíve pochopiť.

Druhá vec prečo sme sa takto rozhodli je tá, že by to bolo pre staršie osoby s rešpektom pred technikou priveľké sústo. Pretože by boli zmätení s pripomienok, ktoré by boli na hodinkách a potom ešte na hlavnej jednotke.

ZÁVER

Cieľom mojej diplomovej práce bolo navrhnúť zariadenie, ktoré bude monitorovať starých ľudí, a ktorého primárnym účelom je privolať v prípade núdze pomoc. Najprv som spravil určitý rešerš, čo sa momentálne nachádza na trhu a tým sa určila základná koncepcia zariadenia. Podľa tejto koncepcie som potom navrhol schému zapojenia, tak aby splňovala požiadavky. Vybrané prvky som vyberal ako kompromis medzi cenou a funkčnosťou, ale nie na úkor kvality a spoľahlivosti. Pri návrhu boli použité hlavne SMD súčiastky, kvôli malým rozmerom a možnosti osádzania na SMT linke. Po osadení som oživil zariadenie a začal pracovať na softvérovom vybavení.

Pri písaní softvéru som postupoval pomaly a logicky a funkčnosť kódu som neustále overoval. V zdrojovom kóde som sa snažil vyhnúť slučkám, kde by mohlo vzniknúť uviaznutie. Najväčší problém bolo ošetriť veľké množstvo stavov, ktoré môžu nastať pri komunikácii s modulom SIM900. Niektoré stavy je problematické nasimulovať a tak sa zariadenie v malej sérii vyrobí na otestovanie v normálnej prevádzke.

Keďže sa jedná o prototyp, tak na zdokonaľovaní sa bude neustále pracovať. V ďalších verziách môžu pribudnúť rôzne rozširujúce prvky ako snímanie tepu, dymu, vlhkosti a podobne. Do HW zariadenia pritom nemusí byť vykonaný žiadny zásah, pretože obsahuje spoľahlivú RF sieť a tak pripojenie bude bezdrôtové.

V tomto štádiu je zariadenie schopné privolať pomoc, či už pomocou tlačidla na hlavnej jednotke, alebo hodiniek. Ďalej je schopné pripomínať pitný režim, užívanie liekov, varuje pred únikom zemného plynu. Momentálne sa doladujú drobné detaily a zariadenie je pripravené na uvedenie do prevádzky, respektíve prvej overovacej série.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] Elektronický strážca [online], 2012, [cit. 7.12.2013].
< http://www.trebisov.sk/userimages/files/subory/Spravodaj_ES_Trebisov.pdf>
- [2] Import-Export. *GSM elderly guarder* [online], 2011, [cit. 7.12.2013].
<<http://www.imexbb.com/gsm-10993943.htm>>
- [3] Texas Instruments. *Wireless development tool in a watch* [online], 2013,
[cit. 7.12.2013]. < <http://www.ti.com/tool/ez430-chronos>>
- [4] YOKU Energy. *Li-POL battery datasheet* [online], 2012, [cit. 7.12.2013].
< <http://www.bns.com.pl/data/files/453448/yoku453448.pdf>>
- [5] BOPLA. *Internetové stránky výrobcu* [online], 2013, [cit. 7.12.2013].
< <http://www.bopla.de>>
- [6] BOPLA. *Circum C1435 datasheet* [online], 2013, [cit. 7.12.2013].
<<http://www.bopla.de/en/enclosure-technology/product/circum/circum-c-1435/c-1435-p-fp-7038.html>>
- [7] Wikipedia. *Skype* [online], 2013, [cit. 7.12.2013].
< <http://en.wikipedia.org/wiki/Skype>>
- [8] Wikipedia. *Digital subscriber line* [online], 2013, [cit. 7.12.2013].
< http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_subscriber_line>
- [9] AKSEN. *Nezabúdajme na pitný režim* [online], 2012, [cit. 7.12.2013].
< <http://aksen.sk/zdravie-zivotny-styl/nezabudajme-na-pitny-rezim>>
- [10] SPP. *Bezpečne so zemným plynom* [online]. 2008, [cit. 7.12.2013].
< http://www.spp.sk/Cds/Download/152_Bezpecne_so_zemnym_plynom>
- [11] QUECTEL. *Internetové stránky výrobcu* [online], 2013, [cit. 7.12.2013]
< <http://www.quectel.com/>>
- [12] SIMCOM. *Internetové stránky výrobcu* [online], 2013, [cit. 7.12.2013].
< <http://wm.sim.com/defaulten.aspx>>
- [13] SIMCOM. *SIM900 datasheet* [online], 2013, [cit. 7.12.2013].
< <http://wm.sim.com/producten.aspx?id=1019>>
- [14] SIMCOM. *SIM900 reference design* [online], 2013, [cit. 7.12.2013].
< <http://wm.sim.com/producten.aspx?id=1019>>

- [15] Texas Instruments. *EZ chronos user guide* [online], 2013, [cit. 7.12.2013].
< <http://www.ti.com/lit/pdf/slau292>>
- [16] Texas Instruments. *CC1101 datasheet* [online], 2013, [cit. 7.12.2013].
<<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc1101.pdf>>
- [17] Texas Instrumets. *LM4871M datasheet* [online], Rev. 2013, [cit. 7.12.2013].
< <http://www.ti.com/litv/snas002f>>
- [18] Fairchild. *NC7SB3157P6X datasheet* [online], 2009, [cit. 7.12.2013].
< <http://www.fairchildsemi.com/ds/FS/FSA3157.pdf>>
- [19] SIMCOM. *SIM900 audio interface* [online], 2013, [cit. 7.12.2013].
< <http://wm.sim.com/producten.aspx?id=1019>>
- [20] ĎURÍK, M. *Systém monitorování obytných prostor*. Brno: VUT v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 57 s.
- [21] GAS KIKI. *MI-02 Datasheet* [online], 2011, [7.12.2013].
< <http://www.gaskiki.com/eng/product/gas-sensor-specifications.html>>
- [22] RIPKA, P., ĎAĎO, S., KREIDL, M., NOVÁK, J., *Senzory a převodníky*. 1.vyd Praha: ČVUT Praha, 2005, 136 s. ISBN: 80-01-03123-3
- [23] Texas instruments. *LM358 Datasheet* [online], Rev. 2010, [22.5.2012].
<<http://www.ti.com/lit/gpn/lm358>>
- [24] Battery University. *Charging Lithium-ion* [online], 2010, [cit. 7.12.2013].
< http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries>
- [25] Texas Instruments. *Calculation of a buck converter* [online], 2012, [cit. 7.12.2013]. < <http://www.ti.com/lit/slva477>>
- [26] PATOČKA, M. VOREL, P. *Řídicí elektronika II část*, 1 vyd Brno: VUT Brno, október 2004, 154 s.
- [27] APE. *APE8800 datasheet* [online], 2009, [cit. 7.12.2013].
<<http://www.a-powerusa.com/docs/APE1085-3.pdf>>
- [28] VRBA, K. *Konstrukce elektronických zařízení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2013. s. 1-251.
- [29] APE. *APE8800 datasheet* [online], 2009, [cit. 7.12.2013].
< <http://www.a-powerusa.com/docs/APE8800-3.pdf>>
- [30] Texas Instruments. *MSP430F5529 datasheet* [online], 2013, [cit. 7.12.2013].
<<http://www.ti.com/product/msp430f5529>>

- [31] Texas Instruments. *MSP430F5529 USB Experimenter's Board* [online], June 2011, [cit. 29.4.2014]. < <http://www.ti.com/tool/msp-exp430f5529> >
- [32] FatFS. *Generic FAT File System Module* [online], 2013, [cit. 30.4.2014].
< http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html >
- [33] Stanford University. *WAVE PCM soundfile format* [online], 2003, [cit.30.4.2014]. <<https://ccrma.stanford.edu/courses/422/projects/WaveFormat/>>
- [34] SIMCOM. *SIM900 AT commands* [online], 2013, [cit. 7.12.2013].
< <http://wm.sim.com/producten.aspx?id=1019>>
- [35] Android. *Developers* [online], 2014, [cit. 1.5.2014].
< <http://developer.android.com/guide/index.html>>
- [36] Texas Instruments. *SIMPLICITI* [online], 2009, [cit. 1.5.2014].
<<http://www.ti.com/tool/simpliciti>>
- [37] AVRFreaks. *AVR450: Battery charger* [online], 2004, [cit. 1.5.2014].
<http://www.avrfreaks.net/index.php?func=viewItem&item_id=271&module=Freake%20Tools>

ZOZNAM SKRATIEK A SYMBOLOV

VoIP	Voice over Internet Protocol
SIM	Subscriber Identity Module
HW	Hardware
GSM	Global System for Mobile
DSL	Digital Subscriber Line
RF	Radio Frequency
Li-POL	Lithium-Polymer
SOS	Save Our Ship, Save Our Souls
PC	Personal Computer
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
SPI	Serial Peripheral Interface
PWM	Pulse-width modulation
GPRS	General packet radio service
RxD	Received Data
TxD	Transmitted Data
FSK	Frequency-shift keying
GFSK	Gaussian Frequency-Shift Keying
MSK	Minimum-Shift Keying
OOK	On-Off Keying
RSSI	Received Signal Strength Indicator
WAV	Waveform Audio File Format
OZ	Operačný zosilňovač
A/D	Analógovo/Digitálny
ESD	Electrostatic discharge
WAVE	Waveform Audio File Format
OS	Operačný Systém

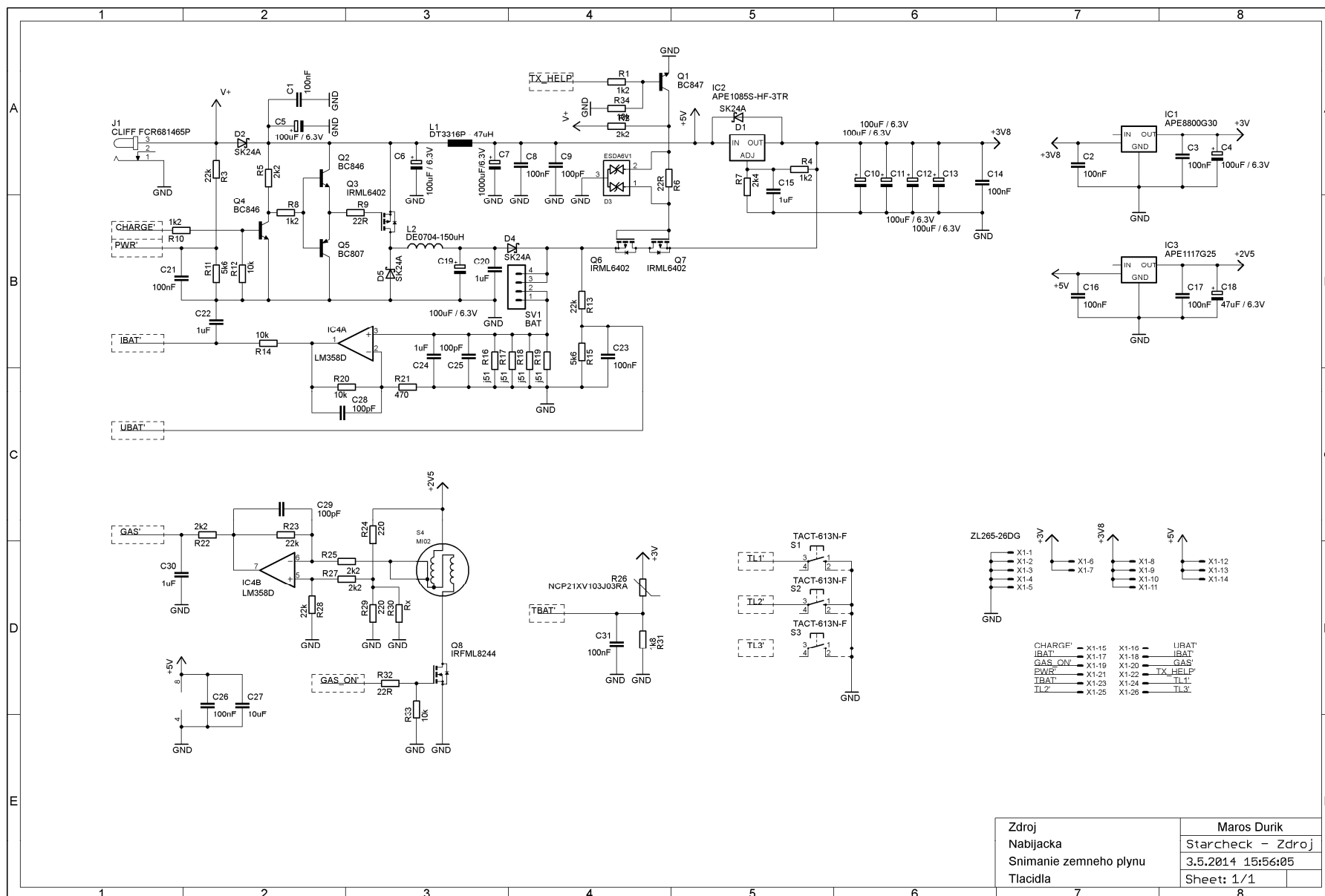
ZOZNAM PRÍLOH

A	Návrh zariadenia - Schémy	74
A.1	Schéma zapojenia dosky displeja a ovládania	74
A.2	Schéma zapojenia dosky napájania, meraní a nabíjačky	75
A.3	Schéma zapojenia dosky s MCU - Digitálna časť	76
A.4	Schéma zapojenia dosky s MCU - Audio sekcia	77
B	Návrh zariadenia - DPS	78
B.1	Návrh DPS displeja a ovládania.....	78
B.2	Návrh DPS napájania, meraní a nabíjačky	79
B.3	Návrh DPS pre MCU časť	80
C	Osadzovací predpis pre DPS	81
C.1	Osadenie DPS displeja - TOP	81
C.2	Osadenie DPS napájania, merania a nabíjačky	82
C.3	Osadenie DPS s MCU	83
D	Rozpis súčiastok	84
D.1	Rozpis súčiastok pre DPS s displejom.....	84
D.2	Rozpis súčiastok pre DPS s napájaním, meraním a nabíjačkou.....	85
D.3	Rozpis súčiastok pre DPS s MCU	88
E	Fotogaléria	92
E.1	Fotografia hlavnej jednotky.....	92

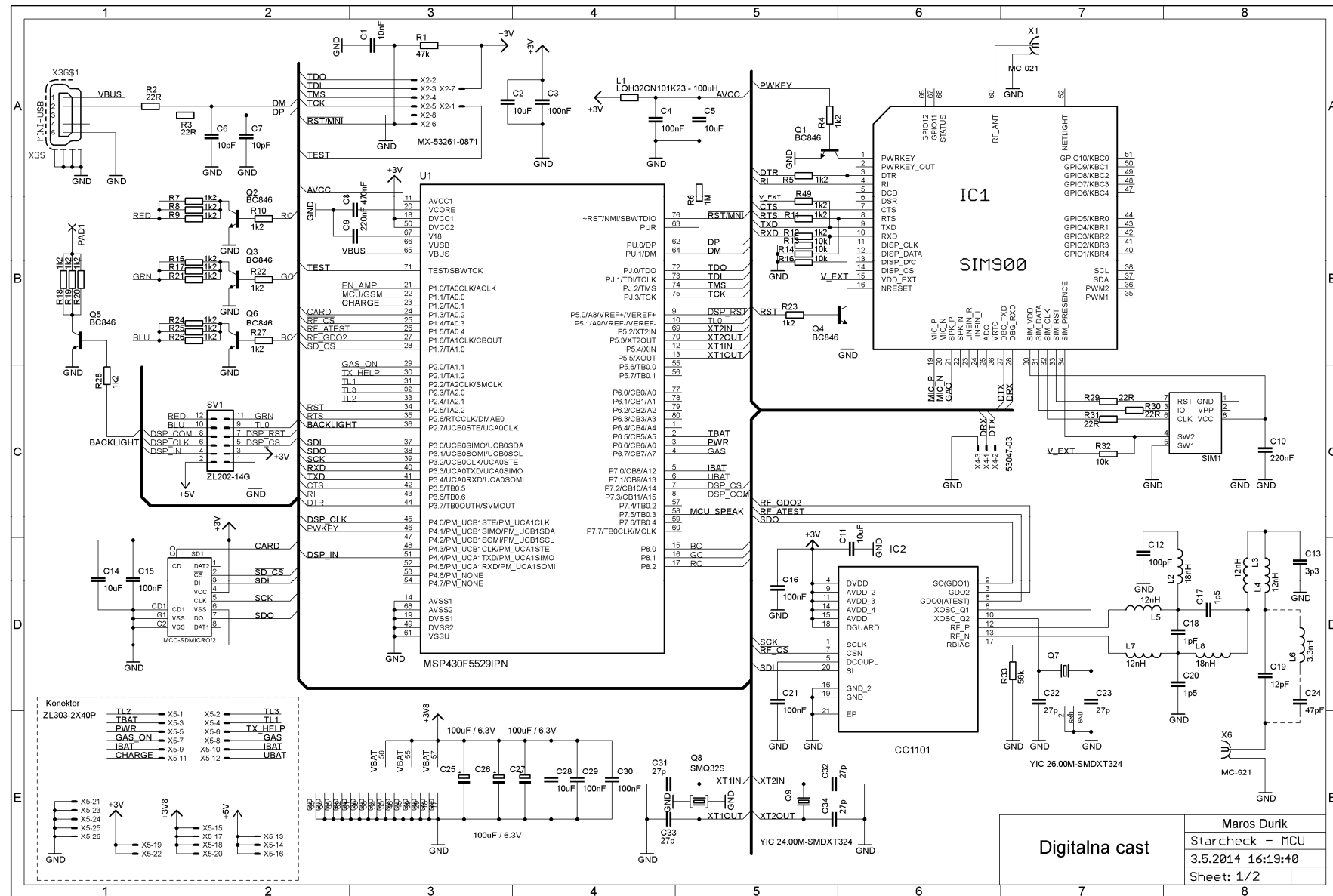
A.1 Schéma zapojenia dosky displeja a ovládania



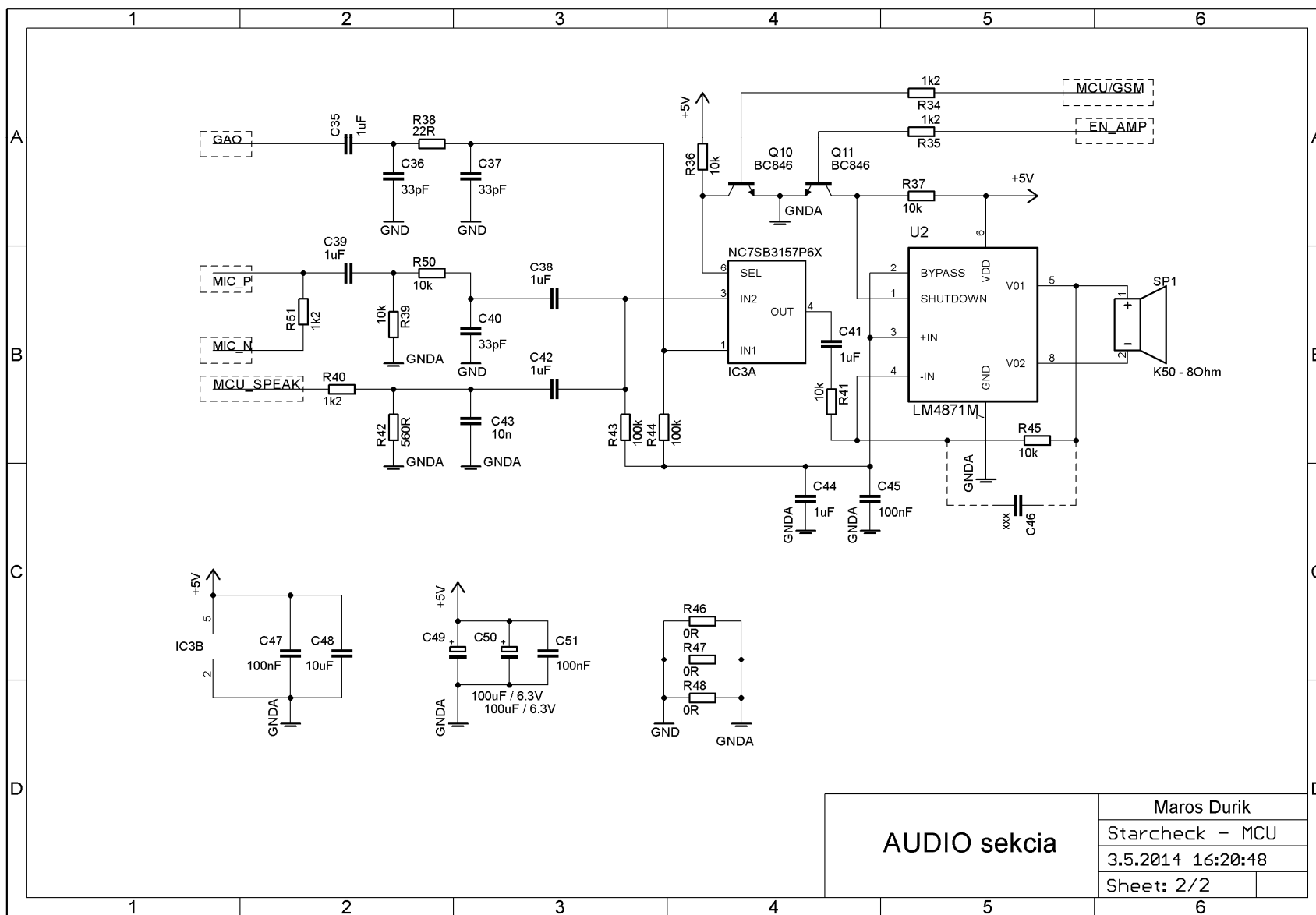
A.2 Schéma zapojenia dosky napájania, meraní a nabíjačky



A.3 Schéma zapojenia dosky s MCU - Digitálna časť

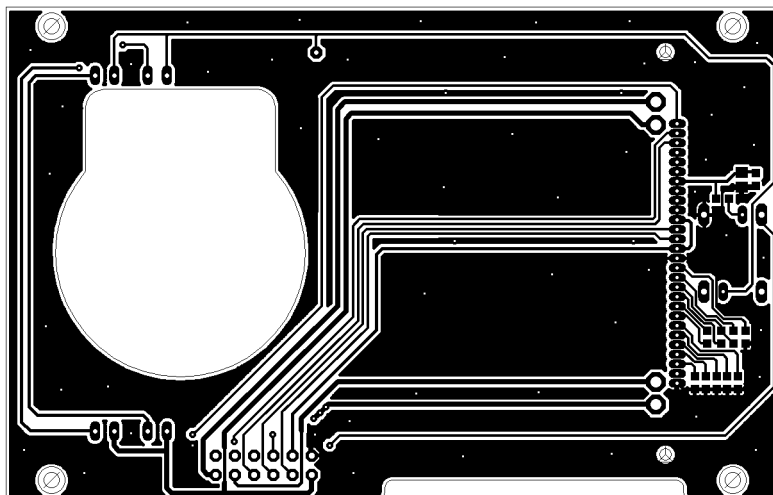


A.4 Schéma zapojenia dosky s MCU - Audio sekcia

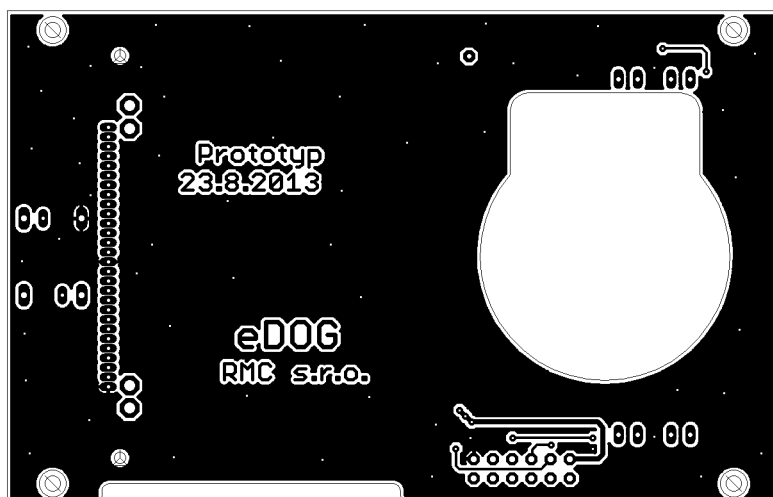


B NÁVRH ZARIADENIA - DPS

B.1 Návrh DPS displeja a ovládania

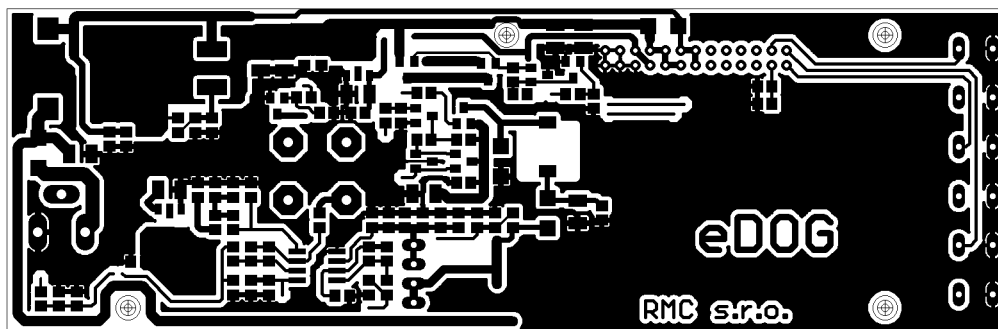


Strana Top 1:1

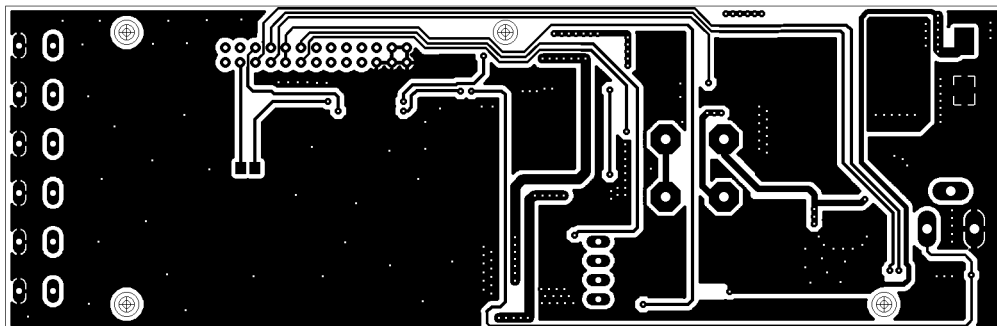


Strana Bottom 1:1

B.2 Návrh DPS napájania, meraní a nabíjačky

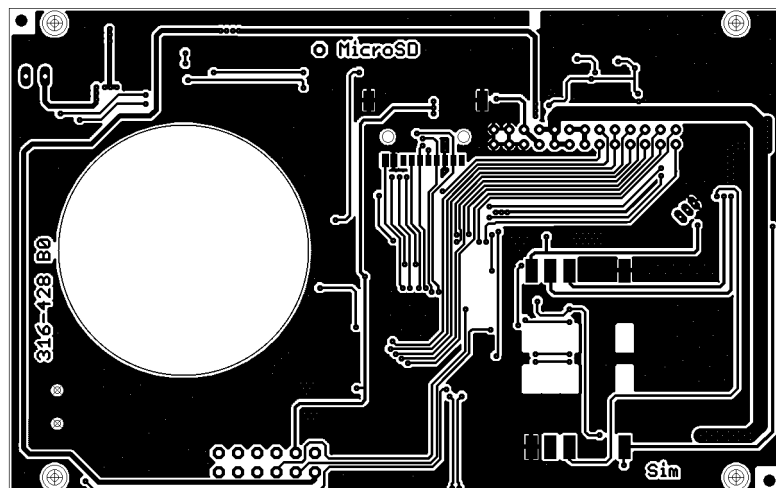


Strana Top 1:1

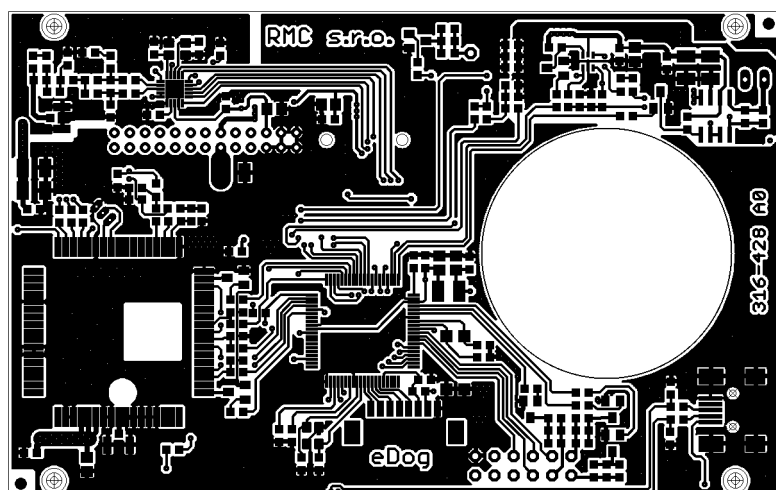


Strana Bottom 1:1

B.3 Návrh DPS pre MCU časť



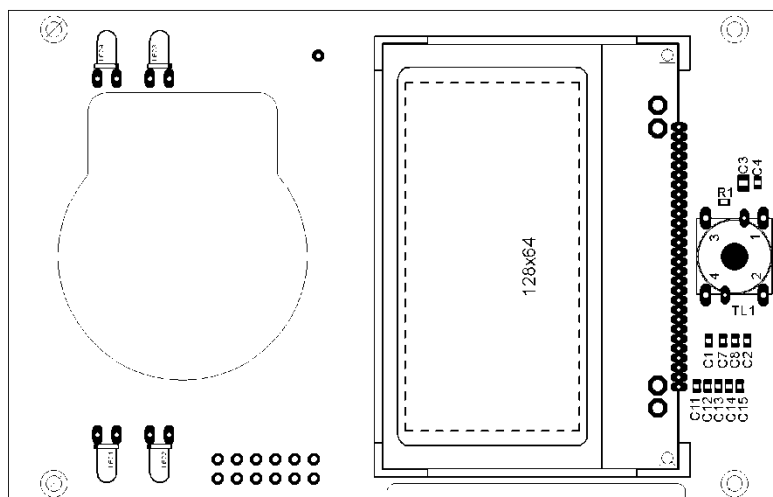
Strana Top 1:1



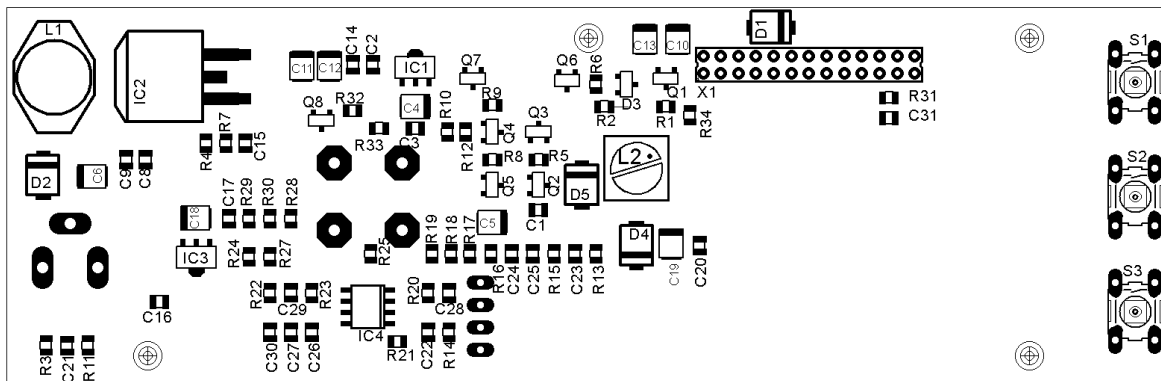
Strana Bottom 1:1

C OSADZOVACÍ PREDPIS PRE DPS

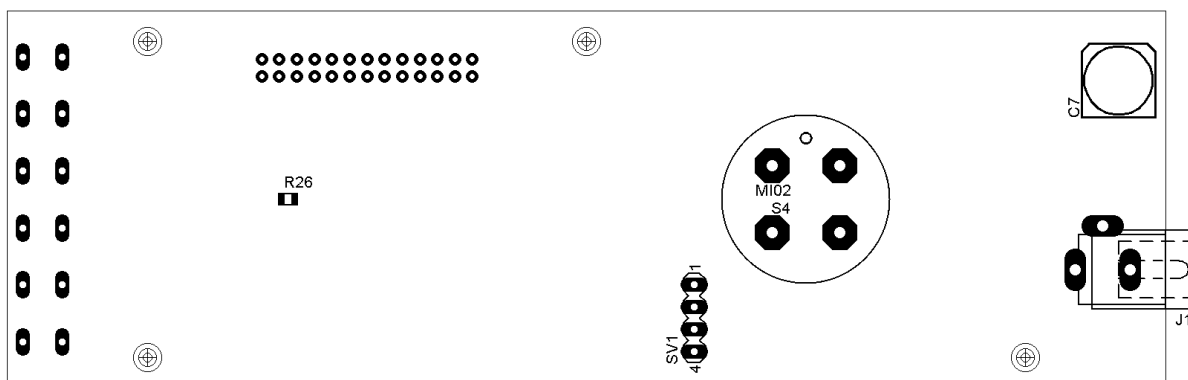
C.1 Osadenie DPS displeja - TOP



C.2 Osadenie DPS napájania, merania a nabíjačky

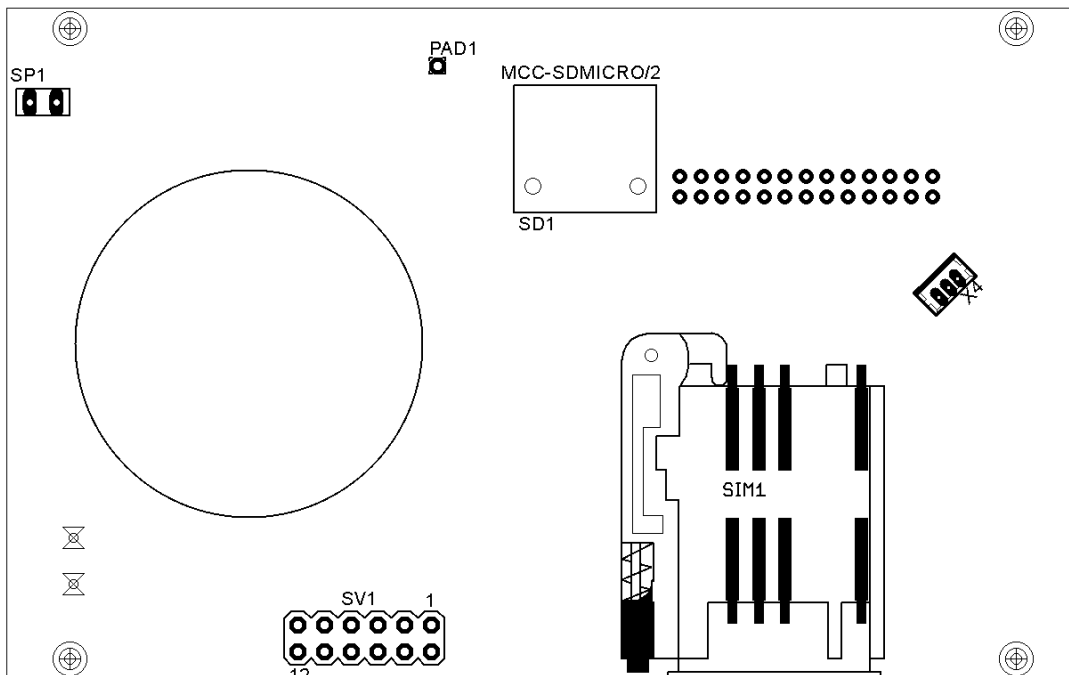


Strana Top

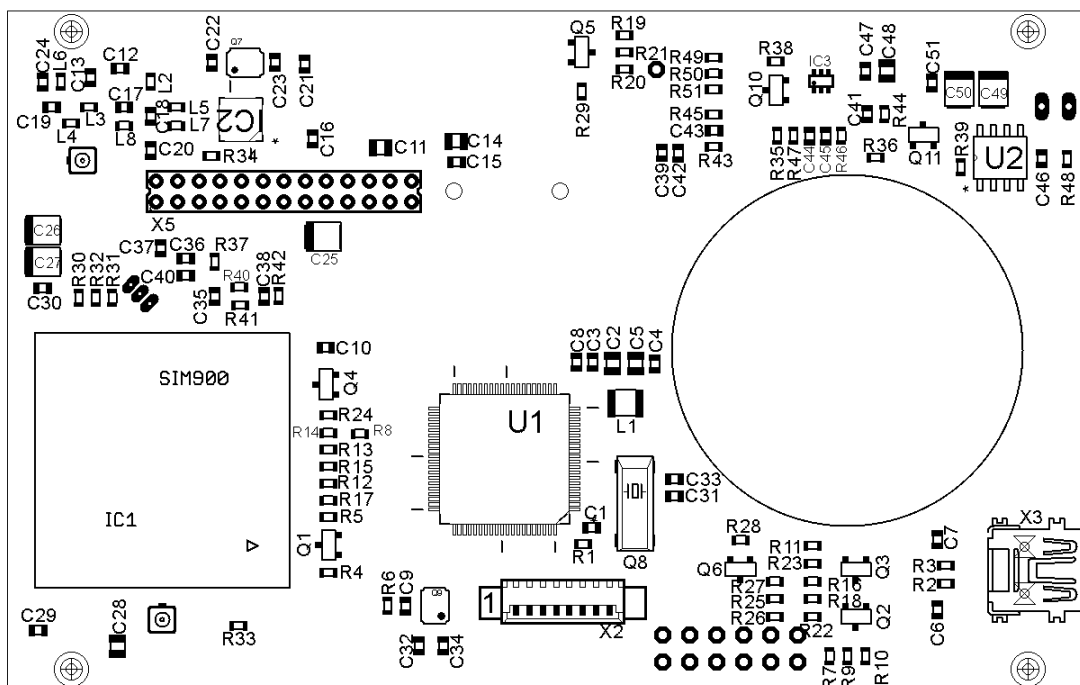


Strana Bottom

C.3 Osadenie DPS s MCU



Strana Top



Strana Bottom

D ROZPIS SÚČIASTOK

D.1 Rozpis súčiastok pre DPS s displejom

Prvok	Hodnota	Púzdro	Popis
C1	1uF/50V	C0603	Keramický kondenzátor
C2	1uF/50V	C0603	Keramický kondenzátor
C3	10uF/10V	C0805	Keramický kondenzátor
C4	100nF/50V	C0603	Keramický kondenzátor
C7	1uF/50V	C0603	Keramický kondenzátor
C8	1uF/50V	C0603	Keramický kondenzátor
C11	1uF/50V	C0603	Keramický kondenzátor
C12	1uF/50V	C0603	Keramický kondenzátor
C13	1uF/50V	C0603	Keramický kondenzátor
C14	1uF/50V	C0603	Keramický kondenzátor
C15	1uF/50V	C0603	Keramický kondenzátor
DISP1	64128K-FC-BW-RGB	64128K-RGB	Grafický displej
LED1	Červená	3mm púzdro	LED dióda
LED2	Červená	3mm púzdro	LED dióda
LED3	Červená	3mm púzdro	LED dióda
LED4	Červená	3mm púzdro	LED dióda
R1	330R	R0603	Rezistor
SV1	–	MA06-2	Kolíková lišta
TL1	MULTIMEC	MULTIMEC	Tlačidlo

D.2 Rozpis súčiastok pre DPS s napájaním, meraním a nabíjačkou

Prvok	Hodnota	Púzdro	Popis
C1	100nF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C2	100nF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C3	100nF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C4	100uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C5	100uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C6	100uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C7	1000uF/6.3V	153CLV-0810	Elektrolytický kondenzátor
C8	100nF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C9	100pF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C10	100uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C11	100uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C12	100uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C13	100uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C14	100nF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C15	1uF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C16	100nF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C17	100nF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C18	47uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C19	100uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C20	1uF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C21	100nF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C22	1uF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C23	100nF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C24	1uF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C25	100pF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C26	100nF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C27	10uF/10V	C0805	Keramický kondenzátor
C28	100pF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C29	100pF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C30	1uF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
C31	100nF/50V	C0805	Keramický kondenzátor
D1	SK24A	SMA	Shottkyho dióda
D2	SK24A	SMA	Shottkyho dióda
D3	ESDA6V1	SOT23	ESD ochrana
D4	SK24A	SMA	Shottkyho dióda
D5	SK24A	SMA	Shottkyho dióda
IC1	APE8800G30	SOT89-STAB	Stabilizátor
IC2	APE1085S-HF-3TR	D2PACK	Stabilizátor
IC3	APE1117G25	SOT89-STAB	Stabilizátor

IC4	LM358D	SO08	Operačný zosilňovač
J1	CLIFF FCR681465P	SPC4077	Napájací konektor
L1	DT3316P - 47uH	DO3316P	Tlmivka
L2	DE0704-150uH	PIS2816	Tlmivka
Q1	BC847	SOT23	NPN Tranzistor
Q2	BC846	SOT23	NPN Tranzistor
Q3	IRML6402	SOT23	P kanál MOSFET tranzistor
Q4	BC846	SOT23	NPN Tranzistor
Q5	BC807	SOT23-BEC	PNP Tranzistor
Q6	IRML6402	SOT23	P kanál MOSFET tranzistor
Q7	IRML6402	SOT23	P kanál MOSFET tranzistor
Q8	IRFML8244	SOT23	N kanál MOSFET tranzistor
R1	1k2	R0805	Rezistor
R2	2k2	R0805	Rezistor
R3	22k	R0805	Rezistor
R4	1k2	R0805	Rezistor
R5	2k2	R0805	Rezistor
R6	22R	R0805	Rezistor
R7	2k4	R0805	Rezistor
R8	1k2	R0805	Rezistor
R9	22R	R0805	Rezistor
R10	1k2	R0805	Rezistor
R11	5k6	R0805	Rezistor
R12	10k	R0805	Rezistor
R13	22k	R0805	Rezistor
R14	10k	R0805	Rezistor
R15	5k6	R0805	Rezistor
R16	j51	R0805	Rezistor
R17	j51	R0805	Rezistor
R18	j51	R0805	Rezistor
R19	j51	R0805	Rezistor
R20	10k	R0805	Rezistor
R21	470	R0805	Rezistor
R22	2k2	R0805	Rezistor
R23	22k	R0805	Rezistor
R24	220	R0805	Rezistor
R25	2k2	R0805	Rezistor
R26	10k	R0805	Rezistor
R27	2k2	R0805	Rezistor
R28	22k	R0805	Rezistor
R29	220	R0805	Rezistor
R30	Rx	R0805	Rezistor
R31	1k8	R0805	Rezistor

R32	22R	R0805	Rezistor
R33	10k	R0805	Rezistor
R34	10k	R0805	Rezistor
S1	TACT-613N-F	B3F-10XX	Tlačidlo
S2	TACT-613N-F	B3F-10XX	Tlačidlo
S3	TACT-613N-F	B3F-10XX	Tlačidlo
S4	MI02	MI02	Snímač zemného plynu
SV1	Akumulátor	MA04-1	Konektor na batériu
X1	ZL265-26DG	87758-2616	Konektor na MCU dosku

D.3 Rozpis súčiastok pre DPS s MCU

Prvok	Hodnota	Púzdro	Popis
C1	10nF	C0603	Keramický kondenzátor
C2	10uF	C0805	Keramický kondenzátor
C3	100nF	C0603	Keramický kondenzátor
C4	100nF	C0603	Keramický kondenzátor
C5	10uF	C0805	Keramický kondenzátor
C6	10pF	C0603	Keramický kondenzátor
C7	10pF	C0603	Keramický kondenzátor
C8	470nF	C0603	Keramický kondenzátor
C9	220nF	C0603	Keramický kondenzátor
C10	220nF	C0603	Keramický kondenzátor
C11	10uF	C0805	Keramický kondenzátor
C12	100pF	C0603	Keramický kondenzátor
C13	3p3	C0603	Keramický kondenzátor
C14	10uF	C0805	Keramický kondenzátor
C15	100nF	C0603	Keramický kondenzátor
C16	100nF	C0603	Keramický kondenzátor
C17	1p5	C0603	Keramický kondenzátor
C18	1pF	C0603	Keramický kondenzátor
C19	12pF	C0603	Keramický kondenzátor
C20	1p5	C0603	Keramický kondenzátor
C21	100nF	C0603	Keramický kondenzátor
C22	27p	C0603	Keramický kondenzátor
C23	27p	C0603	Keramický kondenzátor
C24	47pF	C0603	Keramický kondenzátor
C25	100uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C26	100uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C27	100uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C28	10uF	C0805	Keramický kondenzátor
C29	100nF	C0603	Keramický kondenzátor
C30	100nF	C0603	Keramický kondenzátor
C31	27p	C0603	Keramický kondenzátor
C32	27p	C0603	Keramický kondenzátor
C33	27p	C0603	Keramický kondenzátor
C34	27p	C0603	Keramický kondenzátor
C35	1uF	C0603	Keramický kondenzátor
C36	33pF	C0603	Keramický kondenzátor
C37	33pF	C0603	Keramický kondenzátor
C38	1uF	C0603	Keramický kondenzátor
C39	1uF	C0603	Keramický kondenzátor
C40	33pF	C0603	Keramický kondenzátor

C41	1uF	C0603	Keramický kondenzátor
C42	1uF	C0603	Keramický kondenzátor
C43	10n	C0603	Keramický kondenzátor
C44	1uF	C0603	Keramický kondenzátor
C45	100nF	C0603	Keramický kondenzátor
C46	xxx	C0603	Keramický kondenzátor
C47	100nF	C0603	Keramický kondenzátor
C48	10uF	C0805	Keramický kondenzátor
C49	100uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C50	100uF / 6.3V	SMC_B	Elektrolytický kondenzátor
C51	100nF	C0603	Keramický kondenzátor
IC1	SIM900	SIM900	GSM Modul
IC2	CC1101	QFN50P400X400X90	RF modul
IC3	NC7SB3157P6X	SC70-5L	Analógový prepínač 2:1
L1	LQH32CN101K23 - 100uH	L1210	Tlmička
L2	18nH	L0603	Tlmička
L3	12nH	L0604	Tlmička
L4	12nH	L0605	Tlmička
L5	12nH	L0606	Tlmička
L6	3.3nH	L0607	Tlmička
L7	12nH	L0608	Tlmička
L8	18nH	L0609	Tlmička
Q1	BC846	SOT23	NPN tranzistor
Q2	BC846	SOT23	NPN tranzistor
Q3	BC846	SOT23	NPN tranzistor
Q4	BC846	SOT23	NPN tranzistor
Q5	BC846	SOT23	NPN tranzistor
Q6	BC846	SOT23	NPN tranzistor
Q7	26MHz	XT324	Kryštál
Q8	32768Hz	SMQ32S	Kryštál
Q9	24MHz	XT324	Kryštál
Q10	BC846	SOT23	NPN tranzistor
Q11	BC846	SOT23	NPN tranzistor
R1	47k	R0603	Rezistor
R2	22R	R0603	Rezistor
R3	22R	R0603	Rezistor
R4	1k2	R0603	Rezistor
R5	1k2	R0603	Rezistor
R6	1M	R0603	Rezistor
R7	1k2	R0603	Rezistor
R8	1k2	R0603	Rezistor
R9	1k2	R0603	Rezistor

R10	1k2	R0603	Rezistor
R11	1k2	R0603	Rezistor
R12	1k2	R0603	Rezistor
R13	1k2	R0603	Rezistor
R14	10k	R0603	Rezistor
R15	10k	R0603	Rezistor
R16	1k2	R0603	Rezistor
R17	10k	R0603	Rezistor
R18	1k2	R0603	Rezistor
R19	1k2	R0603	Rezistor
R20	1k2	R0603	Rezistor
R21	1k2	R0603	Rezistor
R22	1k2	R0603	Rezistor
R23	1k2	R0603	Rezistor
R24	1k2	R0603	Rezistor
R25	1k2	R0603	Rezistor
R26	1k2	R0603	Rezistor
R27	1k2	R0603	Rezistor
R28	1k2	R0603	Rezistor
R29	1k2	R0603	Rezistor
R30	22R	R0603	Rezistor
R31	22R	R0603	Rezistor
R32	22R	R0603	Rezistor
R33	10k	R0603	Rezistor
R34	56k	R0603	Rezistor
R35	1k2	R0603	Rezistor
R36	1k2	R0603	Rezistor
R37	22R	R0603	Rezistor
R38	10k	R0603	Rezistor
R39	10k	R0603	Rezistor
R40	10k	R0603	Rezistor
R41	1k2	R0603	Rezistor
R42	10k	R0603	Rezistor
R43	1k2	R0603	Rezistor
R44	10k	R0603	Rezistor
R45	560R	R0603	Rezistor
R46	100k	R0603	Rezistor
R47	100k	R0603	Rezistor
R48	10k	R0603	Rezistor
R49	0R	R0603	Rezistor
R50	0R	R0603	Rezistor
R51	0R	R0603	Rezistor
SD1	microSD	SD	Konektor na microSD

SIM1	SIM	MOLEX91228-0001	Konektor na SIM kartu
SP1	8Ohm / 1W	–	Reproduktor
SV1	ZL202-14G	MA06-2	Kolíková lišta
U1	MSP430F5529IPN	QFP50P1400X1400X160-80N	Mikrokontrolér
U2	LM4871M	SOIC127P600X175-8N	Koncový stupeň
X1	MC-921	MC-921	RF konektor
X2	MX-53261-0871	53261-08	Konektor
X3	MINI-USB	32005-201	USB konektor
X4	53047-03	53047-03	Konektor
X5	ZL303-2X40P	87758-2616	Konektor na napájecí dosku
X6	MC-921	MC-921	RF konektor

E FOTOGALÉRIA

E.1 Fotografia hlavnej jednotky

