

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno, 2019

Bc. Michal Pobiecky



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

DIGITÁLNÍ HLASOVÁ KOMUNIKAČNÍ SÍŤ SE SIGNALIZACÍ STAVU

DIGITAL VOICE COMMUNICATION NETWORK WITH STATUS INDICATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michal Pobiecky

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Krajsa, Ph.D.

BRNO 2019

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Telekomunikační a informační technika**

Ústav telekomunikací

Student: Bc. Michal Pobiecky

ID: 173727

Ročník: 2

Akademický rok: 2018/19

NÁZEV TÉMATU:

Digitální hlasová komunikační síť se signalizací stavu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhnete a realizujete digitální hlasovou komunikační síť s možností signalizace stavu a připojením k IP nebo GSM telefonní síti. Provedte analýzu použitelných sběrnic, použitelných obvodů audio kodeků a procesorů pro hlasovou část. Ta bude obsahovat mikrofon, reproduktor, tlačítko a signalizační LED.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] BÄCKSTRÖM, Tom. Speech Coding: With Code-Excited Linear Prediction. Cham: Springer, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-50204-5. ISBN 9783319502021

[2] LACAMERA, Daniele. Embedded Systems Architecture: Explore architectural concepts, pragmatic design patterns, and best practices to produce robust systems. Birmingham: Packt Publishing, 2018. ISBN 9781788830287

Termín zadání: 1.2.2019

Termín odevzdání: 16.5.2019

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Krajsa, Ph.D.

Konzultant:

prof. Ing. Jiří Mišurec, 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 diplomová práca sa sústreďuje na analýzu mikrokontroléra, audio kodeku a zberníc použiteľných pri návrhu hlasovej časti komunikačného zariadenia medzi kabínou výťahu a centrálnou časťou. Detailne sú pojednané zbernice CAN i RS-485, architektúra ARM spolu s mikrokontrolérom ATSAM3X8E a fungovanie audio kodeku TLV320DAC3203. Následne je vyhotovená univerzálna schéma zapojenia hlasovej i centrálnej časti, vytvorené zariadenie a nameraná maximálna rýchlosť zbernice CAN na vodiči H05VVH6.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

komunikačné zariadenie, audio kodek, CAN, RS-485, ARM, Cortex-M3, ATSAM3X8E

ABSTRACT

The main focus in this diploma thesis is to analyse ARM microcontroller ATSAM3X8E, audio codec TLV320DAC3203 and CAN/RS485 bus for communication possibly used in device design. This device's purpose is to establish communication between elevator cabin and central control unit. Finally, there is design made for this communication device, and measurement of CAN bus speed on H05VVH6 cable.

KEYWORDS

communication device, audio codec, CAN, RS-485, ARM, Cortex-M3, ATSAM3X8E

POBIECKY, Michal. Digitální hlasová komunikační síť se signalizací stavu [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/118166>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací. Vedoucí práce Ondřej Krajsa.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že svoju záverečnú prácu na tému „Digitální hlasová komunikační síť se signalizací stavu“ 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 záverečnej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto záverečnej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, respektíve som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a/alebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a autorského zákona č. 121/2000 Sb., o práve autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon), v znení neskorších predpisov, v rámci možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákonníka č. 40/2009 Sb.

Brno, 16.05.2019

podpis autora

Výzkum popsáný v této diplomové práci byl realizovaný v laboratořích podpořených projektem Centrum senzorických, informačních a komunikačních systémů (SIX); registrační číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace.

POĎAKOVANIE

Rád by som poďakoval vedúcemu diplomovej práce pánovi Ing. Ondřeji Krajsovi, Ph.D. za odborné vedenie, konzultácie, trpezlivosť a podnetné návrhy k práci.

Brno 16.05.2019

podpis autora

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| Úvod | 11 |
| 1 Návrh zariadenia | 13 |
| 2 Výber mikrokontroléra | 14 |
| 2.1 Architektúra ARM | 14 |
| 2.2 Atmel SAM3X8E..... | 17 |
| 3 Audio kodek | 19 |
| 3.1 TLV320DAC3203..... | 19 |
| 3.2 TLV320AIC3254 | 21 |
| 4 Použité zbernice | 22 |
| 4.1 CAN | 22 |
| 4.1.1 CAN ISO štandard | 23 |
| 4.1.2 Dátový rámec Standard CAN (Data frame) | 24 |
| 4.1.3 CAN transceiver MCP2551 | 25 |
| 4.2 RS-485..... | 26 |
| 4.2.1 Signalizácia RS-485 | 26 |
| 4.2.2 Závislosť rýchlosti komunikácie a dĺžky vodiča..... | 27 |
| 4.2.3 RS-485 budič ISL32452E | 28 |
| 4.2.4 Porovnanie RS-485 verzus CAN..... | 28 |
| 4.3 I2S zbernica..... | 28 |
| 4.3.1 Linka Serial Data (SD)..... | 29 |
| 4.3.2 Linka Word Select (WS)..... | 30 |
| 4.3.3 Linka Serial Clock (SCK) | 30 |
| 5 GSM pripojenie | 31 |
| 5.1 SIM800L | 31 |
| 5.1.1 Pripojenie SIM800L..... | 32 |
| 5.1.2 Indikácia stavu SIM800L pomocou LED diódy | 32 |
| 5.1.3 Operačné režimy modulu SIM800L..... | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 6 Meranie CAN..... | 35 |
| 7 Cena zariadenia | 38 |
| 8 Indikácia a značenie..... | 40 |
| 9 Úprava zákonmi, smernicami a technickými normami | 41 |
| 10 Konštrukcia | 43 |
| Záver..... | 46 |
| Literatúra..... | 47 |
| Zoznam skratiek..... | 52 |
| Zoznam príloh | 53 |

ZOZNAM OBRÁZKOV

| | |
|---|----|
| Obr. 1.1: Bloková schéma hlasovej časti..... | 13 |
| Obr. 2.1: Závislosť napájania na frekvencii mikrokontroléra | 16 |
| Obr. 2.2: Bloková schéma ARM Cortex-M3..... | 16 |
| Obr. 3.1: Bloková schéma audio kodeku TI TLV320DAC3203 | 20 |
| Obr. 3.2: Bloková schéma audio kodeku TI TLV320AIC3254 | 21 |
| Obr. 4.1: Architektúra vrstiev štandardu ISO 11898 | 24 |
| Obr. 4.2: Štruktúra Standard CAN data rámca | 21 |
| Obr. 4.3: Bloková schéma CAN budiča MCP2551 | 26 |
| Obr. 4.4: Závislosť dĺžky vodiča a rýchlosti prenosu pri štandarde RS-485 | 27 |
| Obr. 4.5: Dátový prenos I ² S zbernice | 29 |
| Obr. 5.1: Rozloženie pinov modulu SIM800L | 32 |
| Obr. 5.2: Funkčný diagram jednotky SIM800L | 24 |
| Obr. 6.1: CAN RS-485 shield Waveshare | 35 |
| Obr. 6.2: Odoslané a prijaté rámce CAN komunikácie | 37 |
| Obr. 6.3: Fyzické zapojenie merania CAN..... | 37 |
| Obr. 8.1: Štítok návodu na spojenie s dispečingom..... | 40 |
| Obr. 10.1: Vývojový diagram programu komunikačného systému..... | 44 |
| Obr. 10.2: Vrchný pohľad hlasová časť komunikačného systému | 44 |
| Obr. 10.3: Spodný pohľad hlasová časť komunikačného systému..... | 45 |
| Obr. 10.4: Krabička pre hlasovú časť komunikačného systému | 45 |

ÚVOD

V tejto diplomovej práci budem rozoberať problematiku návrhu hlasovej časti digitálnej komunikačnej siete pre primárne použitie vo výťahových systémoch. Typicky bude navrhovaná hlasová časť umiestnená v kabíne výťahu priamo prepojená s centrálnou časťou pomocou vodičov. Táto centrálna časť sa môže nachádzať vo výťahovej strojovni a preto je žiadaná čo najväčšia prípustná dĺžka spojovacích vodičov medzi týmito dvoma komunikačnými časťami. Následne táto centrálna časť po inicializácii vykoná úkony potrebné na signalizáciu vzniknutej situácie vopred prednastaveným entitám, ako napríklad nepretržitá servisná služba, pomocou technológie GSM. Preto dodatkovou časťou centrálnej jednotky oproti hlasovej jednotke je GSM modul, schopný naplniť túto požiadavku.

Cieľom tejto diplomovej práce je vytvoriť analýzu najvhodnejších variant súčastí hlasového komunikátora. Ako prvé budeme teda skúmať najmä mikrokontrolér správny na toto použitie a kodek, ktorý bude zabezpečovať vhodnú formu zvukového toku. Tieto časti sú základnými piliermi takéhoto komunikačného zariadenia. Ďalšími časťami, ktoré sú taktiež potrebné sú tlačidlo, ktorým dotknutá osoba dokáže vyjadriť stav núdze a inicializovať komunikačný systém, a LED diódy, ktoré zasignalizujú stav komunikantovi v ktorom sa systém nachádza a tak mu vyjadria pokyny pre správne použitie.

Pre komunikáciu medzi hlasovou jednotkou a centrálnou jednotkou bude využívaný plochý kábel, ktorého vlastnosti ako široká tepelná odolnosť, flexibilita a malý polomer ohybu z tohto PVC kábla robia favorita pre použitie vo výťahovej technike, žeriavoch, regálových a manipulačných zariadeniach. Následne bude využitá sériová zbernica CAN a taktiež štandard priemyselnej komunikácie RS-485, ktoré sú podrobne rozobrané v nasledujúcom texte. Navrhnuté zariadenie bude univerzálne, teda možnosť využívať buď štandard CAN alebo RS-485 bude plne závislý na rozhodnutí koncového zriaďovateľa.

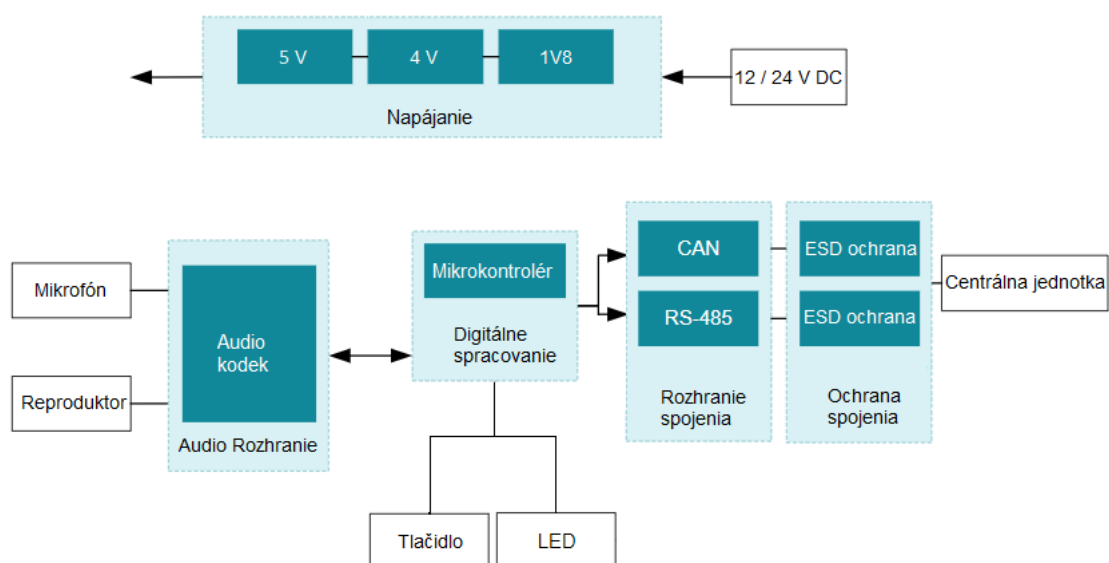
Komunikačné zariadenie pre výťahové systémy nie je pre svet ničím nepoznaným. V súčasnej dobe je táto časť obsahom takmer každej kabíny. Štandard udávajú ako aj normy jednotlivých štátov, tak aj Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2014/33/EÚ z 26. februára 2014 o harmonizácii právnych predpisov členských štátov

týkajúcich sa výťahov a bezpečnostných komponentov do výťahov [1]. Prieskum trhu však potvrdzuje očakávania, že všetky doterajšie systémy používané u rôznych výrobcov výťahov alebo nezávislých dodávateľov samostatných technológií pre výťahovú komunikáciu sú proprietárne a dodávané ako celkové konečné riešenia niekedy s možnosťou modularity a teda nákupu súčastí potrebných pre konkrétne potreby zákazníka.

Nároky na takéto zariadenia sa samozrejme stále navyšujú. Okrem očakávanej funkčnosti v núdzových situáciách, a teda akýsi pocit bezpečia, je čoraz viac dopytovanou špecifikáciou aj dizajn komunikátora a použité materiály. V budúcnosti je pravdepodobné, že tieto núdzové systémy pre výťahové zariadenia budú nielen hlasové, ale zabezpečia komunikáciu poškodených osôb so servisným strediskom aj pomocou videoprenosu, kedy zabudovaná kamera v kabíne zároveň slúži aj ako doplnok k zabezpečeniu objektu pred vandalizmom a tým veľa krát výrazne znižuje náklady na opravy a prevádzku.

1 NÁVRH ZARIADENIA

Hlasová časť komunikačnej siete sa skladá z niektorých fundamentálnych častí. Základný návrh zariadenia prvotne vyplýva zo všeobecného návrhu aplikačných riešení pre industriálnu automatizáciu budov, konkrétne výtahov a eskalátorov od firmy Texas Instruments [2]. Upravená podoba blokovej schémy vyjadruje konštrukciu tejto hlasovej jednotky.



Obr. 1.1: Blokova schéma hlasovej časti

Základom je tradične mikrokontrolér, ktorý tvorí spracovacie jadro celého zariadenia, spolu s audio kodekom, ktorý zabezpečuje digitalizáciu zvukových dát prípadne prevod digitálnych dát do ich analógovej podoby. Pre správne fungovanie po vodičoch umiestnenými medzi hlasovou jednotkou a centrálnou jednotkou pomocou rozhrania CAN alebo RS-485 je taktiež vhodná ochrana pred elektrostatickým výbojom, teda ESD ochrana, medzi objektami s rôznym elektrickým potenciálom. Napájanie je diferencované na tri úrovne napätia. Pre zariadenia ako mikrokontrolér a kodek je to 1,8 V a pre zbernice CAN a RS-485, alebo v prípade osadeného GSM modulu centrálnej jednotky je hodnota napájania 4 V, respektíve 5 V. Stav zariadenia je signalizovaný pomocou LED diódy a na interakciu s používateľom slúži tlačidlo.

2 VÝBER MIKROKONTROLÉRA

Výber mikrokontroléra je veľmi podstatná časť vývoja akéhokoľvek zariadenia, kedy pri nesprávnej voľbe môže byť celý projekt odsúdený k neúspechu. Mnohokrát je táto časť zanedbaná alebo úplne vynechaná, no malo by sa jej venovať s náležitou dôležitosťou. Pomôcť môže zodpovedanie si niektorých základných otázok [3]:

- Aké sú potrebné hardvérové rozhrania?
- Aká je vhodná architektúra?
- Aké sú pamäťové nároky?
- Aké sú nároky na spotrebu elektrickej energie?

V našom prípade sú potrebné najmä rozhrania SPI, UART, I2C a I2S. Ako sa neskôr ukázalo, taktiež CAN. Prvý výber mikrokontroléra bol model MKL16Z32VFT4 od výrobcu NXP, ktorý zaujal najmä svojou cenou a potrebnými rozhraniami nevynímajúc rozhranie I2S, potrebné na prenos dát s kodekom. Avšak nedisponoval zbernicou CAN, čo bolo potom závažným nedostatkom v nami požadovanej aplikácii.

Následne padla voľba na mikrokontrolér od výrobcu Atmel známy z vývojovej dosky Arduino Due, s označením ATSAM3X8E. Ten disponuje všetkými potrebnými hardvérovými rozhraniami a má dostatočnú rezervu pre prípadné budúce súčasti, ktoré by bolo potrebné pridať. Jeho jadro je postavené na architektúre ARM Cortex-M3, čo spĺňa naše nároky na výkon. Taktiež je vhodný s pohľadom spotreby elektrickej energie, keďže návrh nie je limitovaný potrebou dlhou výdržou na batérie, vzhľadom na nepretržité napájanie výtahovej kabíny napätím 12 V, v prípade poruchy 24 V. Detaily tohto mikrokontroléra budú popísané v nasledujúcich kapitolách textu.

2.1 Architektúra ARM

ARM, predtým nazývaná Advanced RISC Machine, alebo skôr Acorn RISC Machine, je pôvodom britská spoločnosť zaoberajúca sa vývojom a výrobou procesorov, ktoré majú oproti svojim konkurentom vyšší výpočtový výkon a nižšiu spotrebu elektrickej energie. Dokáže to vďaka kategórii RISC, teda v preklade obmedzenou alebo redukovanou sadou inštrukcií, oproti predtým používanej CISC kategórii, teda počítaču so zložitým súborom inštrukcií. Napriek tomu, že toto delenie nie je úplne presné, treba ho považovať sa obvyklé. Vždy sa jedná o kompromis medzi oboma smermi [4].

V minulosti sa ukázalo, že programátori využívajú len malú časť zo zložitejších inštrukcií a suverénne najviac využívajú inštrukcie LOAD a STORE, teda spolu až v 42,2 % prípadoch. Práve preto sa vyvinul obmedzený inštrukčný súbor a technológia RISC. Jeden z najviac typických ukazovateľov tejto technológie je malý inštrukčný súbor [4].

ARM procesory sa teda taktiež veľmi vhodné pre ľahké prenosné zariadenia, ktoré sú napájané batériou, keďže nevyžadujú taktiež aktívne chladenie ale vystačia si s pasívnym. Svoje využitie teda našli najmä medzi smartfónmi, tabletmi, ľahkými notebookmi, televízormi a všeobecne tiež každodennou zábavnou elektronikou. V neposlednom rade sú však tieto procesory najnovšie využívané vo veľkých množstvách aj v superpočítačoch a v serveroch. Jednou z výhod ARM je, že si technologické firmy môžu zakúpiť licenciu na ich jadrá procesorov a prispôbiť si ich na svoje použitie, teda upraviť radiče alebo pridať vlastný grafický procesor. Takto vznikajú aktuálne používané čipy od Apple či Samsungu.

Veľkou výhodou je aj široká škálovateľnosť produktov a ich rozsah použitia. V dnešnej dobe existuje už niekoľko generácií, ktoré sa odlišujú najmä výpočtovým výkonom, no i rôznymi zmenami inštrukčnej sady, usporiadaním cache, atď. Preto ich delíme na niekoľko základných skupín podľa architektúry [5].

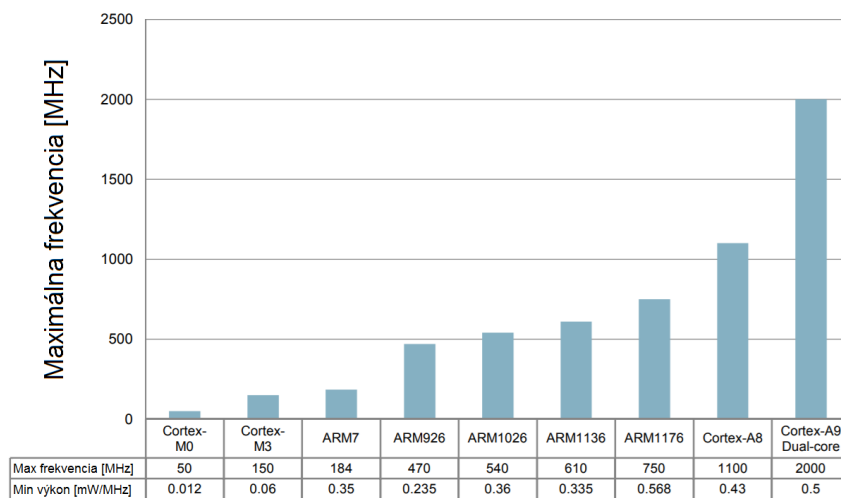
Tab. 1: Zoznam ARM skupín procesorov podľa architektúry [5]

| Architektúra | Adresová / dátová zbernica | Jadro | Použitie |
|--------------|----------------------------|--|-------------------------------------|
| ARMv1 | 26/32 bitov | ARM1 | prvá implementácia |
| ARMv2 | 26/32 bitov | ARM2, ARM3 | pridaná HW násobička |
| ARMv3 | 26/32 bitov | ARM6, ARM7 | |
| ARMv4 | 26/32 bitov | ARM8 | rada čipov StrongARM |
| ARMv5 | 32 bitov | ARM7EJ, ARM10E | rada čipov Xscale |
| ARMv6 | 32 bitov | ARM11 | |
| ARMv6-M | 32 bitov | Cortex-M0, Cortex-M1 | mikrokontroléry |
| ARMv7-M | 32 bitov | Cortex-M3 | mikrokontroléry |
| ARMv7E-M | 32 bitov | Cortex-M4, Cortex-M7 | mikrokontroléry |
| ARMv7-R | 32 bitov | Cortex-R4, Cortex-R5, Cortex-R7 | aplikácie v reálnom čase |
| ARMv7-A | 32 bitov | Cortex-A5, Cortex-A7, Cortex-A8, Cortex-A12, Cortex-A17 a.i. | smartfóny / inteligentné zariadenia |
| ARMv8-A | 32/64 bitov | Cortex-A53, A57 a A72 | smartfóny atď. |

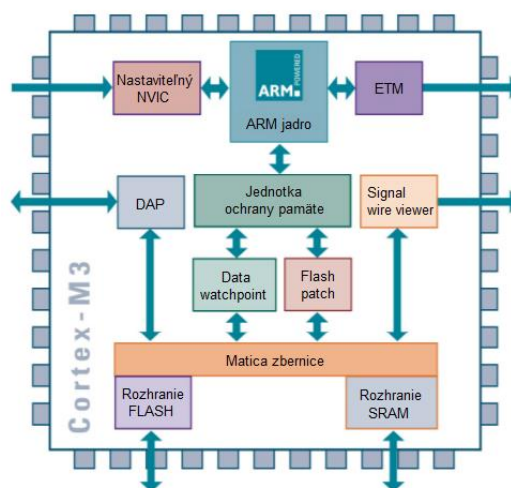
V súčasnosti môžeme určiť teda tri hlavné skupiny:

- ARM Cortex-A určené pre aplikácie a celé operačné systémy
- ARM Cortex-R určené pre spracovanie signálov v reálnom čase a kontrolné aplikácie
- ARM Cortex-M určené pre využitie v oblasti mikrokontrolérov, pre naše použitie teda najvhodnejší

Relatívne porovnanie výkonu ARM procesorov



Obr. 2.1: Závislosť napájania na frekvencii procesora [6]



Obr. 2.2: Blokova schéma ARM Cortex-M3 [6]

2.2 Atmel SAM3X8E

Alebo inak ATSAM3X8E je mikrokontrolér od firmy Atmel založený na 32 bitovom procesore ARM Cortex-M3 s Harvardskou architektúrou, ktorý ponúka tri módy nízkej spotreby energie a to Backup, Wait a Sleep. Vstavaný kontrolér prerušení (NVIC) ponúka až 16 nastaviteľných úrovní priorit a priame prepojenie s jadrom zabezpečuje rýchle vykonanie jednotlivých prerušení výrazne znižujúc doby oneskorenia. Tento kontrolér priamo integruje spomínané režimy nízkej spotreby čo umožňuje vypnúť celé zariadenie a uviesť ho do režimu hlbokého spánku (deep sleep) a tým dramaticky znížiť odber elektrickej energie. Jednotka ochrany pamäte (MPU) poskytuje špecifické riadenie prístupu k pamäti a tak umožňuje implementovať rôzne úrovne zabezpečenia a separuje jednotlivé časti, čo je mnohokrát kritické v niektorých zariadeniach. Prevedenie mikrokontroléra je v puzdrách LQFP a LFBGA [7].

Tab. 2: Parametre mikrokontroléra Atmel SAM3X8E [8]

| Mikrokontrolér | ATSAM3X8E |
|--------------------------------|---------------------|
| Maximálna frekvencia procesora | 84 MHz |
| Veľkosť FLASH pamäte | 512 KB |
| Veľkosť SRAM pamäte | 100 KB |
| Vstupné napätie | 1,62 V až 3,6 V |
| Teplotný rozsah | -40°C až +85°C |
| SPI | 4 krát |
| I ² C | 2 krát |
| I ² S | 1 krát |
| USB modul | 1 krát |
| CAN modul | 2 krát |
| ADC vstup | 16 krát |
| Maximálne rozlíšenie ADC | 12 bitov |
| Interný oscilátor | 4/8/12 MHz a 32 kHz |
| Maximálny počet I/O pinov | 103 |

Ako vývojový kit je možné použiť Arduino DUE, ktoré ako prvé využilo tento 32 bitový ARM procesor a teda obsahuje všetky potrebné rozhrania na fungovanie našej hlavnej časti komunikačnej siete. Práve táto skutočnosť zavážila pri finálnom výbere, aj napriek cene 209,29 CZK za kus . Mikrokontrolér poskytuje všetky nami požadované vstupy a prináša aj dostatočnú rezervu pre pripojenie ďalších periférií pri následnom vývine zariadenia. Nezanedbateľnou výhodou je taktiež dostupnosť na sklade

dodávateľov, napríklad stránke www.farnell.com, odkiaľ bola prevzatá taktiež cena zariadenia [9].

Odporúčaná voľba od výrobcu Texas Instruments MSP432P401RIPZR taktiež disponuje 32 bitovým ARM Cortex jadrom, no jeho taktovacia frekvencia je podstatne nižšia a to 48 MHz a FLASH pamäť s kapacitou 256 KB je polovičnou veľkosťou od nami vybraného ATSAM3X8E. Jeho výhodou je však implementácia vývojového rozhrania SimpleLink, ktorý sme sa však rozhodli nepoužiť v tomto zariadení. V jeho neprospech prispieval taktiež fakt jeho nedostupnosti v našej lokalite a cena na úrovni 187,78 CZK, ktorá je nižšia ako u nami preferovaného výberu no porovnateľná [10].

3 AUDIO KODEK

Audio kodek je zariadenie, ktoré kóduje a dekóduje analógové a digitálne signály medzi sebou, teda z digitálneho signálu na analógový, alebo analógový signál na digitálny. Preto musí obsahovať oba prevodníky – ako ADC tak DAC. Kvalita audio kodekov následne závisí od parametrov týchto prevodníkov.

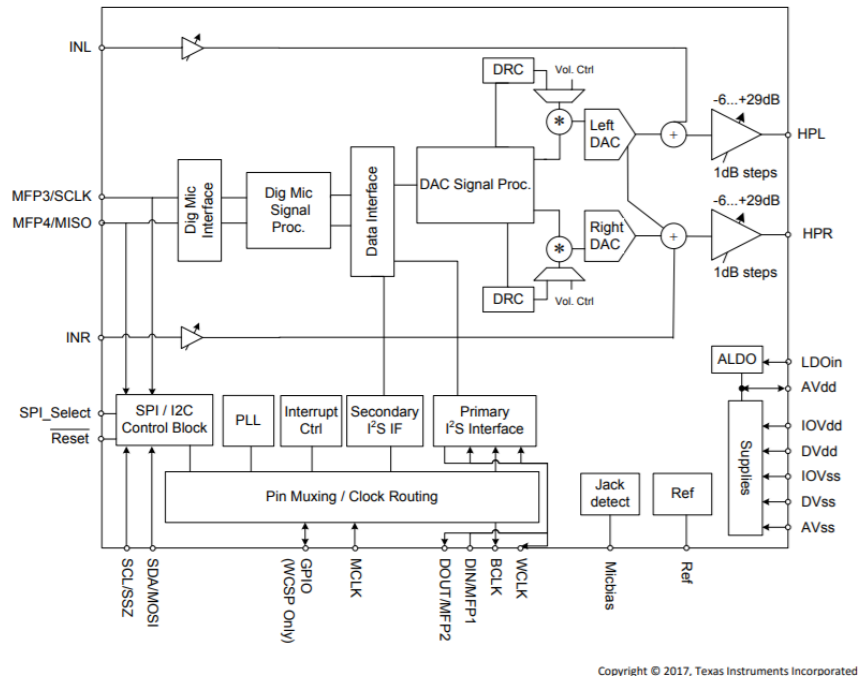
Digitalizácia zvuku priniesla mnoho zmien do elektrotechnického priemyslu a vytvorila použiteľnú alternatívu k analógovému prenosu zvuku. Jedno z odvetví, ktoré najviac zaznamenalo túto zmenu je komunikačné odvetvie. Komplikované spracovanie a následné smerovanie zvukového toku nahradilo digitálne audio, na ktoré sa dnes spolieha väčšina spotrebnej elektroniky [8].

Kvalita zvuku je jeden z parametrov, ktoré sú ľuďom veľmi blízke a dokáže ich sám, minimálne subjektívne, určiť. Každý z nás má skúsenosti so živou hudbou alebo komunikáciou s iným človekom tvárou v tvár a vie porovnať hudbu reprodukovanú zo záznamu alebo hovor cez GSM telefón prípadne internet. Kvalita audia sa teda musí prispôbovať očakávaniam konečného užívateľa. Rozdiel medzi originálnym zvukom a reprodukovaným závisí od miery degradácie audio kodekom alebo prípadnej kompresie [8].

3.1 TLV320DAC3203

Texas Instruments TLV320DAC3203 je nízkopríkonový stereo audio kodek s programovateľnými výstupmi, ktorý je vhodný na naše použitie, pretože s mikrokontrolérom ATSAM3X8E bude komunikovať pomocou zbernice I²S alebo SPI pomocou hardvérovo ovládanému pinu SPI_Select. Vhodným je taktiež pripojenie mikrofónu a reproduktora, ktoré nebudeme využívať v stereo zapojení, ale mono.

Rozsah operačných teplôt sa pohybuje medzi $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, čo je pre naše použitie viac ako dostačujúce. Napájanie sa môže realizovať rovnako ako aj pri mikrokontroléri napätím $1,8\text{ V}$, čo je vyhovujúce nášmu návrhu. Odstup signálu od šumu je typicky na úrovni 100 dB [11].

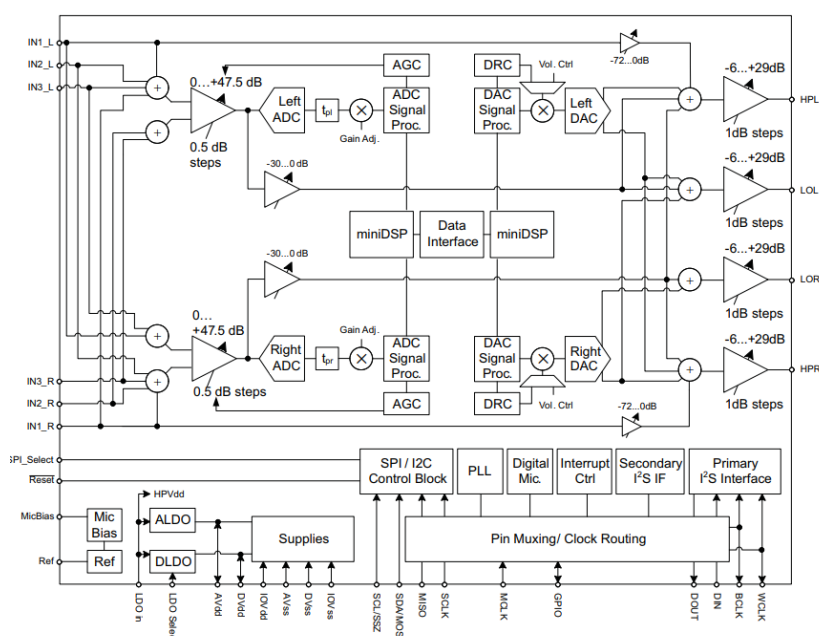


Obr. 3.1: Bloková schéma audio kodeku TI TLV320DAC3203 [11]

Ďalšou variantou pri výbere vhodného kodeku bol model TLV320AIC3100IRHBR taktiež od firmy Texas Instruments, ktorý je odporúčanou voľbou z návrhu operačného panela [2]. Tento model má podobné parametre ako nami vybraný exemplár TLV320DAC3203IRGET, je to stereo kodek s jedným AD prevodníkom a dvoma DA prevodníkmi. Líšiť sa začínajú parametrami ako odstup signálu od šumu kedy nami vybraný kodek dosahuje hodnotu 100 dB oproti 90 dB prevodníku TLV320AIC3100IRHBR. Lepšiu hodnotu nadobúda však v rozlíšení prevodníkov, kedy TLV320AIC3100IRHBR ponúka rozlíšenie 32 bitov a náš výber len 24 bitov . Rozhodujúcim faktorom sa tak v tomto prípade stala cena, keďže cena nami vybraného kodeku sa pohybuje na úrovni $64,04\text{ CZK}$ za kus a cena druhej varianty kodeku je na hodnote $112,65\text{ CZK}$ za kus.

3.2 TLV320AIC3254

Texas Instruments TLV320AIC3254 je taktiež nízkopríkonový stereo audio kodek s programovateľnými výstupmi, no od nami zvoleného TLV320DAC3203 sa líši najmä plne programovateľným miniDSP rozhraním, ktoré značí digitálne spracovanie zvuku. Dve jadrá tohto miniDSP rozhrania podporujú algoritmy pre aktívne potláčanie hluku, teda active noise cancellation a taktiež potláčanie zvukovej ozveny, teda acoustic echo cancellation. Tieto funkcie by boli pre nás veľmi atraktívne, vzhľadom na to, že výťahová kabína je zväčša malých rozmerov a mohlo byt tak dochádzať k odrazu zvuku od protiľahlej steny kabíny a tak spôsobovať zvukovú ozvenu, teda máriť kvalitu komunikácie [12].



Obr. 3.2: Bloková schéma audio kodeku TI TLV320AIC3254 [13]

Avšak v revízií C technického listu výrobku TLV320AIC3254 boli funkcie pre aktívne potláčanie hluku i zvukovej ozveny odstránené. Samotný zamestnanec firmy Texas Instruments Diego Melendez, pracujúci ako Audio aplikačný inžinier, sa na produktovom fóre vyjadril, že žiadny z audio kodekov nepodporuje aktívne potláčanie ozveny z dôvodu nedostatočného výpočtového výkonu digitálnej spracovacej jednotky, ktorá tak nedokáže efektívne tieto algoritmy vykonávať [14]. Cena tohto audio kodeku je taktiež násobne vyššia - 186,72 CZK za kus [15].

4 POUŽITÉ ZBERNICE

Na to, aby mohli v priemyselnej sfére mikrokontroléry a zariadenia komunikovať medzi sebou bez využitia počítača, ktorý bude ich komunikáciu riadiť existujú rôzne štandardy, ktoré umožňujú prepojenie týchto zariadení. Rozdielne sú zložitou, komplexnosťou, rýchlosťami ktoré poskytujú, prípadne počtami vodičov ktoré pre svoje fungovanie potrebujú. Medzi najrozšírenejšie patrí CAN a RS-485, ktoré sú následne detailne popísané.

4.1 CAN

CAN alebo Controller Area Network je pôvodne pre automobilový priemysel vyvinutá zbernica, ktorá sa dnes používa v rôznom spektre priemyselných aplikácií.

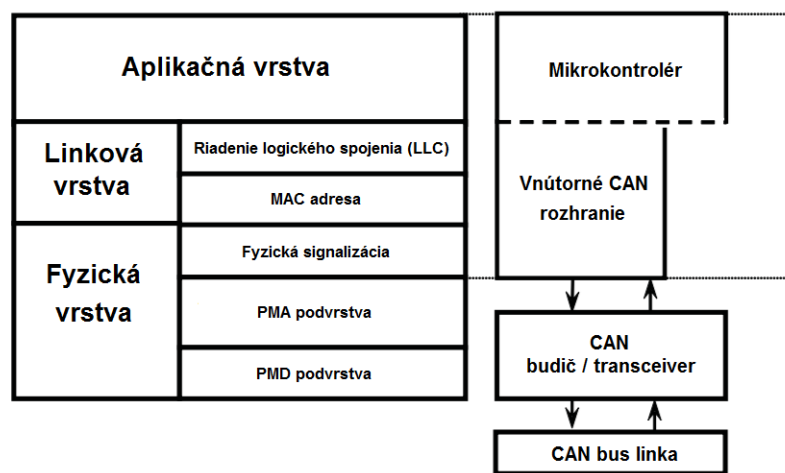
Vývoj na CAN zbernici začal v roku 1983 vo firme Bosch, ktorá následne v roku 1986 predstavila jej podobu na konferencii Society of Automotive Engineers v Detroit. Transceivery, alebo budiče zbernice CAN ako prvé začali vyrábať firmy Philips a Intel. Bosch taktiež neskôr v roku 1991 predstavil CAN 2.0, ktorá sa už delila na dve časti, na základnú časť A a rozšírenú B. V roku 1993 potom International Organization for Standardization, teda ISO, vydala CAN štandard ISO 11898, ktorý popísal vlastnosti CAN. Na vývoji a zdokonaľovaní tejto zbernice sa stále pokračuje, čo potvrdzuje fakt, že v roku 2012 firma Bosch vydala verziu CAN with Flexible Data Rate, ktorá má odlišný formát rámcov a umožňuje rozdielnu dĺžku dát, no taktiež je spätne kompatibilná s CAN 2.0 zapojeniami a zariadeniami [16].

Tento systém vysielania všesmerových správ má maximálnu rýchlosť na úrovni 1 Mbit/s. Na rozdiel od iných zbernic ako USB alebo Ethernet, CAN neposiela veľké zhluky dát point-to-point z bodu A do bodu B pod dohľadom centrálnej jednotky, ale zasiela sa veľké množstvo krátkych správ do celej siete a informuje tak každú jej bunku [17].

4.1.1 CAN ISO štandard

Možnosť nahradiť komunikáciu cez komplexnú kabeľnú pomocou dvojdrôtovej zbernice a schopnosť samo-diagnostiky a opravy dátových chýb viedla k jej popularizácii v rôznych odvetviach priemyslu zahŕňajúc automatizáciu i priemyselnú výrobu a preto je taktiež určená štandardom.

Tento ISO 11898:2003 CAN komunikačný protokol, popisuje ako je informácia distribuovaná medzi zariadeniami a teda definuje najnižšie dve vrstvy, fyzickú vrstvu a linkovú vrstvu, sedem vrstvého ISO/OSI modelu [17].



Obr. 4.1: Architektúra vrstiev štandardu ISO 11898 [18]

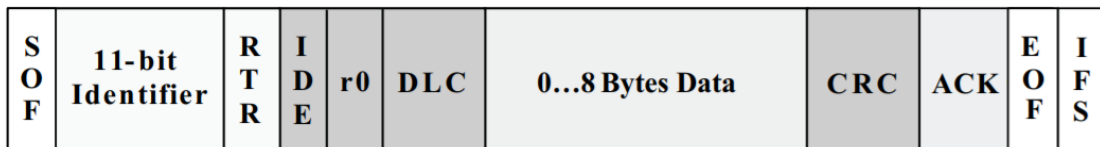
Každý uzol CAN siete sa skladá z mikrokontroléra, ktorý zastáva funkciu hlavnej výpočetnej jednotky a rozhoduje čo prijaté správy znamenajú a ktoré správy treba odoslať. CAN controller alebo vnútorné rozhranie CAN je mnoho krát súčasťou mikrokontroléra, tak ako aj v našom prípade. Táto časť ukladá prijaté bity zo zbernice pokiaľ nie je dostupná celá správa a pri odosielaní prijme správu z mikrokontroléra a následne ju po bitoch vysiela do zbernice keď je voľná. CAN tranceiver alebo budič konvertuje dátový tok z úrovni používaných na zbernici na úrovne ktoré používa CAN controller a naopak. Má takisto aj ochranný charakter, kedy svojimi obvodmi chráni CAN vnútorné rozhranie pred možnými elektrickými výbojmi [19].

CAN využíva štyri druhy rámcov: Data frame, Remote frame, Error frame a Overload frame.

4.1.2 Dátový rámec Standard CAN (Data frame)

Všetky uzly sú schopné prijímať i vysielat' dáta do zbernice, no nie však súčasne. Preto má každý rámec identifikátor (ID), ktorý reprezentuje prioritu danej správy a tiež tu funguje aj detekcia kolízií, teda každý uzol zbernice musí čakať na vyhradený čas inaktivity pred odoslaním správy. Kolízie sú riešené pomocou bitovej arbitráže, teda vyhodnoteniu priorít, kedy ID s vyššou prioritou vždy získava prístup ku zbernici.

Existujú dva druhy dátových rámcov používaným v rámci CAN zbernice, Standard a Extended. Hlavný rozdiel medzi nimi je ten, že Standard rámec obsahuje dĺžku identifikátora 11 bitov a Extended rámec má vyhradené pre identifikátor až 29 bitov. Rozlíšenie o ktorý rámec ide sa dá určiť pomocou bitu IDE [17].



Obr. 4.2: Štruktúra Standard CAN data rámca [17]

- SOF (Start of frame): ide o štartovací bit, ktorý označuje začiatok správy a pomocou neho sa synchronizujú uzly na zbernici po čase nečinnosti
- 11 bitový identifikátor: určuje prioritu správy, čím menšia binárna veľkosť, tým vyššia dôležitosť správy
- RTR (Remote transmit request): tento bit je dôležitý pri vyžadovaní informácie od iného uzlu – určí, ktorému špecifickému uzlu je požiadavka smerovaná
- IDE (Identifier extension): bit, ktorý je zodpovedný za označenie dátového rámca typu Standard
- r0: rezervovaný bit pre možné budúce použitie
- DLC (Data length code): tieto 4 bity určujú počet bitov dátovej časti, ktorá bude vysielaná
- Dátová časť: až 64 bitov ktoré prenášajú údaje
- CRC (Cyclic redundancy check): 16 bitov kontrolnej sumy, ktoré slúžia ku detekcii chýb
- ACK: pokiaľ uzol príjme správu s bez chýb, zmení recesívny bit pôvodnej správy na dominantný a tak signalizuje ostatným uzlom na zbernici

bezchybný stav prijatej správy. Pokiaľ deteguje chybu, ponechá recesívny bit a správa sa znova prepošle

- EOF (End of frame): toto 7 bitové pole označuje koniec CAN správy a ak je dominantný signalizuje vklad bitov do rámca
- IFS (Interframe space): pole o veľkosti 7 bitov slúžiace k oddeleniu rámcov a obsahujúce čas potrebný na správne presunutie prijatej správy do vyrovnávacej pamäte kontrolérom [17]

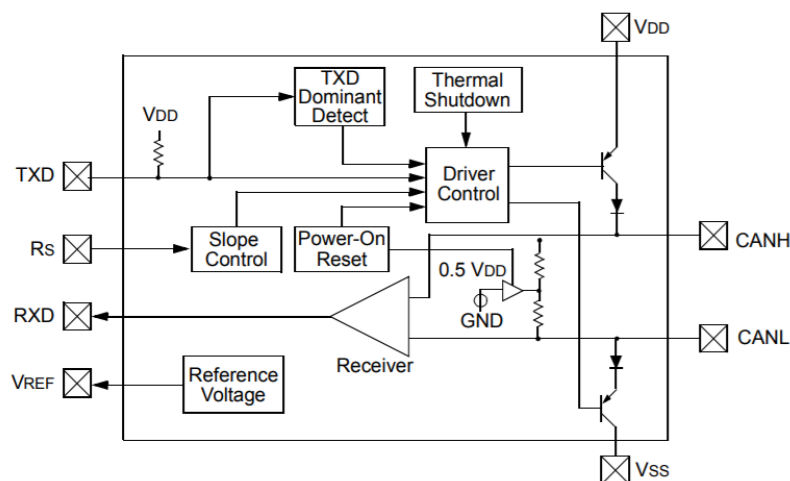
4.1.3 CAN transceiver MCP2551

V našom návrhu je použitý budič od firmy Microchip a to model MCP2551. Je veľmi rozšírený a finančne dostupný, čo zavážilo v jeho výbere. Tento transceiver obsluhuje rozhranie medzi CAN mikrokontroléra a fyzickou zbernicou a je plne kompatibilný s ISO-11898. Budič MCP2551 zvláda pripojenie 112 uzlov na zbernici CAN a poskytuje ochranu pred rôznymi druhmi elektrických prepätí a skratov.

Pomocou pinu Rs vieme navoliť tri funkčné módy:

- High-Speed
- Slope Control
- Standby

Mód High-Speed zabezpečuje rýchle odozvy nábežnej z zostupnej hrany pre čo najvyššiu rýchlosť komunikácie. Slope Control mód je možné nastaviť vložení rezistora medzi pin Rs a uzemnenie tak aby hodnota prúdu bola v rozmedzí 10 μA až 200 μA , a tým znížime rýchlosť generovania hrán regulovateľnú hodnotou vloženého odporu. Standby mód alebo aj mód spánku vypne vysielaciu časť a prijímacia časť funguje v režime nízkej spotreby energie, kedy je stále funkčná, no jej rýchlosť je výrazne limitovaná [19].



Obr. 4.3: Bloková schéma CAN budiča MCP2551 [19]

4.2 RS-485

RS-485 je sériový komunikačný štandard, dnes taktiež nazývaný aj EIA-485. Svojím návrhom umožňuje vytvoriť viacbodové poloduplexné spojenia pomocou dvoch vodičov a preto je možnou ďalšou variantou pri zapojeniach s CAN rovnako ako v našom prípade. Jeho hlavná výhoda pre nás je najmä jeho prenosová rýchlosť, ktorá môže teoreticky dosahovať až 10 Mbit/s.

Na rozdiel od iných komplexných rozhraní, akým je napríklad aj CAN, RS-485 je len elektrickým štandardom zariadení prijímačov a vysielačov prenosovej linky. Dvojvodičové poloduplexné zapojenie vyžaduje riadenie prenosu dát a pri pripojení viacerých zariadení je nutné komunikačným protokolom zaistiť, aby v jednom okamžiku vysielať maximálne jedno zariadenie, keďže štandard RS-485 tento stav nijako neošetruje. V praxi sa zväčša teda využíva časové riadenie vysielať, kedy na každý uzol v topológii pripadá postupne časové okno na vysielať. Riešením pre zapojenie s dvoma uzlami je využitie plne duplexnej komunikácie pomocou štyroch vodičov, kedy je pre každý uzol obsiahnuté prijímanie a vysielať dát. Toto však nie je vždy možné riešenie, zvlášť pri obmedzení na dva vodiče ako v našom prípade [20].

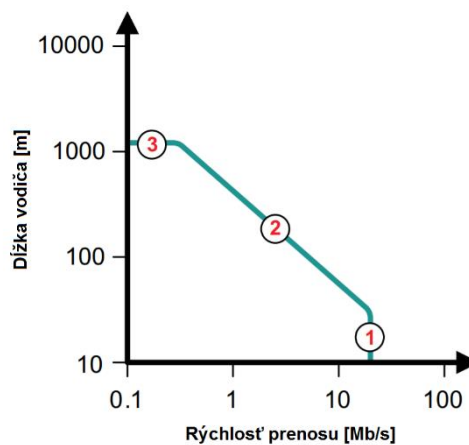
4.2.1 Signalizácia RS-485

Jedným z dôvodov tak širokého využitia tejto technológie je spoľahlivosť prenosu dát aj pri čiastočnej degradácii signálu počas prenosu alebo na konektoroch. Ak budič vysielača generuje výstup s rozdielom minimálne 1,5 V pri záťaži až 54 Ω , budiču

prijímača postačuje na správne určenie prenosu rozdiel na úrovni 200 mV. Táto odolnosť systému robí RS-485 dobre vybavenú práve pre prenos na väčšie vzdialenosti a rušné prostredia a existuje množstvo priemyselných využití, kde medzi najznámejšie patrí napríklad Modbus a Profibus [20].

4.2.2 Závislosť rýchlosti komunikácie a dĺžky vodiča

Maximálna dĺžka vodiča je závislá a limitovaná od strát na vedení i samotného vedenia a rýchlosti odozvy kolísania signálu, kedy ak táto hodnota rýchlosti odozvy prekročí pomyselnú hranicu 10 % za jednotku času, spoľahlivosť prenášaných dát prudko klesá. Nasledujúci graf zobrazuje charakteristiku závislosti rýchlosti prenosu dát na dĺžke vedenia pri 10 % rýchlosti odozvy kolísania signálu.



Obr. 4.4: Závislosť dĺžky vodiča a rýchlosti prenosu pri štandarde RS-485 [20]

Časť grafu číslo 1 z obrázka 4.3 reprezentuje oblasť s vysokými prenosovými rýchlosťami pri zachovaní krátkej dĺžky vodiča na prenos signálu. Straty na vedení sú zanedbateľné a rýchlosť prenosu je ovplyvnená najmä dobou nástupnej hrany budiča. Napriek teoretickým 10 Mbit/s dokážu dnešné moderné čipy prenášať dáta rýchlosťou až do 40 Mbit/s. Časť grafu číslo 2 popisuje prechod medzi prenosmi na krátku a dlhú vzdialenosť, kde sa začínajú prejavovať straty a parazitné javy na vedení ktoré vrcholia v časti 3, kde sa veľkosť odporu vodiča začína blížiť hraničným hodnotám prerušenia dátovej linky.

4.2.3 RS-485 budič ISL32452E

V našom návrhu zapojenia sme ako budič pre zbernicu RS-485 využili súčiastku od firmy Renesas ISL32452E, ktorá spĺňa naše požiadavky pre napájanie a má dobrú cenovú dostupnosť na našom trhu. Na rozdiel od vyšších modelov síce neobsahuje funkciu pre obrátenie umiestnenia pinov vysielacieho a prijímacieho vodiča pre prípad nesprávnej inštalácie a výmeny ich zapojenia, no keďže u tohto zariadenia je predpokladaná jednorazová odborná inštalácia, je to pravdepodobne bezpredmetná funkcionálna [21].

4.2.4 Porovnanie RS-485 verzus CAN

Tab. 3: Prehľad rozdielov CAN a RS-485 [22]

| Funkcionalita | RS-485 | CAN |
|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Potrebné rozhranie | UART | CAN kontrolér |
| Podporované vrstvy ISO modelu | Fyzická vrstva | Fyzická a Linková vrstva |
| Detekcia kolízií dát | Žiadna | Áno, CSMA/CR |
| Maximálna prenosová rýchlosť | 10 Mbit/s | 1 Mbit/s |
| Spojenie viacerých uzlov | Master/Slave, Token Ring | Akokoľvek vďaka arbitráži |
| Maximálna veľkosť dát na rámec | Neobmedzená | 8 bajtov |
| Populárne použitia | Modbus, Profibus | CANopen, DeviceNet |

Každá z oboch možností má svoje výhody a nevýhody. Napríklad pri použití CAN zostáva UART rozhranie nezaplnené a možno ho využiť na iné účely, napríklad ladenie. Dizajn CAN zbernice je však naopak omnoho robustnejší a ponúka väčšie možnosti zapojenia a rozvetvenia siete vzhľadom na detekciu kolízií, nastaveniu priorít a vopred definovanej štruktúre rámcov. V dnešnej dobe je taktiež už zanedbateľný cenový rozdiel medzi oboma technológiami. Avšak každé zapojenie je unikátne a žiada si subjektívne posúdenie vhodnej použiteľnej zbernice.

4.3 I²S zbernica

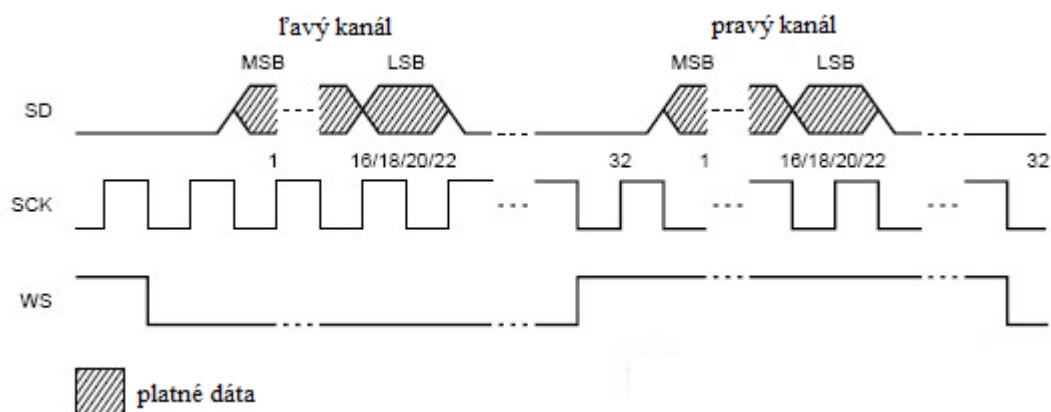
Rozmach digitálnych audio systémov v spotrebnej elektronike spôsobil spracovávanie audio signálov rôznymi súčasťami ako sú AD / DA prevodníky, digitálne signálové procesory, korekcie chýb, digitálne filtre a iné. Pre štandardizáciu komunikácie

medzi týmito časťami bola vyvinutá špeciálna zbernica pre digitálne audio signály – zbernica I²S, teda inter-IC sound [23].

Zbernica I²S, alebo IIS či I2S, bola predstavená v februári roku 1986 firmou Philips Semiconductor a jej posledná revízia sa uskutočnila dňa 5. júna 1996. Pre minimalizáciu a čo najväčšie zjednodušenie zapojenia sa využíva trojlinkové zapojenie, z čoho najmenej jedna linka je multiplexovaná pomocou časového multiplexu, teda TDM. Nevyužíva žiadnu formu adresácie či výberu zariadenia, teda pri zapojeniach zahrňujúcich audio kodek sa tento zväčša javí ako „master“ a riadi tak časovanie I²S zbernice [24].

Tri signálové linky, ktoré využíva zbernica I²S sú [23]:

- serial data (SD), teda dátový tok
- serial clock (SCK), teda časovanie zbernice
- word select (WS), teda indikácia kanálu



Obr. 4.5: Dátový prenos I²S zbernice [25]

4.2.1 Linka Serial Data (SD)

Dáta na zbernici sa prenášajú v dvojkovom doplnku typicky s najpríznačnejším bitom (MSB) ako prvým v poradí, no existujú aj prípady, kedy je toto poradie opačné a LSB sa zasiela ako prvý [25]. Nie je dôležité, aby vysielač vedel koľko bitov dokáže prijímač zvládnuť prijať a taktiež nie je dôležité pre prijímač vedieť koľko bitov je prenášaných. Riešením je, že ak dĺžka bitovej rady prevýši dĺžku možného prenosu, LSB je nastavený na hodnotu 0 a v prípade ak vysielač odošle viac bitov ako je dĺžka bitovej rady, bity za LSB sú úplne ignorované. Ak však je prijatých menej bitov ako je dĺžka bitovej rady, zvyšné miesta sú automaticky interne doplnené na hodnotu 0.

V tomto prípade má tak LSB premenlivú pozíciu na základe dĺžky bitovej rad a MSB je vždy na začiatku. Tento MSB je zasielaný vždy keď sa zmení hodnota indikácie kanálu – Word Select (WS) [23].

4.2.2 Linka Word Select (WS)

Pomocou I²S zbernice prenášame dva kanály pre stereo zvukový prenos, pravý a ľavý - signálová linka Word Select teda indikuje, ktorý kanál je prenášaný. V praxi sa využívajú i zapojenia pre viackanálové zvukové prenosi pomocou viacnásobného využitia I²S zberníc [23].

Identifikácia kanálu pomocou Word Select (WS):

- WS = 0, jedná sa o kanál 1 (ľavý)
- WS = 1, jedná sa o kanál 2 (pravý)

Word Select (WS) sa môže meniť ako na zostupnej tak i vzostupnej hrane Serial Clock, teda časovania systému, bez nutnosti symetrie. Zmena indikácie kanálu sa prevádza vždy jednu časovú periódu pred prenesením MSB. Ako ďalšou výhodou je, že prijímaču je umožnené uložiť prenesený bitový rámec, ktorý môže obsahovať až 28 bitov, a vyčistiť vstup pre nový [23].

4.2.3 Linka Serial Clock (SCK)

Na zbernici I²S je vždy jedna entita, ktorá vystupuje ako „master“ a generuje časový signál zakiaľ čo všetky ostatné zariadenia odvodzujú z tejto referencie ich vnútorný časový signál. Štandardne sa hodnota SCK signálu pohybuje na úrovni 2,5 MHz, no maximálnou hodnotou je 3,125 MHz.

5 GSM PRIPOJENIE

Na pripojenie komunikačného zariadenia ku GSM telekomunikačnej sieti musí centrálna časť obsahovať na rozdiel od hlasovej časti GSM modul. Komunikácia medzi hlasovou a centrálnou časťou tak bude môcť byť rozšírená a kontaktovaná napríklad povinná 24 hodinová havarijná a pohotovostná služba, kedy bude môcť tento dispečing vyhodnotiť situáciu a získať informácie od osôb v kabíne. Na tento účel bude využívaný SIM800L modul.

5.1 SIM800L

Modul SIM800L od firmy SIMCom je veľmi populárnym rozšírením o GSM/GPRS funkcionality vďaka jeho výbornej dostupnosti, nízkej cene a širokému spektru využitia v mnohých aplikáciách. Miniaturný modul dokáže posielať i prijímať ako SMS tak aj telefónne hovory, neabsentuje však ani pripojenie na internet pomocou GPRS. Celosvetová konektivita je zabezpečená podporovaním Quad-Band, teda všetkých štyroch svetovo používaných frekvencií. Pripojenie do siete zabezpečuje SIM slot pre microSIM kartu, ktorá je bežne dostupná aj u tuzemských operátorov [26].

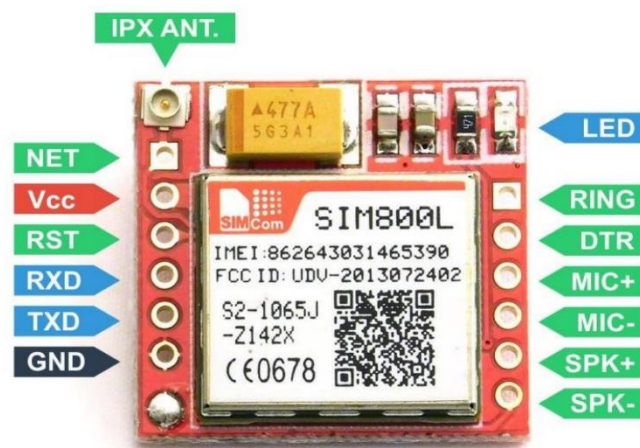
Tab. 4: Prehľad parametrov SIM800L [27]

| Typ modulu | SIM800L |
|---------------------------|-----------------------------|
| Podporované frekvencie | 850 / 900 / 1800 / 1900 MHz |
| Vstupné napätie | 3,5 V až 4,2 V |
| Pokojoiný prúd | cca 20 mA |
| Maximálny (špičkový) prúd | až 2 A |
| Teplotný rozsah | -40 °C až +85 °C |
| Rozmery | 25 mm * 23 mm |
| Hmotnosť | 6 g |

GSM štandard zariadenia je 2/2+, čo znamená, že dokáže využívať mobilné dáta, či hlasovú schránku a iné. Trieda GPRS je B, čo značí neschopnosť pracovať súčasne s mobilnými dátami i prevádzkovaním zvukového hovoru. Výhodou je modulu ovládanie pomocou AT príkazov po sériovej linke. Najlacnejšia cena modulu SIM800L sa pohybuje na hodnote 12,70 € za kus [28].

5.1.1 Pripojenie SIM800L

Náš návrh je prispôsobený prevádzkovaniu SIM800L modulu, preto hlavný zdroj napájania pre 4 V má maximálne prúdové zaťaženie až 3 A, aby dokázal pokryť nároky tohto modulu v plnom zaťažení. Dôležitým detailom je skutočnosť, že z microSIM karty pred vložením treba odstrániť verifikáciu PIN kódu, ktorým je SIM karta chránená. Dá sa tak ľahko vyhnúť iným komplikovaným riešeniam. Súčasťou balenia je taktiež špirálovitá anténa, ktorú je možné pripojiť do NET pinu modulu, či U.FL / IPX anténa, ktorú je možné nahradiť za výkonnejšiu v prípade problémov so získaním signálu [29].



Obr. 5.1: Rozloženie pinov modulu SIM800L [27]

Pin RING je vo svojej podstate pin prerušenia, ktorý signalizuje prichádzajúci hovor nastavením logickej 0 na dĺžku 120 ms. Po nastavení sa tento jav aplikuje aj pre prijímanie SMS správ. Pin DTR slúži na obsluhu režimu spánku modulu.

5.1.2 Indikácia stavu SIM800L pomocou LED diódy

Vo vrchnej časti modulu SIM800L sa nachádza LED dióda, ktorá indikuje stav pripojenia do GSM / GPRS siete na základe frekvencie bliknutí [29].

- Bliknutie raz za 1 sekundu – modul je v operačnom režime, ale nenašiel žiadne spojenie s mobilnou sieťou
- Bliknutie raz za 2 sekundy – modul naviázal dátové spojenie pomocou GPRS pripojenia
- Bliknutie raz za 3 sekundy – modul disponuje spojením s mobilnou sieťou a dokáže prijímať i odosielať SMS a tiež aj hovory

5.1.3 Operačné režimy modulu SIM800L

Modul SIM800L môže byť uvedený do rôznych typov režimov, od ktorých sa odvíjajú následne možnosti využitia a v neposlednom rade ich spotreba elektrickej energie. Rozsah je naozaj široký, od 60 μA pri vypnutom stave, až po spotrebu 2 A pri odosielaní dát [29].

Tab. 4: Prehľad parametrov režimov spotreby SIM800L [29]

| Režim spotreby | Spotreba el. energie |
|----------------------------------|----------------------|
| Vypnutie | 60 μA |
| Režim spánku | 1 mA |
| Pohotovostný režim | 18 mA |
| GSM hovor na frekvencii 900 MHz | ~ 216 mA |
| GSM hovor na frekvencii 1800 MHz | ~ 146 mA |
| GPRS pripojenie | 453 mA |
| Prenos dát | až 2 A |

Režim vypnutia (Power down)

V tomto režime napájacia jednotka úplne odpojí elektrickú energiu pre komunikačnú časť modulu a jediná zachovaná funkcia je časovač. Softvér ako i sériový port sú tiež neaktívne. Tento režim je možné aktivovať zaslaním AT príkazu „AT+CPOWD=1“.

Režim spánku (GSM / GPRS sleep)

Prechod do režimu spánku môže byť i automatický a je podmienený absenciou akéhokoľvek prerušenia, či už na sériovom porte alebo na GPIO pine. V tomto režime spánku je možné stále prijímať napríklad SMS správy.

Pohotovostný režim (GSM idle)

Pohotovostný režim značí plne aktívny softvér, modul je pripojený do siete operátora a pripravený nadviazať komunikačné spojenie [30].

Režim GSM hovoru (GSM talk)

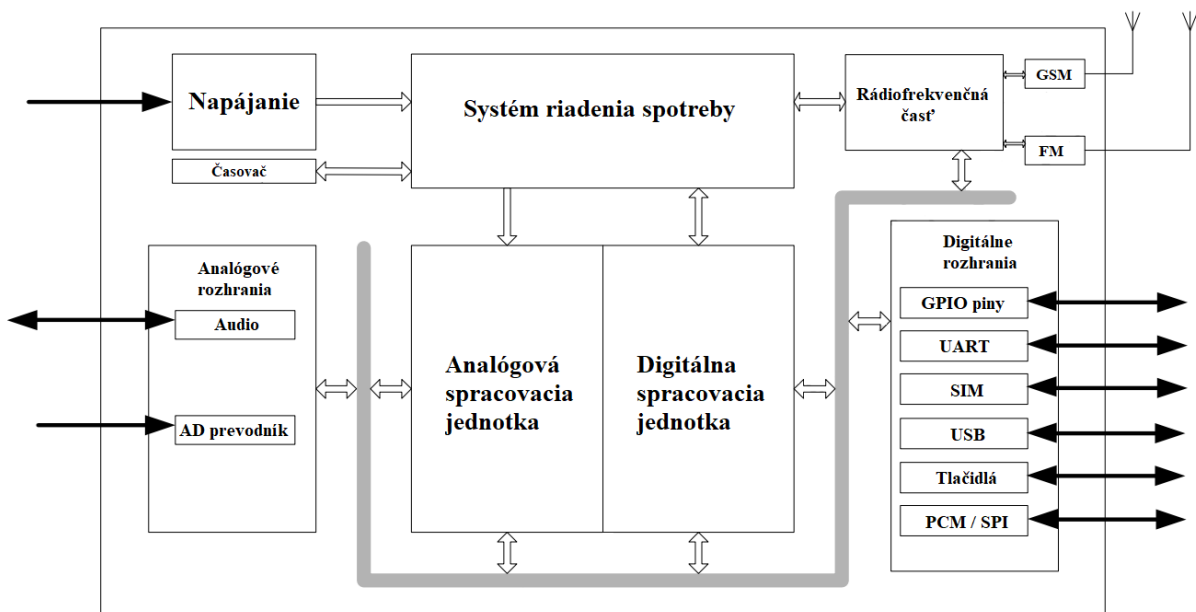
Režim GSM hovoru značí aktívne spojenie medzi dvoma komunikantmi. Spotreba tu je veľmi závislá na nastaveniach siete, ako napríklad frekvenčné skákanie, použitá anténa či zapnutá / vypnutá funkcia DTX, ktorá momentovo odpája zariadenie bez hlasovej odozvy.

Režim GPRS pripojenia (GPRS standby)

Modul je pripravený na prenos dát pomocou GPRS siete, no aktuálne nie sú prenášané žiadne dáta. Opäť je dôležité spomenúť, že konkrétna spotreba je závislá od nastavení siete a GPRS konfigurácie.

Režim prenosu dát (GPRS data)

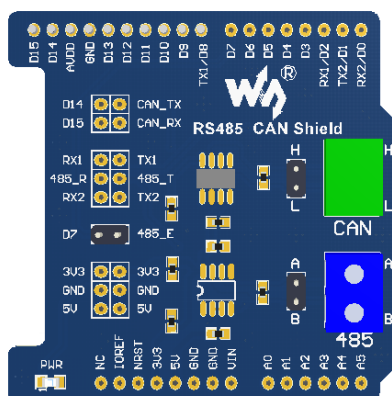
Ako názov už napovedá, dochádza v tomto režime k odosielaniu dát pomocou GPRS, či už PPP, TCP alebo UDP pakety. Spotreba elektrickej energie je závislá na rýchlostiach prenosu do siete alebo tiež GPRS konfigurácie [30].



Obr. 5.2: Funkčný diagram jednotky SIM800L [30]

6 MERANIE CAN

Na overenie rýchlosti odosielania dát cez zbernicu CAN bol pomocou dvoch vývojových dosiek Arduino Due, ktorých základom je mikrokontrolér rovnaký ako v našom návrhu zariadenia – Atmel SAM3X8E, a RS485 CAN shieldom od firmy Waveshare vytvorený prototyp komunikačného zariadenia, respektíve samotnej komunikácie medzi hlasovou a centrálnou časťou. Na prepojenie bol použitý výťahový plochý kábel H05VVH6 bez nosného elementu, typicky používaný v tejto oblasti aplikácie spolu s inými posuvnými mechanizmami ako sú taktiež eskalátory alebo otočné ramená. Jadro vodiča tvorí flexibilný medený drôt uložený do štvoríc a vonkajšiu ochranu zabezpečuje PVC izolácia [31].



Obr. 6.1: CAN RS-485 shield Waveshare [32]

Pre prvotnú inicializáciu komunikácie nám stačilo využiť iba jedno Arduino Due, vzhľadom na fakt, že disponuje dvoma nezávislými CAN rozhraniami. Kompatibilita shieldu nie je fabricky cielená pre Arduino Due a teda sme sa nevyhli ani komplikáciám. Ako prvou bolo nesprávne prepojenie pinov pre CAN komunikáciu medzi Arduino a shieldom, čo bolo možné ľahko odstrániť prepojením potrebných pinov prepajkami.

Napájanie CAN shieldu je realizované rovnako ako pri Arduino Due napätím 3,3 V, čo vyhovovalo zapojeniu priamo na vývojovú dosku a napätie 5 V CAN shield len prepája z Arduina pre následné využitie v ďalších možných zapojeniach [33].

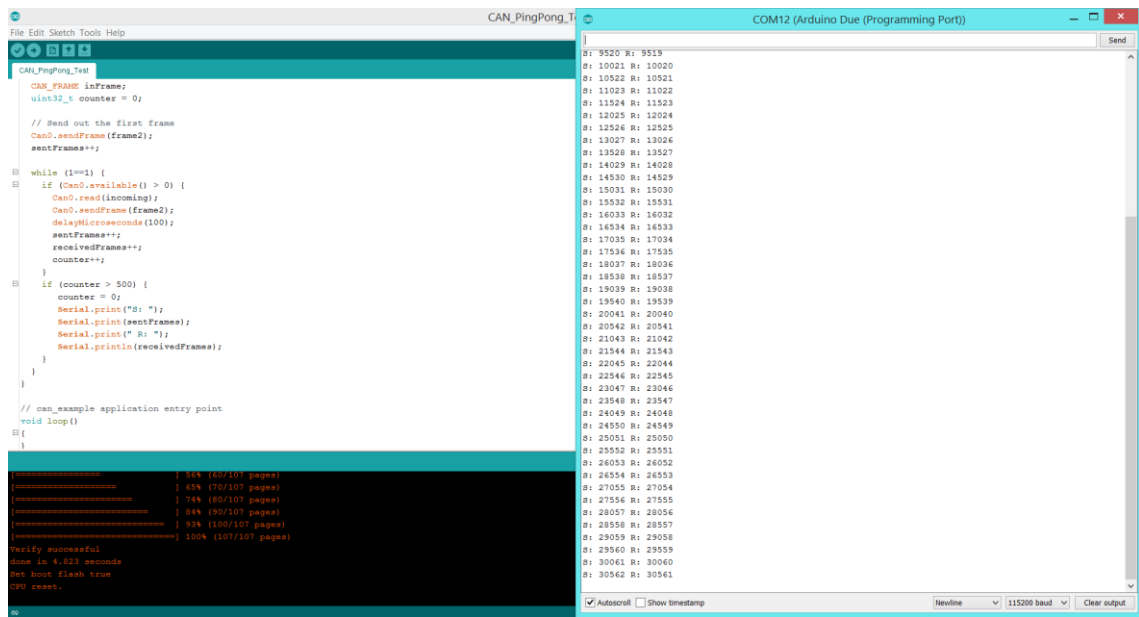
Druhú komplikáciu tvorila kompilácia a nahratie zdrojového kódu pre Arduino Due. Ani po viacnásobnom pokuse o kompiláciu vývojové prostredie Arduino IDE nedokázalo tento úkon vykonať a hlásilo opakovane chybu. Tento problém sa odstránil až po odinštalovaní verzie 1.6.12 a manuálnom vymazaní všetkých pridružených dát a čistej inštalácii najnovšej verzie Arduino IDE 1.8.8 a súborov pre vývojovú dosku Arduino Due.

Pre otestovanie rýchlosti na zbernici CAN bola využitá knižnica zverejnenú na portáli GitHub, ktorá je voľne dostupná a aplikovateľná na akúkoľvek platformu [34]. Základnými dátami, ktoré sú v rámcoch obsiahnuté sú vopred definované náhodne zvolené dáta, no v reálnej prevádzke budú tieto dáta samozrejme nahradené relevantnými informáciami. Z podstaty CAN komunikácie je ako maximálny počet bajtov stanovený najvyšší počet a to osem bajtov. Rámce su delené na odoslané a prijaté a ich počet je následne vypisovaný do konzole vývojového prostredia.

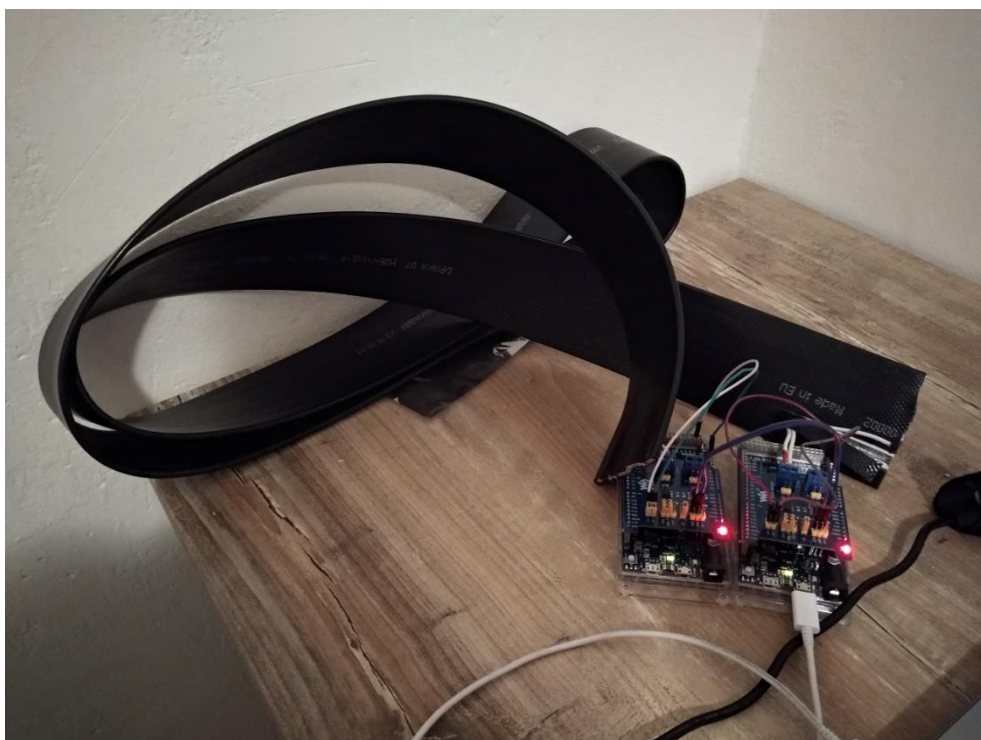
Dátový rámec sa delí na dve časti, `frame.data.low` a `frame.data.high`. Keďže je využívaný 32 bitový mikrokontrolér, veľkosť premennej nemôže byť viac ako 4 bajty a teda 32 bitov. Aby bola využívaná maximálna veľkosť správy 8 bajtov, rozdelíme ju na dve časti.

Podstatou je teda obojsmerná komunikácia medzi týmito zariadeniami. Princíp fungovanie je ten, že pri prijatí dátového rámca sa zaznamená a recipročne odošle taktiež dátový rámec. Postupne bola zvyšovaná rýchlosť komunikácie z hodnôt 125 kbit/s, 250 kbit/s až na maximálnu možnú rýchlosť 1 Mbit/s a sledovaná priepustnosť komunikácie. Finálnym výsledkom bolo zistenie, že na testovanej dĺžke 2 metre vodiča H05VVH6 nebola zaznamenaná neschopnosť spoľahlivej komunikácie aj pri maximálnej rýchlosti 1 Mbit/s.

Ďalšie merania prebiehalo na krútenej dvojlinke, z dôvodu nedostupnosti vodiča H05VVH6 vo väčších dĺžkach a rýchlosť 1 Mbit/s bolo možné namerať i na testovanej dĺžke 60 metrov.



Obr. 6.2: Odoslané a prijaté rámce CAN komunikácie



Obr. 6.3: Fyzické zapojenie merania CAN

7 CENA ZARIADENIA

Pre kalkuláciu ceny komunikačného zariadenia je využitá stránka internetového obchodu www.cz.farnell.com, kedy sú ignorované minimálne množstvá odberu, ktoré vyžaduje predajca na väčšinu odoberaných súčiastok a dôraz je kladený na čo najobjektívnejšiu predstavu o cene za kus. V prípade nedostupnosti potrebného tovaru v tomto internetovom obchode, je využitá ponuka spoločnosti Transfer Multisort Elektronik na stránkach www.tme.cz. Cena zariadenia je rovnaká pre hlasovú ako i centrálnu časť komunikačnej siete, jediný rozdiel je v použití GSM modulu SIM800L, ktorý využíva centrálna časť a jeho cena ako už bola spomenutá začína na úrovni 12,70 € za kus. Samozrejmosťou je, že cena zariadenia sa môže mierne líšiť pri samostatnom ďalšom vyčíslení, čo je spôsobené rozdielnymi cenami viacerých výrobcov tej istej funkčnej súčiastky. V tomto výbere rozhodoval fakt, aká je skladová dostupnosť daného výrobku a minimálny odber pre naše využitie. Z cenovej kalkulácie bol taktiež vylúčený náklad na obal zariadenia, keďže je predpokladané, že v praxi bude zariadenie osadené priamo v paneli výťahovej kabíny, respektíve riadiaceho modulu, a tým nevzniká žiadna dodatočná investícia do krabičky, prípadne iného obalu.

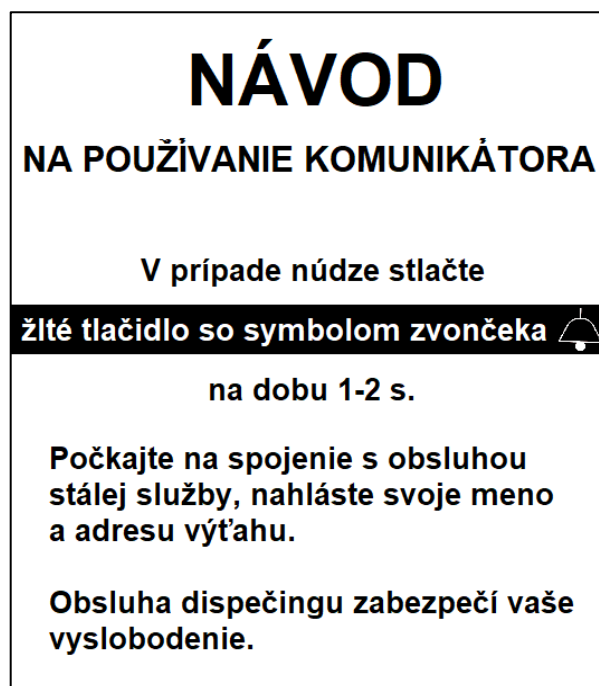
Tab. 5: Kalkulácia ceny komunikačného modulu

| Počet kusov | Názov | Jednotková cena | Cena spolu |
|-------------|--|-----------------|------------|
| 1 | Mikrokontrolér ATSAM3X8EA-AU | 209,29 CZK | 209,29 CZK |
| 1 | RS422/RS485 Transceiver ISL32452EIBZ-T7A | 135,59 CZK | 135,59 CZK |
| 1 | DC-DC Spínaný Buck Regulátor LM22676MRE | 119,41 CZK | 119,41 CZK |
| 1 | Audio Kodek TLV320DAC3203IRGET | 64,46 CZK | 64,46 CZK |
| 1 | Svorkovnica drôt/doska, 5,08 mm, 4 Cest | 32,61 CZK | 32,61 CZK |
| 1 | CAN Transceiver MCP2551-E/SN | 27,48 CZK | 27,48 CZK |
| 2 | SMD Tantalový kondenzátor, 22 μ F, 2917 | 23,45 CZK | 46,89 CZK |
| 1 | SMD Tantalový kondenzátor, 100 μ F, 2312 | 22,11 CZK | 22,11 CZK |
| 2 | SMD Tantalový kondenzátor, 100 μ F, 1411 | 21,60 CZK | 43,19 CZK |
| 1 | Kryštál, 12 MHz, 11.5mm x 4.65mm | 17,39 CZK | 17,39 CZK |
| 1 | LDO Regulátor napätia, 5V 0,15A, TS4264CW50 | 13,60 CZK | 13,60 CZK |
| 1 | LDO Regulátor napätia, 1,8V 0,5A, MCP1825S | 13,49 CZK | 13,49 CZK |

| | | | |
|------------------------|--|---------------------|-----------|
| 2 | ESD Ochranné zariadenie, ESDA6V1SC6 | 12,38 CZK | 24,76 CZK |
| 2 | SMD Elektrolytický kondenzátor, 100 μ F, 6,3mm | 8,99 CZK | 17,98 CZK |
| 1 | SMD Keramický kondenzátor, 6,8 μ F, 0603 | 8,76 CZK | 8,76 CZK |
| 3 | SMD Keramický kondenzátor, 4,7 μ F, 0603 | 8,71 CZK | 26,12 CZK |
| 3 | SMD Keramický kondenzátor, 10 μ F, 1206 | 8,17 CZK | 24,50 CZK |
| 1 | TVS dióda, SMBJ24CA-E3/52 | 7,94 CZK | 7,94 CZK |
| 1 | SMD Tlmivka vinutá, 22 μ H, 2,8A, 36m Ω | 7,64 CZK | 7,64 CZK |
| 2 | Konektor Doska-Doska, 1,27 mm, 7 Kontaktov | 6,73 CZK | 13,46 CZK |
| 8 | MOSFET Tranzistor, N Kanál, FDV301N | 5,42 CZK | 43,34 CZK |
| 1 | Kryštál, 32,768 kHz, 8.2mm x 3.2mm priemer | 4,42 CZK | 4,42 CZK |
| 3 | SMD Keramický kondenzátor, 22 pF, 0603 | 3,85 CZK | 11,56 CZK |
| 1 | Schottkyho usmerňovač, SK26A | 3,13 CZK | 3,13 CZK |
| 4 | SMD Keramický kondenzátor, 220 nF, 0603 | 2,95 CZK | 11,81 CZK |
| 3 | LED dióda, L-53ID | 2,90 CZK | 8,70 CZK |
| 1 | Feritový korálok, 0805, MH2029-300Y | 1,70 CZK | 1,70 CZK |
| 1 | Mikrospínač, TACT-613N-F | 1,62 CZK | 1,62 CZK |
| 1 | SMD Keramický kondenzátor, 10 μ F, 0603 | 1,30 CZK | 1,30 CZK |
| 19 | SMD Keramický kondenzátor, 0.1 μ F, 0603 | 0,62 CZK | 11,76 CZK |
| 1 | SMD Čipový Rezistor, 33 k Ω , 0603 | 0,61 CZK | 0,61 CZK |
| 2 | SMD Čipový Rezistor, 39 k Ω , 0603 | 0,61 CZK | 1,23 CZK |
| 21 | SMD Čipový Rezistor, 4,7 k Ω , 0603 | 0,61 CZK | 12,89 CZK |
| 11 | SMD Čipový Rezistor, 0 Ω , 0603 | 0,54 CZK | 5,98 CZK |
| 2 | SMD Čipový Rezistor, 5,6 k Ω , 0603 | 0,54 CZK | 1,08 CZK |
| 2 | SMD Čipový Rezistor, 22 k Ω , 0603 | 0,53 CZK | 1,05 CZK |
| 2 | SMD Čipový Rezistor, 100 k Ω , 0603 | 0,43 CZK | 0,86 CZK |
| 3 | SMD Čipový Rezistor, 1 k Ω , 0603 | 0,43 CZK | 1,29 CZK |
| 7 | SMD Čipový Rezistor, 10 k Ω , 0603 | 0,30 CZK | 2,12 CZK |
| 1 | SMD Čipový Rezistor, 6,8 k Ω , 0603 | 0,29 CZK | 0,29 CZK |
| 1 | SMD Čipový Rezistor, 8,2 k Ω , 0603 | 0,23 CZK | 0,23 CZK |
| SPOLU (bez DPH) | | 1 003,61 CZK | |

8 INDIKÁCIA A ZNAČENIE

Toto komunikačné zariadenie obsahuje tri farebné LED diódy slúžiace na indikáciu stavu zariadenia a interakciu s užívateľom. Zelená LED dióda značí napájanie zariadenia. Po stlačení žltého núdzového tlačidla hlasovej časti sa na centrálnej rozozvučí alarm, prebehne inicializácia, ktorá je značená zasvietením druhej červenej LED diódy a začne sa nadväzovať spojenie s nepretržitým dispečingom. Keď sa spojenie podarí nadviazať, stav komunikácie je signalizovaný blikaním poslednej žltej LED diódy počas celej doby až do ukončenia poplachu.



Obr. 8.1: Štítok návodu na spojenie s dispečingom

Je dôležité podotknúť, že komunikačné zariadenie si v ideálnom prípade vyžaduje implementáciu spolu s ostatnými systémami vo výťahu, aby tak dokázala napríklad inteligentnejšie predchádzať nevyžiadaným alarmom, či napríklad automaticky zasielať dispečingu identifikáciu výťahovej kabíny.

9 ÚPRAVA ZÁKONMI, SMERNICAMI A TECHNICKÝMI NORMAMI

S rastúcou technickou vybavenosťou a elektronickou závislosťou zdvíhacích a transportných systémov rastie aj riziko spojené so zlyhaním a poruchou náhodnej súčasti tohto systému. Keďže výťah je v dnešnej dobe súčasťou skoro všetkých panelových domov, polyfunkčných budov či všeobecne viacposchodových nehnuteľností, je nutné dbať na ich bezpečnosť a regulovať pravidlá spojené s ich údržbou a prevádzkovaním.

Zlomom v tejto oblasti bola výťahová smernica 95/16/ES zavedená v roku 1999, kedy podľa Technickej Inšpekcie Slovenskej republiky, výťahy inštalované pred účinnosťou tohto nariadenia môžu spôsobiť nebezpečné situácie, keďže úroveň bezpečnosti týchto výťahov je oveľa nižšia v porovnaní s výťahmi projektovanými a inštalovanými podľa najnovších noriem. V dnešnej dobe je výťahová smernica 95/16/ES už neplatná a je nahradená novou výťahovou smernicou 2014/33/EÚ [35].

Táto Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2014/33/EÚ si vyžiadala nutnú harmonizáciu znenia v nariadení vlády Slovenskej republiky č. 235/2015 Z. z. o uvádzaní výťahov na trh a sprístupňovaní bezpečnostných častí do výťahov na trhu a bola implementovaná Nariadením vlády č. 22/2017 Z. z. s účinnosťou od 1.3.2017. Podľa § 7 odseku h) tohto zákona je dodávateľ povinný zabezpečiť dodanie návodu k výťahu podľa prílohy č. 1 bodu 6.2. v štátnom jazyku; návod a označenia musia byť jasné, zrozumiteľné a ľahko pochopiteľné. Pre nás z toho vyplýva, že spolu s naším zariadením je nutné dodať aj štítok alebo nálepku, ktorá bude podľa zákona interpretovať označenia a pokyny pre používanie nášho komunikačného zariadenia. Príloha č. 1 k nariadeniu vlády č. 235/2015 Z. z. v bode 1.6.4. ustanovuje, že elektrické vybavenie musí byť namontované a zapojené tak, aby po b) bolo možné prepnúť napájanie počas zaťaženia – naše zariadenie je tohto schopné, keďže vstupný rozsah využitého DC-DC regulátora LM22676MRE-ADJ/NOPB od firmy Texas Instruments sa pohybuje od 4,5 V až do 42 V [36] [37].

Norma ČSN 27 4002 v bode 4.4.9 odseku b) nariaďuje servisnej firme kontrolovať stav okrem iného aj núdzovej signalizácie a dorozumievacieho zariadenia

a zaznamenávať ich v Knihe prevádzkových prehliadok, kedy je zase povinnosťou prevádzkovateľa tieto servisné úkony zabezpečiť podľa bodu 4.3.1. Táto norma rozlišuje pri pravidelnosti prehliadok viaceré parametre, no v našom prípade pri prístupe výťahového zariadenia verejnosti a uvedení do prevádzky v nedávnej dobe je frekvencia nutných prehliadok podľa bodu 5.2.1 každé tri mesiace s maximálnym oneskorením o dva týždne, avšak celkový ročný počet prehliadok musí byť dodržaný, ako tvrdí bod 5.2.4 [38].

Pre nás najviac prínosným je nariadenie Európskej únie EN 81-28, ktoré zapracoval Český normalizační institut pod označením ČSN EN 81-28 a jeho najnovšia verzia má účinnosť od marca roku 2019. Táto dvadsiata ôsma časť normy zaoberajúcej sa bezpečnostnými predpismi pre konštrukciu a montáž výťahov sa špecifikuje na diaľkovú núdzovú signalizáciu vo výťahoch určených pre dopravu osôb a nákladov.

Bod 4.1.7 definuje, že pre vyvolanie poplachu a nadviazanie spojenia musí stačiť jednorazová interakcia s uviaznutým užívateľom výťahového zariadenia a následne toto spojenie s operátorom nie je možné prerušiť. V našom komunikačnom systéme je táto funkcionality obsiahnutá, kedy jediné stlačenie tlačidla vyvolá poplach a nadviaže spojenie s dispečingom.

Dôležitou normatívnou úpravou je aj bod 4.2.1, ktorý pojednáva frekvenciu samoinicializácie zariadenia, teda automatického testu spojenia s nepretržitou službou. Tá musí byť vykonávaná tak často, aby dokázala zaistiť bezpečnosť cestujúcich, minimálne však každá tri dni. Na tento bod pri konštrukcii taktiež myslíme, preto je softvérová kontrola zariadenia automaticky spúšťaná minimálne každé dva dni.

Bod 4.2.3 určuje umiestnenie tlačidla pre spustenie komunikácie v prípade núdze a to typicky na kontrolnom paneli kabíny výťahového systému s upozornením, že je dôležité dbať na ochranu tohto zariadenia pred vandalizmom a teda ho tak konštrukčne spraviť odolným.

Bod 5.2 ukladá za povinnosť oznámiť prítomnosť takéhoto komunikačného systému, čo bude u nás splnené spolu s návodom na obsluhu zariadenia. Bod 7 tejto normy ČSN EN 81-28 hovorí o možnom využití piktogramu pri označení funkcie tlačidla alarmu, indikovaným žltou farbou [39].

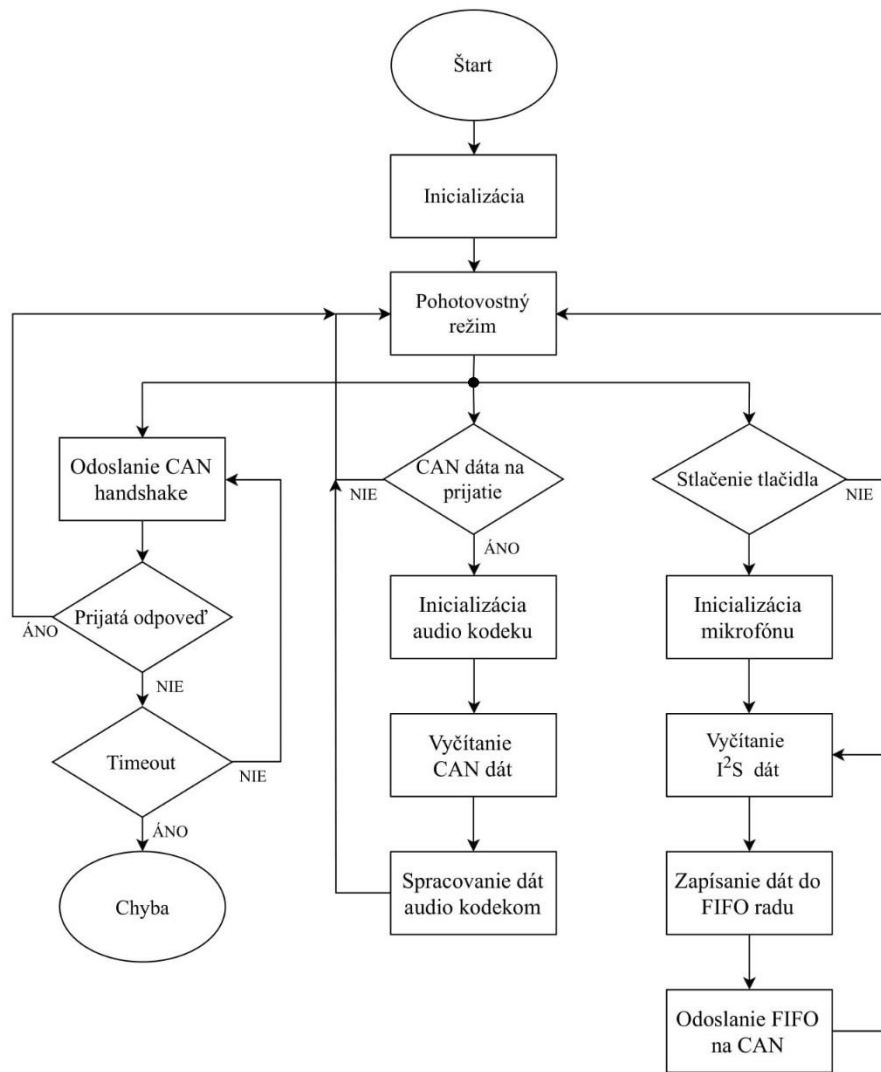
10 KONŠTRUKCIA

Návrh a samotná konštrukcia zariadenia prebiehala bez zásadnejších problémov. Ako bolo už priebežne rozpracované v texte, základom navrhovaného zariadenia je mikrokontrolér Atmel SAM3X8E, ku ktorému je pre ustálenie napájania pripojená feritová perlička MH2029-300Y a podobne funkčné filtračné kondenzátory. Na pin PA0 a PA1 je zbernica CAN_RX a CAN-TX pripojená cez MOSFET tranzistor s N kanálom FDV301N na CAN budič MCP2551 spolu s ESD ochranou. Rovnako tak RS-485 budič ISL32452EIBZ, využíva ESD ochranu a na prepínanie úrovni MOSFET tranzistor, no pre RX signál využíva ešte aj odporový delič z odporov R21 a R21. Nasleduje hardvérové zvolenie využívanej zbernice pomocou 0 R rezistorov a pripojenie na svorkovnicu MKDSN.

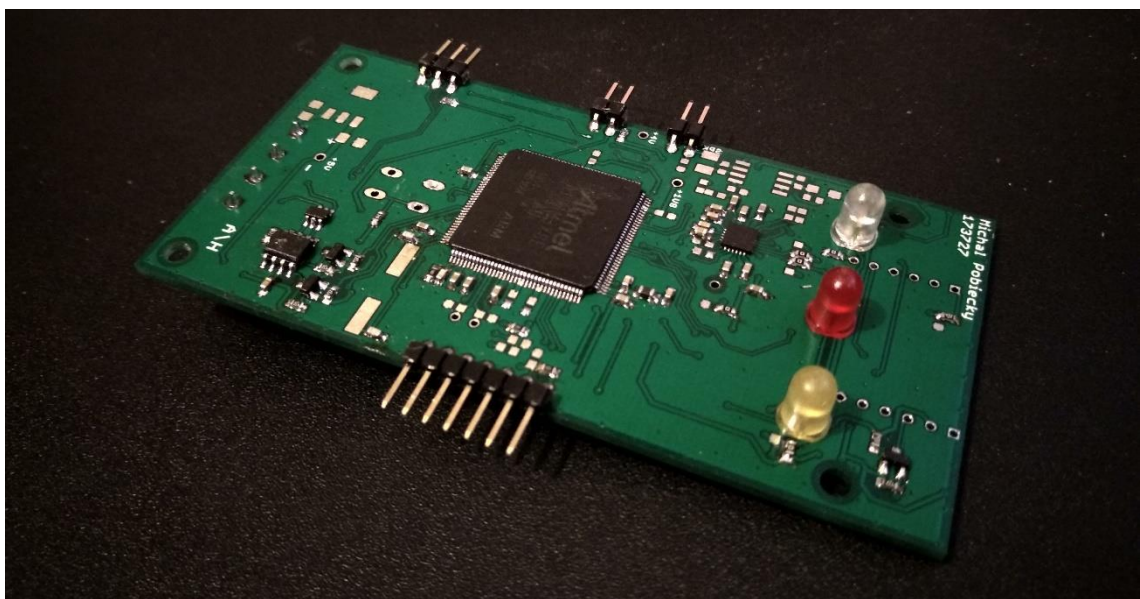
Pre napájanie je využitý DC-DC spínaný regulátor LM22676MRE so vstupným rozsahom až 40 V pre prípadné krízové napájanie kabíny, ktorého ustálený výstup sú 4 V a 3 A. To využíva RS-485 budič, zosilňovač TDA1308 a v centrálnej časti GSM modul. Následne využívame LDO regulátor napätia MCP1825S na vytvorenie napájania 1,8 V pre mikrokontrolér, audio kodek TLV320DAC3203IRGET a periférie ako mikrofón, tri LED diódy v zapojení so spoločnou anódou a tlačidlo. Napájanie 5 V pomocou LDO regulátora TS4264CW50 využíva len CAN budič. Pre tieto napájania je na doske plošného spoja taktiež test pin.

Audio kodek využíva pri zbernici I²S taktiež hardvérové zvolenie pomocou 0 R rezistorov pre signály Frame sync a Bit clock. Na snímanie hlasu je navrhnuté pripojenie digitálneho MEMS mikrofónu SPH0641LM4H a pre výstup na zosilňovač je využitá kapacitná väzba zo stereo zvukového signálu na mono. Krabička pre hlasovú časť komunikačného systému bola vyfrézovaná a je do nej priamo osadený reproduktor tak, aby nedochádzalo k neželaným odrazom v zmenšených priestoroch.

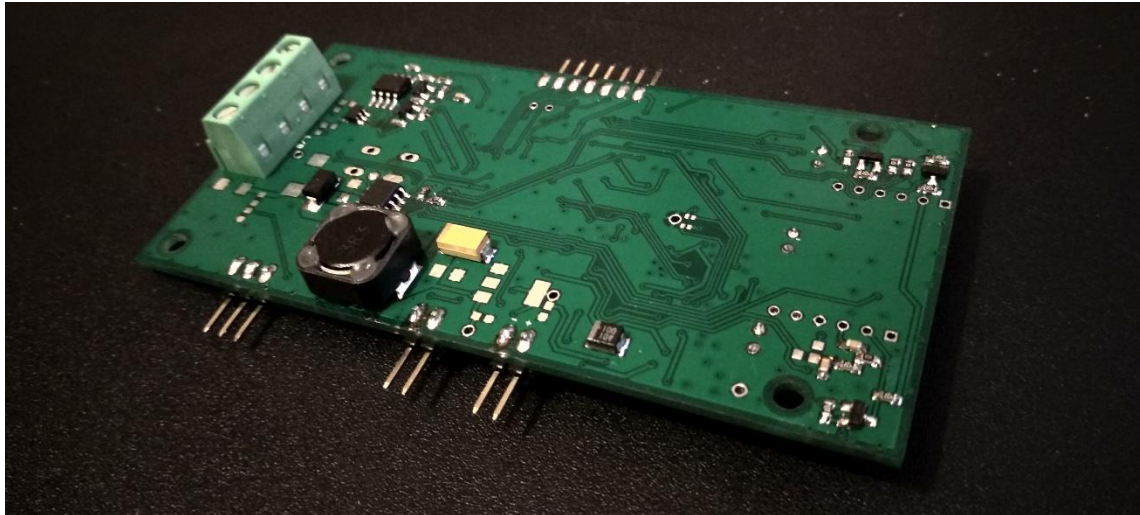
Na naprogramovanie oboch častí komunikačného systému bol využitý programátor Atmel-ICE. Ako bolo avizované, výhodou pre tento mikrokontrolér je možnosť využiť knižnic pre Arduino, kedy bola využitá špecificky knižnica pre I²S komunikáciu. Pre audio kodek sú využívané sekvencie navrhnuté výrobcom zariadenia.



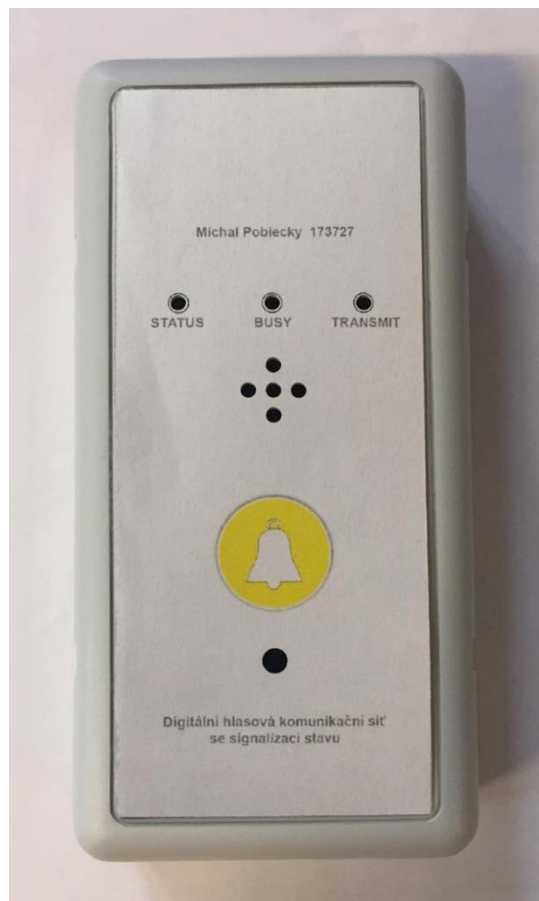
Obr. 10.1: Vývojový diagram programu komunikačného systému



Obr. 10.2: Vrchný pohľad hlasová časť komunikačného systému



Obr. 10.3: Spodný pohľad hlasová časť komunikačného systému



Obr. 10.4: Krabička pre hlasovú časť komunikačného systému

ZÁVER

V tejto práci boli popísané jednotlivé časti hlasovej komunikačnej siete, prejednané princípy komunikácie medzi centrálnym a hlasovým modulom, kedy sú aj prakticky vyskúšané rýchlosti pomocou CAN rozhrania a následne zostavená komunikačná sieť. Z dôvodu nižšej výrobnéj ceny a podobnej konštrukcie centrálnej i hlasovej časti je návrh pre obe z nich totožný. Pri osadzovaní súčiastok je však rozdiel v zapojení, kedy pomocou 0 R odporov sú tieto moduly inak osadené. Detailne bola rozpracovaná i úprava takéhoto zariadenia normami a zákonmi.

Najzásadnejšou vecou pri zavedení tejto komunikačnej siete do praxe je jej implementácia s ostatnými časťami výťahovej kabíny, kedy by toto zariadenie dokázalo lepšie doplniť celok výťahového systému. Možnou vhodnou funkcionalitou môže byť napríklad i kompletne vyradenie zdvíhacieho zariadenia z prevádzky pri nedodržaní stanovených limit pre revízie, či nemožnosti nadviazať spojenia s centrálnou časťou komunikačného systému. Taktiež žiadanou funkcionalitou môže byť po spustení poplachu diagnostika zariadenia, kedy by sa chyby zistené elektronikou kabíny či zdvíhacieho systému priamo odosielali dispečingu a tí by vedeli presnejšie reagovať na vzniknuté nebezpečenstvo.

LITERATÚRA

- [1] EURÓPSKY PARLAMENT A RADA EURÓPSKEJ ÚNIE, *Smernica Európskeho Parlamentu a Rady 2014/33/EÚ z 26. februára 2014 o harmonizácii právnych predpisov členských štátov týkajúcich sa výťahov a bezpečnostných komponentov do výťahov* [online]. 29.03.2014 [cit. 18.10.2018]. Dostupné: <<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/33/oj/?locale=sk>>
- [2] TEXAS INSTRUMENTS, *Calling button operating panel* [online]. [cit. 02.11.2018]. Dostupné: <http://www.ti.com/solution/elevator_escalator?variantid=625&subsystemid=14067>
- [3] JACOB BENINGO, *10 Steps to Selecting a Microcontroller* [online]. 12.01.2014 [cit. 11.11.2018]. Dostupné: <<https://community.arm.com/iot/embedded/b/embedded-blog/posts/10-steps-to-selecting-a-microcontroller>>
- [4] ING. PETR OLIVKA, *Procesory CISC a RISC* [online]. 2010 [cit. 17.11.2018]. Dostupné: <<http://poli.cs.vsb.cz/edu/arp/down/procrisc.pdf>>
- [5] PAVEL TIŠNOVSKÝ, *Architektura mikrořadičů s jádry ARM Cortex-M0 a ARM Cortex-M0+* [online]. 01.10.2015 [cit. 28.11.2018]. Dostupné: <<https://www.root.cz/clanky/architektura-mikroradicu-s-jadry-arm-cortex-m0-a-arm-cortex-m0/>>
- [6] ARM, *The ARM Architecture with a focus on v7A and Cortex-A8* [online]. [cit. 29.11.2018]. Dostupné: <https://www.arm.com/files/pdf/ARM_Arch_A8.pdf>
- [7] ATMEL, *SAM3X / SAM3A Series Atmel SMART ARM-based MCU DATASHEET* [online]. 23.03.2015 [cit. 01.12.2018]. Dostupné: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-11057-32-bit-Cortex-M3-Microcontroller-SAM3X-SAM3A_Datasheet.pdf>

- [8] CHRISTOPHER DAVIS & VICTOR VERGARA, *How audio codecs work* [online]. 28.10.2005 [cit. 02.12.2018]. Dostupné: <https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1274744>
- [9] FARNELL, *ATSAM3X8EA-AU - ARM MCU, SAM3X Série, SAM32 Family SAM 3X Series Microcontrollers, ARM Cortex-M3, 32bitů, 84 MHz* [online]. [cit. 04.12.2018]. Dostupné: <<https://cz.farnell.com/microchip/atsam3x8ea-au/mcu-32bit-cortex-m3-84mhz-lqfp/dp/2318839>>
- [10] FARNELL, *MSP432P401RIPZR - ARM Microcontroller, SimpleLink Family MSP432X Series Microcontrollers, ARM Cortex-M4F, 32bit* [online]. [cit. 07.12.2018]. Dostupné: <<https://sk.farnell.com/texas-instruments/msp432p401ripzr/mcu-32bit-cortex-m4f-48mhz-lqfp/dp/2643415?st=MSP432P401R>>
- [11] TEXAS INSTRUMENTS, *TLV320DAC3203 Ultra Low Power Stereo Audio Codec With Integrated Headphone Amplifiers* [online]. 05.2017 [cit. 03.12.2018]. Dostupné: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tlv320dac3203.pdf> >
- [12] TEXAS INSTRUMENTS, *TLV320AIC3254 Application Reference Guide* [online]. 08.2012 [cit. 25.02.2019]. Dostupné: <<http://www.ti.com/lit/an/slaa408a/slaa408a.pdf>>
- [13] TEXAS INSTRUMENTS, *TLV320AIC3254 Ultra Low Power Stereo Audio Codec with Embedded miniDSP* [online]. 09.2008 [cit. 14.03.2019]. Dostupné: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tlv320aic3254.pdf?fbclid=IwAR06MxVYA2BJlclfBwj0EGyPOS1ivDLNpTZndvnlWjZf9MsezBpZ8BBNkpo>>
- [14] TEXAS INSTRUMENTS TI E2E™ Community, *TLV320AIC3254: Echo Cancellation Capability* [online]. 15.03.2018 [cit. 29.03.2019]. Dostupné: <<https://e2e.ti.com/support/audio/f/6/t/672230?TLV320AIC3254-Echo-Cancellation-Capability&fbclid=IwAR06MxVYA2BJlclfBwj0EGyPOS1ivDLNpTZndvnlWjZf9MsezBpZ8BBNkpo>>

- [15] MOUSER ELECTRONICS, *TLV320AIC3254IRHBT* [online]. [cit. 01.04.2019]. Dostupné: <<https://www.mouser.sk/ProductDetail/Texas-Instruments/TLV320AIC3254IRHBT?qs=sGAEpiMZZMtq3QB8qGen7XkfDY2w%2FTtj%252BIu%2Fvz8oLdY=>>>
- [16] NATIONAL INSTRUMENTS, *Controller Area Network (CAN) Overview* [online]. 19.03.2019 [cit. 04.04.2018]. Dostupné: <<http://www.ni.com/en-us/innovations/white-papers/06/controller-area-network--can--overview.html>>
- [17] TEXAS INSTRUMENTS, Application Report: *Introduction to the Controller Area Network (CAN)* [online]. 05.2016 [cit. 04.12.2018]. Dostupné: <<http://www.ti.com/lit/an/sloa101b/sloa101b.pdf>>
- [18] THERMINO, *Comparison of DPM Protocol system Theremino and the CAN protocol* [online]. [cit. 04.12.2018]. Dostupné: <<https://www.theremino.com/en/technical/dpm-vs-can>>
- [19] MICROCHIP, *High-Speed CAN Transceiver MCP2551* [online]. 2010 [cit. 05.12.2018]. Dostupné: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/DevTools/Arduino/MCP2551.pdf>>
- [20] TEXAS INSTRUMENTS, THOMAS KUGELSTADT, *Application Report: The RS-485 Design Guide* [online]. 02.2008 [cit. 06.12.2018]. Dostupné: <<http://www.ti.com/lit/an/slla272c/slla272c.pdf>>
- [21] RENESAS, *Datasheet ISL32452E* [online]. 14.02.2019 [cit. 11.04.2019]. Dostupné: <<http://www.ti.com/lit/an/slla272c/slla272c.pdf>>
- [22] NORBERT BINDER, *RS485 vs. CAN* [online]. 22.09.2017 [cit. 13.12.2018]. Dostupné: <<https://www.ixxat.com/technologies/all4can/can-news-blog/can-news-blog/2017/09/22/rs485-vs.-can>>
- [23] PHILIPS SEMICONDUCTORS, *I²S bus specification* [online]. 02.1986 [cit. 12.03.2019]. Dostupné: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/I2SBUS.pdf>>
- [24] SILVACO, *I²S Audio Interface* [online]. [cit. 15.03.2019]. Dostupné: <<https://www.silvaco.com/products/IP/i2s-audio-interface/index.html>>

- [25] LARRY DAVIS, *Inter-IC Sound Bus* [online]. 19.01.2012 [cit. 16.03.2019]. Dostupné: <http://www.interfacebus.com/I2S_Interface_Bus.html>
- [26] Micro Electronics Trade, *SIM800* [online]. [cit. 19.04.2019]. Dostupné: <<https://simcom.ee/modules/gsm-gprs/sim800/>>
- [27] ECLIPSE MODULES, *GSM/GPRS modul pro Arduino* [online]. 2017 [cit. 20.04.2019]. Dostupné: <<https://arduino-shop.cz/docs/produkty/0/472/1500635983.pdf>>
- [28] TECHFUN, *SIM800L GSM / GPRS modul* [online]. [cit. 20.04.2019]. Dostupné: <<https://techfun.sk/produkt/sim800l-gsm-gprs-modul/>>
- [29] LAST MINUTE ENGINEERS, *Send Receive SMS & Call with SIM800L GSM Module & Arduino* [online]. [cit. 22.04.2019]. Dostupné: <<https://lastminuteengineers.com/sim800l-gsm-module-arduino-tutorial/>>
- [30] SIMCOM, *SIM800L Hardware Design* [online]. 20.08.2013 [cit. 25.04.2019]. Dostupné: <https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf>
- [31] WAVESHARE, *RS485 CAN Shield* [online]. [cit. 08.12.2018]. Dostupné: <https://www.waveshare.com/wiki/RS485_CAN_Shield?fbclid=IwAR3HbK75XMsYjnJ4oC2YCrL9fQDLSEgQweOjyasW2GtHsJP4W8T1i8H6RTg>
- [32] WAVESHARE, *RS485 CAN Shield Size* [online]. [cit. 08.12.2018]. Dostupné: <<https://www.waveshare.com/wiki/File:RS485-CAN-Shield-size.png>>
- [33] WAVESHARE, *RS485 CAN Shield User Manual* [online]. 19.05.2015 [cit. 08.12.2018]. Dostupné: <<https://www.waveshare.com/w/upload/1/1a/RS485-CAN-Shield-User-Manual.pdf>>
- [34] GITHUB, *due_can* [online]. [cit. 11.12.2018]. Dostupné: <https://github.com/collin80/due_can?fbclid=IwAR2KWhEp_B-GF2-c2WYwHiFrDvg9MP9_VHGVmRLpWFP_fcJuOY8BRTZE13g>

- [35] TECHNICKÁ INŠPEKCI, *Spôsoby zvyšovania bezpečnosti existujúcich výťahov a identifikácia nebezpečenstiev pôsobiacich pri oprave, údržbe, modernizácii, rekonštrukcii a kompletnej výmene výťahu* [online]. [cit. 22.03.2019]. Dostupné: <<http://www.tisr.sk/showdoc.do?docid=2786&forceBrowserDetector=pc>>
- [36] *Nariadenie vlády č. 235/2015 Z. z.* [online]. 03.10.2015 [cit. 23.03.2019]. Dostupné: <<http://www.epi.sk/zz/2015-235>>
- [37] TEXAS INSTRUMENTS, *LM22676/-Q1 42 V, 3 A datasheet* [online]. 09.2008 [cit. 17.04.2019]. Dostupné: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm22676-q1.pdf>>
- [38] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, *ČSN 27 4002 (274002) A Bezpečnostní předpisy pro výtahy - Provoz a servis výtahů*, 2014 [cit. 19.04.2019].
- [39] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, *ČSN EN 81-28 (274003) A Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů - Výtahy pro dopravu osob a nákladů. Část 28, Dálková nouzová signalizace u výtahů určených pro dopravu osob a osob a nákladů*, 2018 [cit. 20.04.2019].

ZOZNAM SKRATIEK

GSM - Global System for Mobile communications

CAN - Controller Area Network

LED - Light-Emitting Diode

PVC - Polyvinyl chloride

ESD - Electrostatic Discharge

RISC - Reduced Instruction Set Computer

ETM - Embedded Trace Macrocell

NVIC - Nested Vectored Interrupt Controller

DAP - Debug Access Port

ADC - Analog-to-Digital Converter

DAC - Digital-to-Analog Converter

USB - Universal Serial Bus

MAC - Media Access Control

PMA - Physical Medium Attachment

PMD - Physical Medium Dependent

IDE - Identifier Extension

SIM - Subscriber Identity Module

TDM - Time-division Multiplexing

MSB - Most Significant Bit

LSB - Least Significant Bit

DTX - Discontinuous Transmission

ZOZNAM PRÍLOH

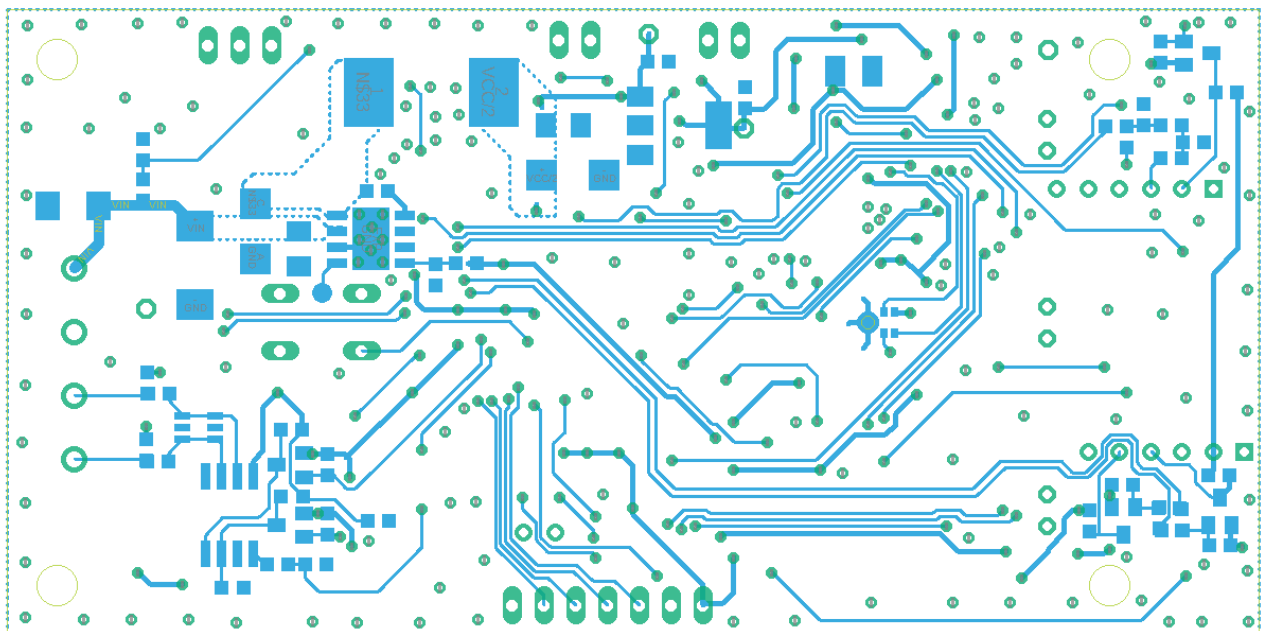
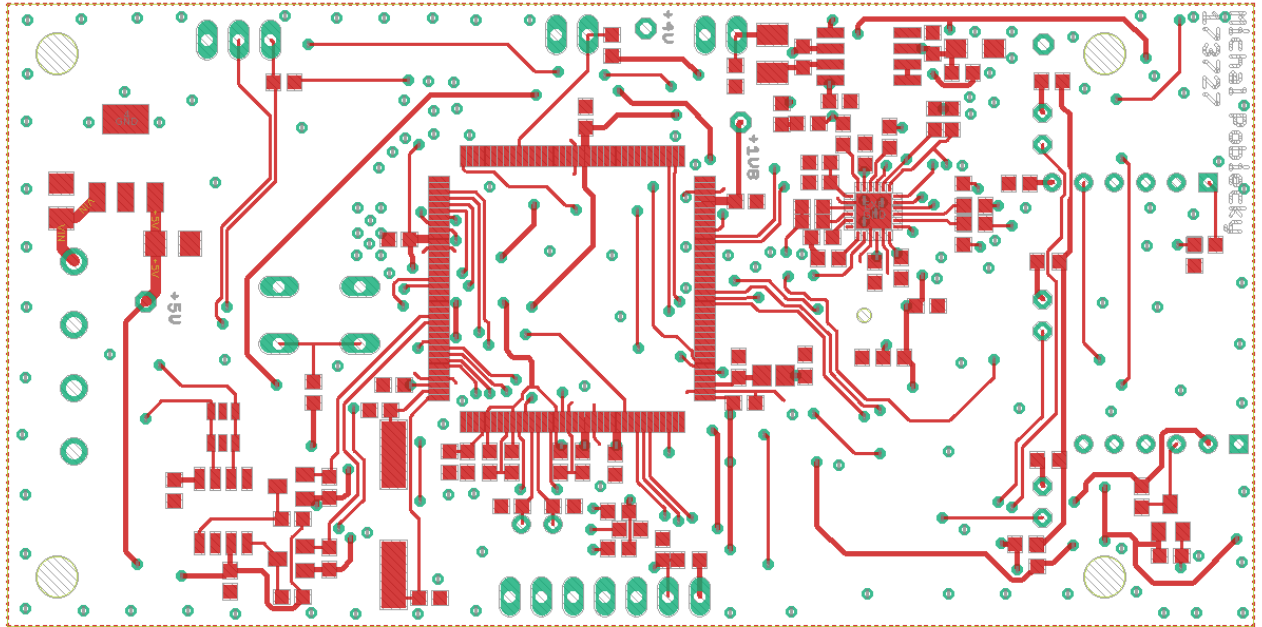
PRÍLOHA A: Schematické zapojenie s ATSAM3X8E

PRÍLOHA B: Návrh dosky plošného spoja komunikačného zariadenia

PRÍLOHA C: Obsah CD

PRÍLOHA B

Návrh dosky plošného spoja komunikačného zariadenia



PRÍLOHA C

Obsah CD

- Schéma a návrh dosky plošného spoja v programe EAGLE
- Zdrojový kód pre meranie rýchlosti CAN
- Zdrojový kód pre komunikačné zariadenie
- Elektronická verzia práce