VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

KOMUNIKAČNÍ SOUPRAVA PRO OPTICKÉ BEZKABELOVÉ SPOJE

COMMUNICATION ASSEMBLY FOR OPTICAL CABLELESS LINKING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. MARTIN KAPUŠ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE doc. Dr. Ing. ZDENĚK KOLKA
SUPERVISOR

BRNO 2008

——————————-Zadani——————————-

LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Martin Kapuš
Bytem: Jána Derku 53, 91101, Trenčín, SR
Narozen/a (datum a místo): 26.07.1983, Ilava
(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 602 00, Brno
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
prof. Ing. Jiří Kazelle, CSc.
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1
Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):
   - □ disertační práce
   - □ diplomová práce
   - □ bakalářská práce
   - □ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako .....

   (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP:	KOMUNIKAČNÍ SOUPRAVA PRO OPTICKÉ BEZKABELOVÉ SPOJE
Vedoucí/ školitel VŠKP:	doc. Dr. Ing. ZDENĚK KOLKA
Ústav:	ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE
Datum obhajoby VŠKP:	

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- □ tištěné formě – počet exemplářů ……..
- □ elektronické formě – počet exemplářů ……..

* hodící se zaškrtněte

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

Článek 2
Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizovaní výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
   - □ ihned po uzavření této smlouvy
   - □ 1 rok po uzavření této smlouvy
   - □ 3 roky po uzavření této smlouvy
   - □ 5 let po uzavření této smlouvy
   - □ 10 let po uzavření této smlouvy

   (z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3
Závěrečná ustanovení

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

V Brně dne: …….

…….. .....……
Nabyvatel Autor

Abstrakt:

Táto diplomová práca je o komunikačnom module pre optické bezdrátové siete. Tento modul sníma data z RS232 a dvoch analógových vstupov a posiela ich cez internet na vzdialený počítač. Ďalej umožňuje prenos zvuku medzi užívatelom obsluhujúceho modul a užívatežom na vzdialenom počítači. Zariadenie umožňuje komunikáciu pomocou štandartdných sluchátok a mikrofónu,alebo pomocou Bluetooth Handsfree. Základná súčiastka je mikroprocesor MCF5223 a Bluetooth modul Ezurio BISM II. Zdrojový kód je napísaný v jazyku C. Doska plošného spoje je navrhnutá v programe Eagle. Modul sa ovláda pomocou webového rozhrania a nadstavenia sa ukladaju do pamäti EEPROM. Práca obsahuje popis funkcie jednotlivých súčiastok a blokov,zdrojový kód programu, popis zdrojového kódu a schémy plošných spojov.

Abstract:

This Graduate Thesis is about communication module for optical wireless network. This device read data from RS232 port and two analog inputs and sends it through internet to a remote Computer. Furthermore allows voice communication between local user on mudule and user on remote computer. Device allows communication with standard headphones and microphone, or with Bluetooth handsfree.Basic part is microprocessor MCF5223 and Bluetooth Ezurio BISM II module. Control program has been written in C language. Printed circuit is created by EAGLE program.This device is managed via web interface and settings have been stored into EEPROM memory. Work contains description of separately parts and blocks, source code of program, description of source code and printed circuit designs.

Klíčová slova:

Freescale, Ethernet, Bluetooth, ADC, DAC, Voice, Analog, Digital, RS232, SPI, MCF5223,UDP,CPLD,EEPROM

Keywords:

Freescale, Ethernet, Bluetooth, ADC, DAC, Voice, Analog, Digital, RS232, SPI, MCF5223,UDP,CPLD,EEPROM

Bibliografická citace díla:

KAPUŠ, M. *Komunikační souprava pro optické bezkabelové spoje -diplomová práce*. Brno, 2008. 51 s. Vedoucí diplomové práce doc. Dr. Ing. Zdeněk Kolka, FEKT VUT v Brně

Prohlášení autora o původnosti díla:

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 20. 5. 2008

…….

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Dr. Ing. Zdeněkovi Kolkovi za metodické a cíleně orientované vedení při plnění úkolů realizovaných v návaznosti na diplomovou práci.

OBSAH

1 Úvod ... 12
2 Teoretický úvod do problematiky riešenia zadania: ... 13
2.1 Mikroprocesor Freescale MCF52233: ... 13
2.1.1 Technická špecifikácia MCF52233: ... 13
2.1.2 A/D prevodník v MCF52233 ... 15
2.1.3 PWM v MCF52233 ... 16
2.1.4 QSPI v MCF52233 ... 17
2.1.5 UART v MCF52233 ... 17
2.1.6 Fast Ethernet Controller (FEC) v MCF52233 ... 18
2.2 Bluetooth ... 19
2.2.1 Rozdelenie Bluetooth ... 19
2.2.2 História Bluetooth ... 19
2.2.3 Profily Bluetooth ... 20
2.2.4 Ezurio Bluetooth Surface Mount AT Modul ... 23
2.3 PCM komunikácia ... 25
2.4 SPI EEPROM ... 26
2.5 TC2117 ... 26
2.6 MAX6138 ... 27
2.7 MAX9716 ... 27
2.8 MAX 9812L ... 28
2.9 CPLD XC9572L ... 28
3 Praktická realizácia diplomovej práce ... 30
3.1 Napájacia časť komunikačného modulu ... 30
3.2 Zosilňovač audio výstupu ... 32
3.3 Zosilňovač audio vstupu ... 34
3.4 Prevodník medzi RS232 a UART ... 35
3.5 A/D prevodník signálu 0-5V ... 36
3.6 CPLD ... 37
3.6.1 Zdrojový kód programu na obsluhu CPLD ... 39
3.7 Operačný systém µTasker ... 41
3.7.1 Vlastnosti riešenia ... 41
3.7.2 Ukážky web rozhrania systému µTasker ... 41

3.8 Komunikačný protokol pre prenos dát z modulu 42
3.8.1 Protokol prenosu v reálnom čase (Real-time transport protocol) 42
3.8.2 Formát prenosu dát modulu..... 44
4 Záver..... 47
5 Zoznam použitých zdrojov 48
A Podklady pre výrobu DPS komunikačného modulu. 51
B Kompletná schéma zapojenia komunikačného modulu 57
C Zoznam použitých súčiastok 58

Zoznam obrázkov

Obr. 1 Vývojový modul s mikroprocesorom MCF52233 [7] 13
Obr. 2 Grafické zobrazenie súčastí MCF52233 [8] 15
Obr. 3 Bloková schéma A/D prevodníka [7] 16
Obr. 4 Bloková schéma PWM modulu v MCF52233 [7] 16
Obr. 5 Bloková schéma QSPI modulu [7] 17
Obr. 6 Bloková schéma UART modulu [7] 18
Obr. 7 Bloková schéma FEC v MCF52233 [7] 18
Obr. 8 Bluetooth Surface Mount AT Modul [13] 23
Obr. 9 Bloková schéma Bluetooth Surface Mount AT Modul-u 24
Obr. 10 Popis pinov Bluetooth Surface Mount AT Modul-u 25
Obr. 11 Časový diagram komunikácie A-Law, μ-Law kodeku 25
Obr. 12 Časový diagram komunikácie CVDS kodeku 25
Obr. 13 Bloková schéma vnútorného usporiadania SPI EEPROM [6] 26
Obr. 14 Púzdro stabilizátora TC2117 27
Obr. 15 Typické zapojenie Max6138 [1] 27
Obr. 16Bloková schéma MAX9716 [2] 28
Obr. 17 Bloková schéma MAX9812 [3] 28
Obr. 18 Bloková schéma CPLD [4] 29
Obr. 19 Schéma napájacej časti 30
Obr. 20 Výrez PCB kde je umiestnený stabilizátor v mierke 40:1 32
Obr. 21 Schéma zapojenia externých súčiastok MAX9716 33
Obr. 22 DPS plošného spoja kde je umiestnený MAX9716 v mierke 30:1 34
Obr. 23 Schéma zapojenia MAX9812 34
Obr. 24 DPS plošného spoja kde je umiestnený MAX9812 v mierke 30:1 35
Obr. 25 Schéma zapojenia obvodu MAX3232 35
Obr. 26 Napájacia časť MAX3232 35
Obr. 27 Ukážka časti DPS s MAX3232 v mierke 30:1 36
Obr. 28 Schéma zapojenia upraveného vstupu ADC 36
Obr. 29 Ukážka časti DPS s AD prevodníkom v mierke 30:1 37
Obr. 30 Schéma zapojenia CPLD 38
Obr. 31 Schéma zapojenia napájania CPLD 38

Obr. 32 Ukážka časti DPS s CPLD v mierke 30:1 39
Obr. 33 Príklady web rozhraní [16] 42
Obr. 34 Architektúra RTP 43
Obr. 35 Formát záhlavia dátového paketu 43
Obr. 36 Grafické znázornenie príslušnosti periférií a IP protokolov 45
Obr. 37 Grafické znázornenie štruktúry RTP paketu 45
Obr. 38 Grafické znázornenie formátu TCP paketu 46
Obr. 39 Vrchná strana DPS modulu v mierke 1,5:1 51
Obr. 40 Spodná strana DPS modulu v mierke 1,5:1 52
Obr. 41 Nepájivá maska vrchnej strany DPS modulu v mierke 1,5:1 53
Obr. 42 Nepájivá maska spodnej strany DPS modulu v mierke 1,5:1 54
Obr. 43 Osadzovaní výkres vrchnej strany DPS modulu v mierke 1,5:1 55
Obr. 44 Osadzovaní výkres spodnej strany DPS modulu v mierke 1,5:1 56
Obr. 45 Schéma zapojenia komunikačného modulu 57

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Rozdelenie štandardu Bluetooth do tried:..... 19
Tabuľka 2 Rozdelenie štandardu Bluetooth podľa verzií: 19
Tabuľka 3 Popis pinov Bluetooth Surface Mount AT Modul-u 24

Zoznam príloh

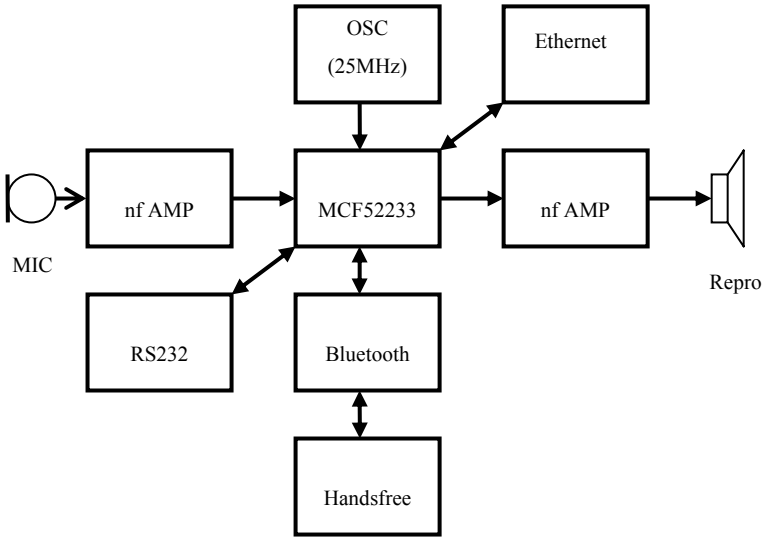
A Podklady pre výrobu DPS komunikačného modulu. 51
B Kompletná schéma zapojenia komunikačného modulu 57
C Zoznam použitých súčiastok.....58

1 Úvod

Cieľom diplomovej práce je navrhnúť zariadenie s mikroprocesorom MCF52233 schopné prenosu zvukových signálov a dát.

Predpokladom je prenos dvoch analógových signálov 0-5V, RS232 a jedného hlasového kanálu.

Zariadenie pozostáva z dvoch dosiek plošných spojov. Prvá, mnou navrhnutá tvorí celkové analógovo – digitálne zapojenie, ktorého hlavnou časťou je samotný A/D a D/A prevodník v MCF52233 a komunikácia medzi jednotlivými digitálnymi časťami. Druhá doska plošných spojov obsahuje Ezurio Bluetooth Surface Mount AT Modul. Je osadená pomocou konektorov na užívateľskú (hlavnú) dosku plošných spojov, ktorá jej okrem napájacieho napätia dodáva všetky potrebné signály pre jej správnu činnosť. Na Obrázku 1 vidíme znázornenú blokovú schému prípravku.

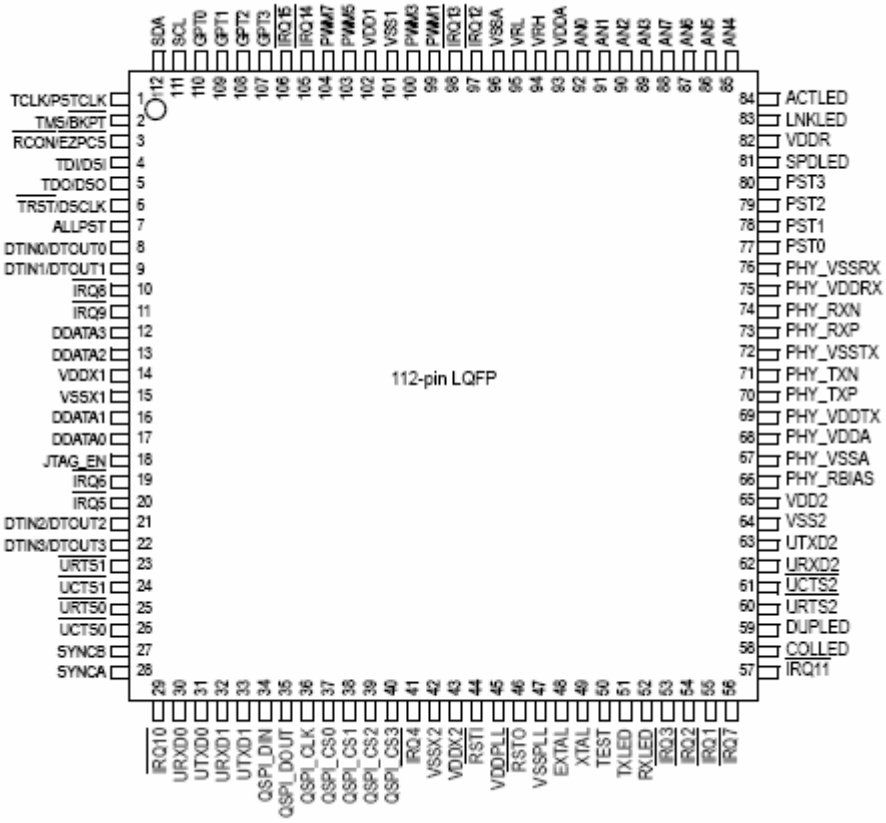


Obrázok 1 Bloková schéma prípravku

2 Teoretický úvod do problematiky riešenia zadania:

2.1 Mikroprocesor Freescale MCF52233:

Srdcom riešenia celého projektu bude mikroprocesor od firmy Freescale MCF52233. Je to prakticky ideálne riešenie vzhľadom k tomu, že má na sebe integrované ethernetové rozhranie, A/D prevodník ,PWM a SPI rozhranie. Na obr. 1 je zobrazený mikroprocesor Freescale MCF52233.



Obr. 1 Vývojový modul s mikroprocesorom MCF52233 [7]

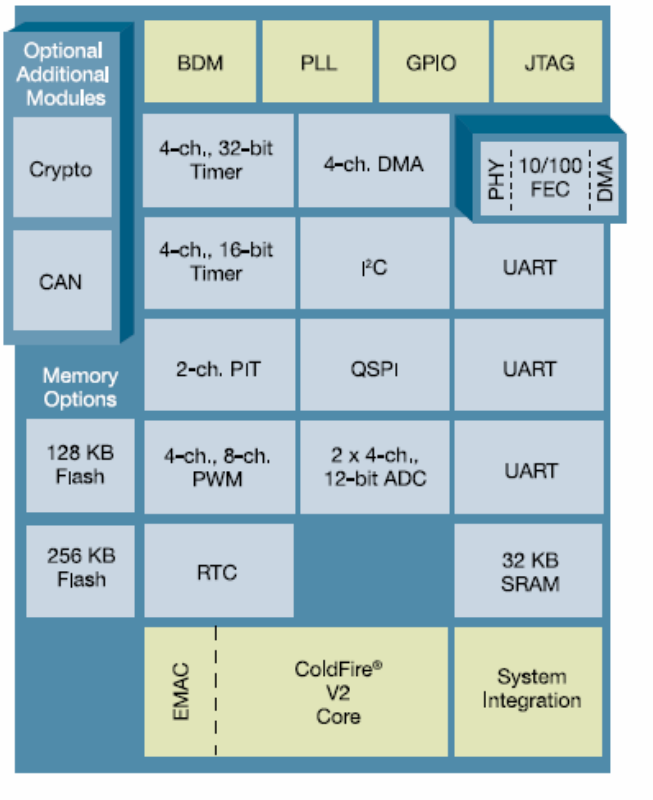
2.1.1 Technická špecifikácia MCF52233:

Jadro	ColdFire v.2 @ 60Mhz
Ethernet port	10/100FEC
Flash pamäť	256KB
SRAM pamäť	32KB

V/V porty	• Cyptographic acceleration unit with random number generator • 4-ch. 32-bit timers with DMA support • 4-ch. 16-bit capture/compare/PWM timers • 2-ch. Periodic Interrupt Timer • 8-ch./8-bit or 4-ch./16-bit PWM timer • 2x4-ch. 12-bit analog-to-digital conv. • Up to 73 GPIO • 3xUART • 1xQSPI • 1xI^2C
Watchdog	áno
Napájanie	3,0 – 3,6 VDC,340mA
Operačná teplota	-40°C do 70°C
Operačná vlhkosť vzduchu	5-95%, nekondenzujúca

Logické úrovne MCF52233:

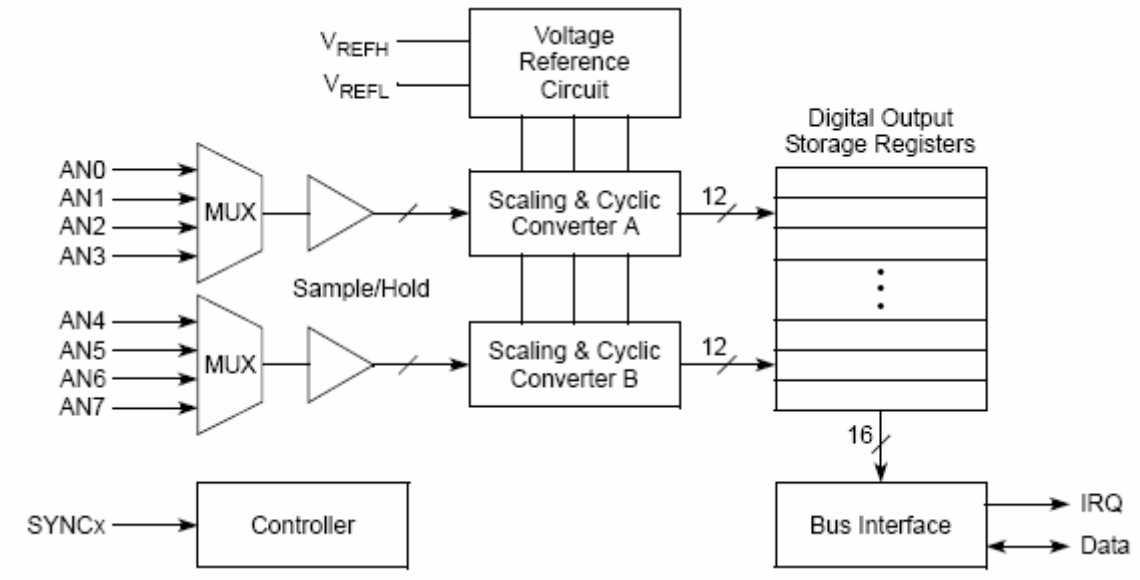
▪ **Logická nula na vstupe max.**	0,35 x V_{CC}
▪ **Logická jednotka na vstupe min**.	0,7 x V_{CC} ,4V max
▪ **Logická nula na výstupe**	0.5V max.
▪ **Logická jednotka na výstupe**	V_{CC} – 0.5V
▪ **Max. V/V prúd/pin**	1mA



Obr. 2 Grafické zobrazenie súčastí MCF52233 [8]

2.1.2 A/D prevodník v MCF52233

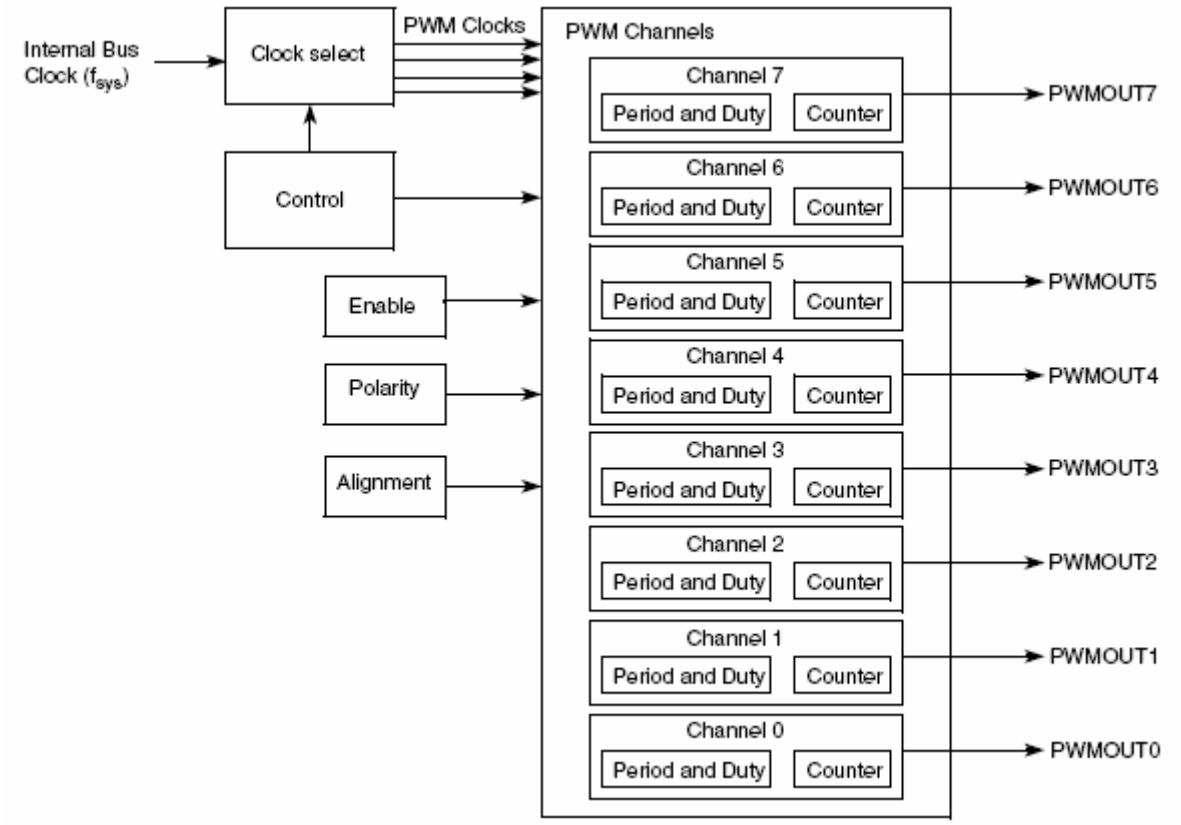
Pre spracovanie A/D signálu bude použitý integrovaný prevodník v MCF52233. Je to 12bit A/D prevodník so 8 vstupmi o rýchlosti 1,66M samplov za sekundu. Výhodou tohto riešenia je to, že je integrovaný rovno v uP, nemusíme riešiť ďalšiu zbernicu a môžeme naň pripojiť rovno 8 analógových vstupov. V našom prípade použijeme len 2. A to jeden analógový vstup 0-5V a vstup z mikrofónu (po dostatočnej úprave). Na obr. 3 je zobrazená bloková schéma A/D prevodníku.



Obr. 3 Bloková schéma A/D prevodníka [7]

2.1.3 PWM v MCF52233

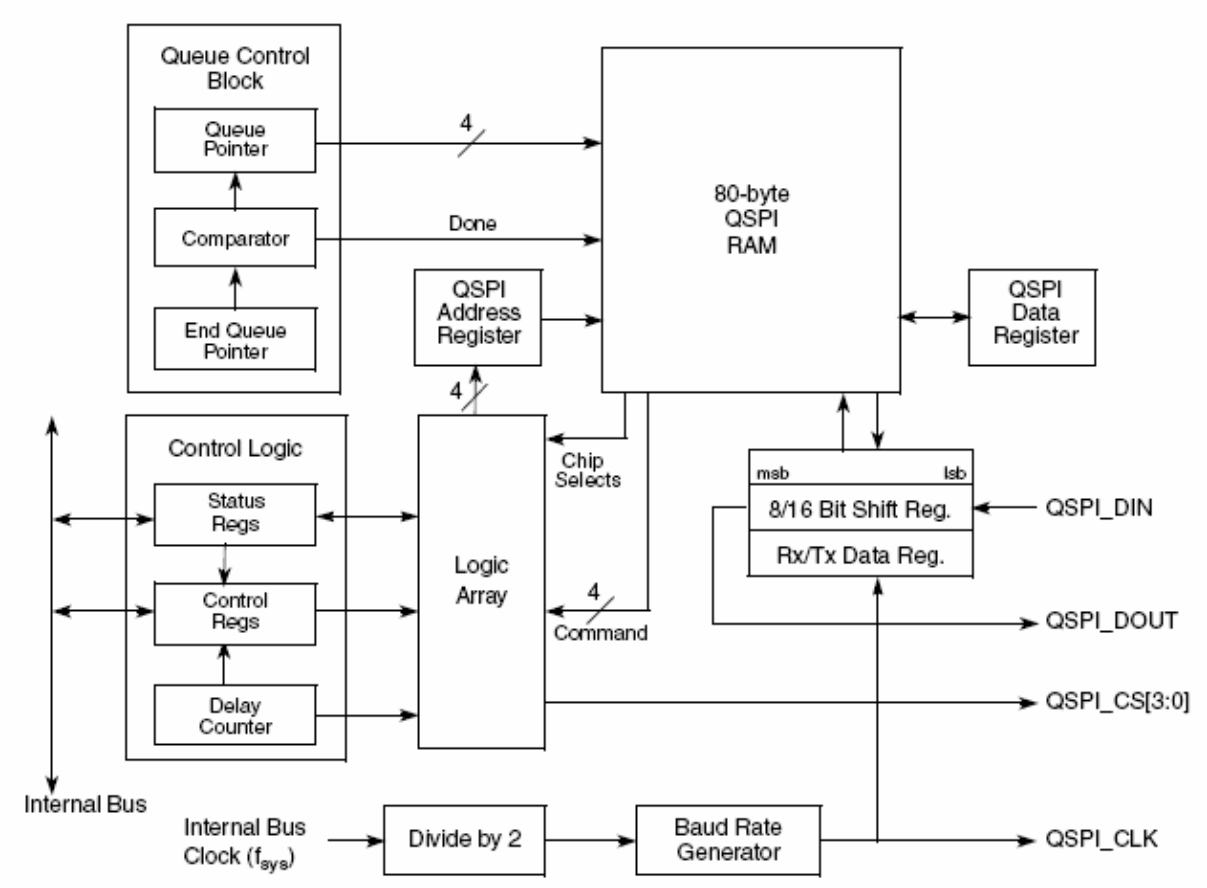
PWM modul sa bude využívať na generovanie D/A signálu pre výstup na reproduktor. PWM modul v MCF52233 ma 8x8bit na sebe nezávislých výstupov a 4 programovateľné zdroje hodín.



Obr. 4 Bloková schéma PWM modulu v MCF52233 [7]

2.1.4 QSPI v MCF52233

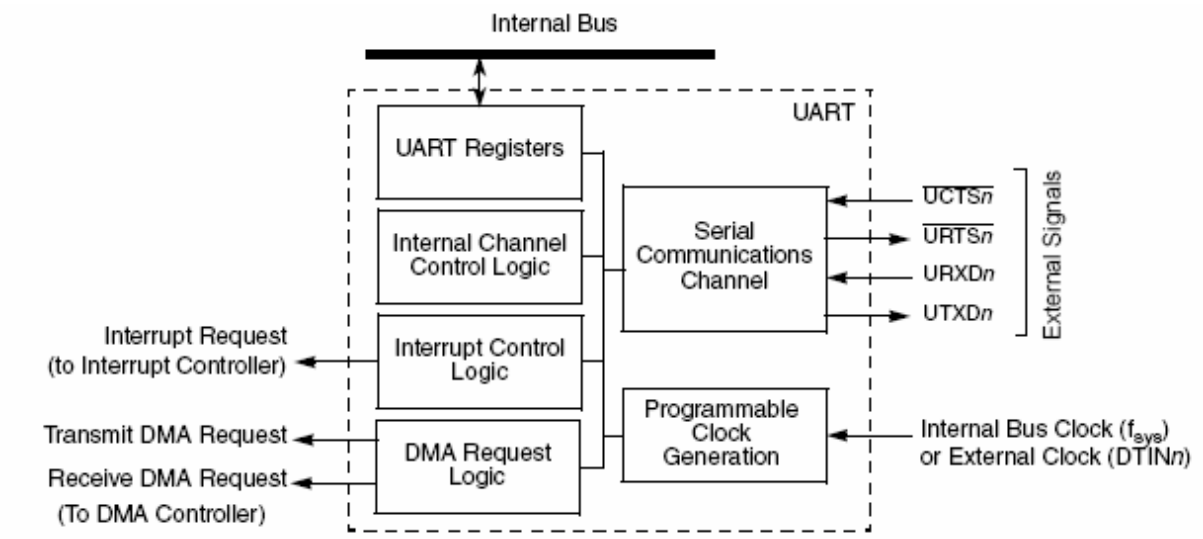
QSPI je skratka pre Queued Serial Peripheral Interface. Je to štandardne SPI s tým rozdielom, že dokáže pracovať len ako master a zariadenia aktivuje pomocou signálu QSPI_CS. Modul dokáže obhospodarovať až 15 zariadení a komunikovať prenosovou rýchlosťou až 15 Mbps při 60 MHz rýchlosti zbernice. Na túto zbernici budú pripojené zariadenia EEPROM a CPLD.



Obr. 5 Bloková schéma QSPI modulu [7]

2.1.5 UART v MCF52233

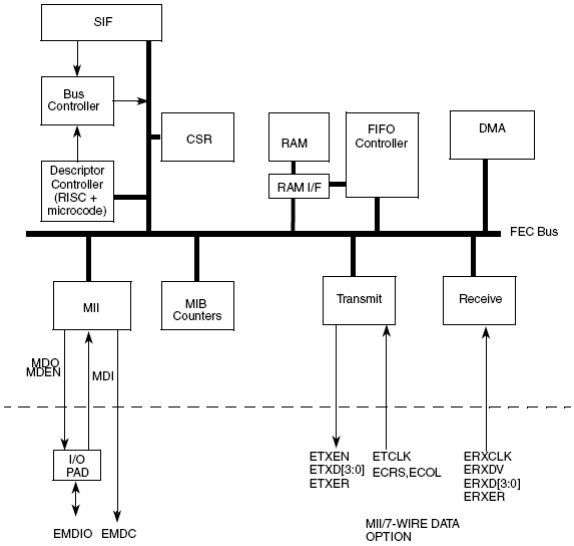
Mikroprocesor MCF52233 obsahuje tri na sebe nezávislé UART porty. Na každom porte je možne zvlášť nadstaviť rýchlosť komunikácie, počet prenesených bitov, paritu, stop bity a spôsob komunikácie. Pravdaže každý z portov UART má možnosť vyvolať DMA prerušenie.



Obr. 6 Bloková schéma UART modulu [7]

2.1.6 Fast Ethernet Controller (FEC) v MCF52233

Výhodou použitého mikroprocesoru je, že má v sebe už integrovaný ethernetový MAC (Media Access Controller). Dané rozhranie je plnohodnotný adaptér podľa normy IEEE 802.3. Môže pracovať v half-duplex alebo full-duplex móde. V našom prípade bude pracovať v half-duplex móde o rýchlosti 10/100Mbit, lebo v zapojení použijeme kryštál o frekvencii 25Mhz. Pravdaže dané rozhranie využíva DMA prerušenia.



Obr. 7 Bloková schéma FEC v MCF52233 [7]

2.2 Bluetooth

Bluetooth je priemyselná špecifikácia pre osobné siete (PAN). Bluetooth umožňuje cestu ako spojiť a vymieňať informácie medzi zariadeniami ako mobilné telefóny, notebooky, počítače, tlačiarne, digitálne kamery, a iné periférie cez celosvetovo licencovanú rádiovú frekvenciu. Špecifikáciu vyvíja a licencuje Bluetooth Special Interest Group.

2.2.1 Rozdelenie Bluetooth

Komunikačný protokol je primárne navrhnutý pre nízku spotrebu energie. Základom tejto komunikácie sú nízkonákladové jednočipové riešenia v každom zariadení. Každé zariadenie môže komunikovať s ostatnými v dosahu, pokiaľ podporujú kompatibilný Bluetooth profil a sú autorizované. Existuje viacero tried ,verzií a profilov tejto komunikácie.

Tabuľka 1 Rozdelenie štandardu Bluetooth do tried:

Trieda	Vyžarovací výkon mW(dBm)	Približný dosah
Trieda1	100 mW (20 dBm)	100 m
Trieda2	2.5 mW (4 dBm)	10m
Trieda2	1 mW (0 dBm)	1m

Pokiaľ sa spáruje zariadenie triedy1 a triedy2, tak sa dosah zariadenia triedy2 zvýši. Je to daná tým, že zariadenie triedy1 má vyššiu citlivosť a vyžarovaný výkon.

Tabuľka 2 Rozdelenie štandardu Bluetooth podľa verzií:

Verzia	Prenosová rýchlosť
Verzia 1.X	1 Mbit/s
Verzia 2.X + EDR	3 Mbit/s
Verzia 3.0	53-480 Mbit/s

2.2.2 História Bluetooth

Bluetooth v. 1.1:

- Ratifikovaný ako štandard IEEE Standard 802.15.1-2002
- Opraveno mnoho chýb zo špecifikácie 1.0b

- Pridaná podpora pre nekryptované kanály
- Pridaný indikátor sily signálu

Bluetooth v. 1.2

- Spätne kompatibilný s Bluetooth v 1.1
- Rýchlejšia detekcia a pripájanie zariadení
- Adaptívne menenie frekvenčných kanálov (AFH)
- Zvýšenie praktickej prenosovej rýchlosti
- Zvýšenie kvality zvuku povolením opätovného vysielania stratených paketov
- Host Controller Interface (HCI) podpora pre 3-vodičový UART
- Ratifikované ako IEEE Standard 802.15.1-2005

Bluetooth v. 2.0

- Spätne kompatibilný s Bluetooth v 1.1
- Trojnásobná prenosová rýchlosť
- Znížená spotreba vďaka redukcii obslužného cyklu
- Zjednodušenie multi-linkových scenárov vďaka zvýšenej priepustnosti

Bluetooth v. 2.1

- Spätne kompatibilný s Bluetooth v 1.1
- Rozšírené informácie pri vyhľadávaní
- Redukované energetické nároky pokiaľ sú zariadenia v tzv. „sniff low-power mode“
- Možnosť obnovovať kryptovací kľúč, pokiaľ je zariadenie dlhšie pripojené ako 23,3h
- Zvýšená bezpečnosť pri párovaní
- NFC kooperácia

Bluetooth v. 3.0

- Zvýšenie priepustnosti až na 480Mbit/s
- Zníženie energetickej náročnosti
- Podpora UWB technológii

2.2.3 Profily Bluetooth

Bluetooth komunikácia funguje na základe komunikačných profilov. Sú to úzko špecializované komunikačné protokoly pre jednotlivé činnosti..

2.2.3.1 Rozdelenie profilov

Advanced Audio Distribution Profile (A2DP)

- Tento profil určuje ako zvuk vo vysokej kvalite je streamovaný medzi jednotlivými zariadeniami. Napríklad hudba z telefónu do sluchátiek.

Audio/Video Remote Control Profile (AVRCP)

- Tento profil je navrhnutý ako štandard pre ovládanie televízie, videa a iných Hi-fi zariadení.

Basic Imaging Profile (BIP)

- Tento profil je určený pre posielanie obrázkov medzi zariadeniami. Obsahuje možnosti konvertovania a zmenenia veľkosti, aby boli akceptovateľné danými zariadeniami.

Basic Printing Profile (BPP)

- Tento profil umožňuje posielať úlohy do tlačiarní.

Common ISDN Access Profile (CIP)

- Tento profil je určený pre ISDN zariadenia.

Cordless Telephony Profile (CTP)

- Tento profil je určený pre mobilné telefóny ktoré by doba namiesto využívania GSM pripojenia využívali doma Bluetooth pripojenie k napr. pevnej linke.

Device ID Profile (DID)

- Tento profil umožňuje identifikáciu pripojeného zariadenia. Ako napríklad výrobcu, identifikáciu a verziu zariadenia.

Dial-up Networking Profile (DUN

- Tento profil umožňuje prístup na internet a iné služby pomocou dial-up protokolu.

Fax Profile (FAX)

- Tento profil umožňuje poslať fax cez počítač ku ktorému je pripojené faxovacie zariadenie.

File Transfer Profile (FTP)

- Tento profil umožňuje prístup k súborovému systému iného zariadenia.

General Audio/Video Distribution Profile (GAVDP)

- Je to základný protokol pre prenos zvuku alebo videa. Podporuje A2DP a VDP.

Generic Access Profile (GAP)

- Je to základný protokol pre všetky profily.

Generic Object Exchange Profile (GOEP)

- Je to základný protokol pre súborové profily.

Hard Copy Cable Replacement Profile (HCRP)

- Je to jednoduchá náhrada kabelu medzi tlačiarňou a zariadením.

Hands-Free Profile (HFP)

- Tento profil umožňuje komunikáciu medzi hands-free a telefónom v autách.

Human Interface Device Profile (HID)

- Tento profil poskytuje podporu pre počítačové zariadenia ako myš a klávesnica.

Headset Profile (HSP)

- Tento profil umožňuje komunikáciu medzi headset a telefónom.

Intercom Profile (ICP)

- Tento profil umožňuje hlasovu komunikáciu medzi dvoma zariadeniami na spôsob vysielačiek.

LAN Access Profile (LAP)

- Tento profil umožňuje prístup na internet, LAN alebo WAN.

Object Push Profile (OPP)

- Je to základný protokol pre posielanie napr. obrázkov.

Personal Area Networking Profile (PAN)

- Tento profil umožňuje prístup na internet, LAN alebo WAN.

Phone Book Access Profile (PBAP)

- Tento profil umožňuje výmenu objektov v telefónnom zozname v zariadeniach.

Serial Port Profile (SPP)

- Tento profil emuluje sériový port RS232.

Service Discovery Profile (SDP)

- Tento profil je používaný na vyhľadávanie profilov, kt. dané zariadenie podporuje.

SIM Access Profile (SAP, SIM)

- Tento profil sa používa na priamy prístup k SIM karte v telefóne.

Synchronisation Profile (SYNCH)

- Tento profil sa používa na synchronizáciu dát telefónu a počítača.

Video Distribution Profile (VDP)

- Tento profil umožňuje stream videa.

Wireless Application Protocol Bearer (WAPB)

- Tento profil sa používa pre prístup na WAP.

2.2.4 Ezurio Bluetooth Surface Mount AT Modul

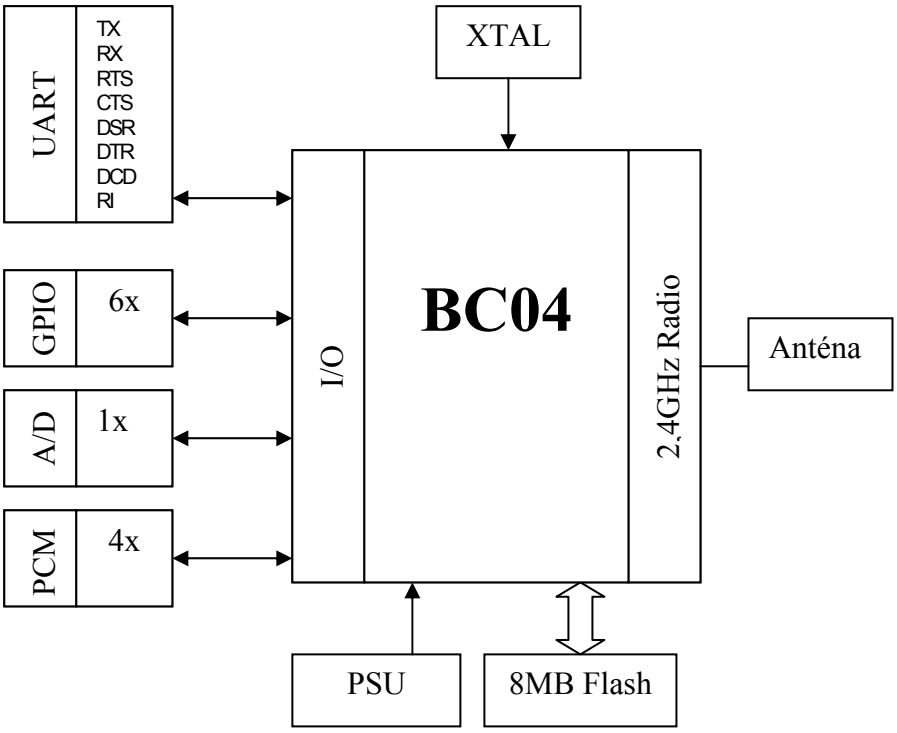
Pre Bluetooth komunikáciu použijeme Bluetooth Surface Mount AT Modul od firmy Ezurio. Výhodou tohto riešenia je to, že už má naprogramovaný protokol a ovláda sa pomocou AT príkazov.

Obr. 8 Bluetooth Surface Mount AT Modul [13]

2.2.4.1 Technická špecifikácia Bluetooth Surface Mount AT Modulu

Bluetooth trieda	Trieda 1
Bluetooth verzia	Bluetooth 2.0
Vysielacia vzdialenosť	250 metrov (voľný priestor)
Frekvenčný rozsah	2.400 – 2.485 GHz
Max. vysielací výkon	+6dBm
Min. vysielací výkon	-27dBm
Citlivosť	> -86dB
Max. prenosová rýchlosť	300Kbps skrz UART.
Napájacie napätie	3.3V – 7.0V
Max. odoberaný prúd	36 mA
Multipoint	max. 7 zariadení
Podporované profily	SPP (Full), DUN, Audio Gateway, Headset, Handsfree
Pracovná teplota	-40°C až +85°C
Rozmery	17.7mm x 46.0mm x 5.0mm

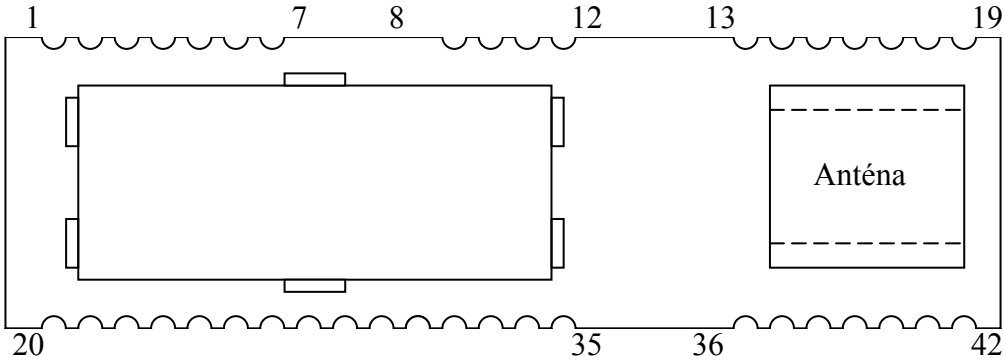
- Podporuje signály DTR, DSR, DCD, RI, RTS, CTS
- Integrovaný A/D prevodník
- Podpora PCM rozhrania



Obr. 9 Bloková schéma Bluetooth Surface Mount AT Modul-u

Tabuľka 3 Popis pinov Bluetooth Surface Mount AT Modul-u

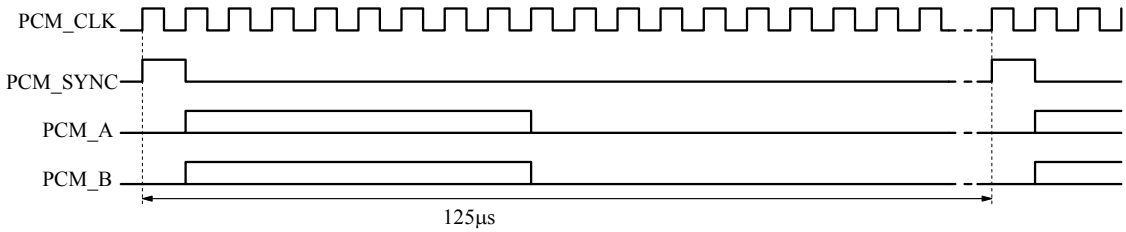
1	VCC		**2**	USB /RESERVED	Do not connect
3	USB /RESERVED	Do not connect	**4**	GND	
5	RESET-	Reset I/P *	**6**	GPIO_6	I/O for Host
7	GPIO_7	I/O for Host	**8-19**	N/C	Do not Connect
20	GND		**21**	UART_DCD	I/O for Host
22	UART_RI	I/O for Host	**23**	UART_RTS	Request to Send O/P
24	UART_RX	Receive Data I/P	**25**	UART_CTS	Clear to Send I/P
26	UART_TX	Transmit Data O/P	**27**	UART_DTR	I/O for Host
28	UART_DSR	Input	**29**	GND	
30	PCM_SYNC	PCM Sync I/P	**31**	PCM_IN	PCM Data I/P
32	PCM_CLK	PCM Clock I/P	**33**	PCM_OUT	PCM Data O/P
34	GPIO_9	I/O for Host	**35**	GPIO_5	I/O for Host (LED2)
36	GPIO_4	I/O for Host (LED1)	**37**	Analogue_0	ADC
38	GPIO_8	I/O for Host	**39-42**	N/C	Do not connect



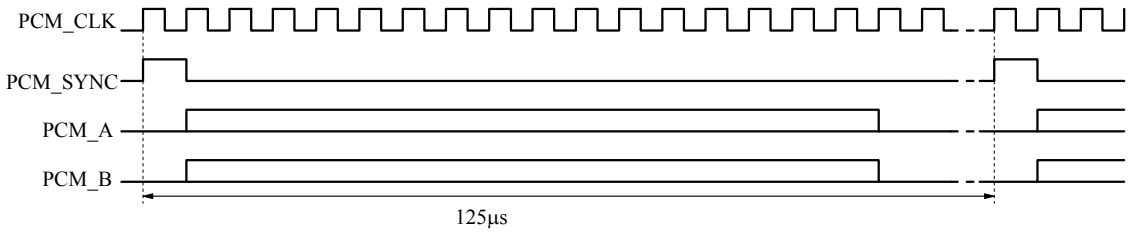
Obr. 10 Popis pinov Bluetooth Surface Mount AT Modul-u

2.3 PCM komunikácia

Bluetooth zariadenia používajú na prenos zvuku PCM kodek. Poznáme viacero druhov PCM kodekov a to CVDS(13-16bbit),A-Law(8bit) a μ-Law(8bit). PCM zbernica komunikuje pomocou štyroch vodičov : PCM_CLK, PCM_SYNC, PCM_A a PCM_B.



Obr. 11 Časový diagram komunikácie A-Law, μ-Law kodeku

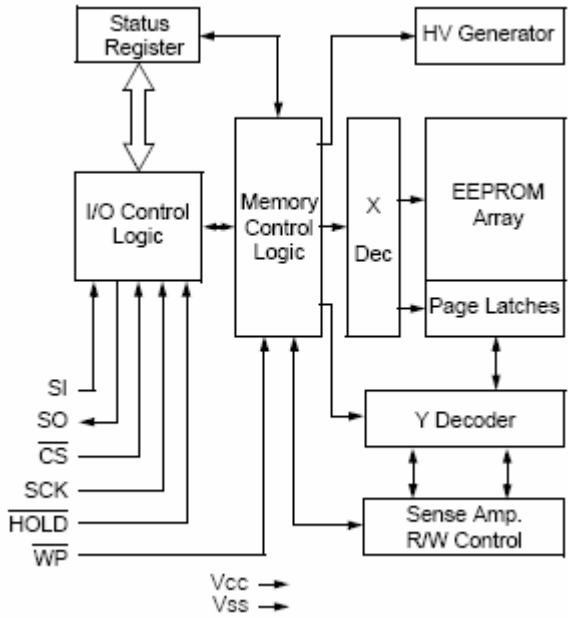


Obr. 12 Časový diagram komunikácie CVDS kodeku

Bluetooth modul používa A-law kodek, pravdaže je možné kodek v nadstaveniach zmeniť. Frekvencia PCM_CLK je typicky 2MHz a PCM_SYNC je 8kHz. V našom prípade bude mať PCM_CLK frekvenciu 256kHz, PCM_SYNC frekvenciu 8kHz a budeme používať kodek A-Law o dĺžke 8 bitov.

2.4 SPI EEPROM

Na ukladanie dynamických informácií ako sú TCP/IP nadstavenia a web rozhranie sa bude používať sériová, 256kb SPI EEPROM 25LC256. Výhoda tohto riešenia je vo využití integrovaného SPI rozhrania v uP. Keďže celé zapojenie funguje na 3,3V, frekvencia SPI_CLK nepresiahne 5MHz. Reakčná doba EEPROM je približne 100ns, čo je dostatočná hodnota pre bezproblémové ukladanie informácií.



Obr. 13 Bloková schéma vnútorného usporiadania SPI EEPROM [6]

Daná súčiastka sa ovláda pomocou šiestich vstupov. Pomocou vstupu SI sa načítavajú informácie z SPI zbernice. Pomocou výstupu SO sa posielajú informácie na zbernicu. Pin CS slúži na aktivovanie EEPROM. Vstup SCK je hodinový signál na SPI zbernici. HOLD slúži k pozastaveniu komunikácie a WP chráni dáta v pamäti proti prepísaniu.

2.5 TC2117

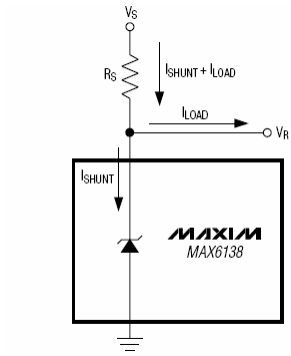
Pre napájanie celého systému použijeme vysoko presný analógový stabilizátor TC2117. Daný stabilizátor je primárne určený na napájanie procesorov a hradlových polí, takže je pre naše zapojenie ideálny. Vyrába sa v dvoch puzdrách, v zapojení je použité puzdro SOT 223,ktoré je zobrazené na obr. 14.

Obr. 14 Púzdro stabilizátora TC2117

Keďže stabilizátor je smd puzdre, má dosť limitovaný výstupný prúd a vstupné napätie. Maximálny odber TC2117 je 800mA a pri vstupnom napätí 5,5V.

2.6 MAX6138

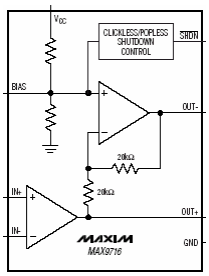
V zadaní diplomovej práce je požiadavok na prevod analógového signálu na digitálny. Danú činnosť nám vykonáva integrovaný ADC v mikroprocesore. Ako každý prevodník,aj tento potrebuje napäťový normál. Keďže potrebujeme naozaj presné hodnoty tak nám napájacie napätie ako referencia nestačí. Preto je tu napäťový normál MAX6138 s presnosťou 0,1%,čo je dostatočne presná hodnota pre naše zapojenie.



Obr. 15 Typické zapojenie Max6138 [1]

2.7 MAX9716

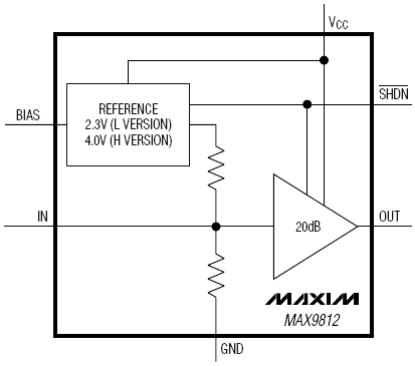
Obvod MAX9716 je zvukový zosilňovač primárne určený pre mobilné zariadenia. Jeho primárna výhoda je v tom, že potrebuje minimálny počet externých súčiastok a je v malom puzdre. Výkon zosilňovača je pri napájacom napätí 3,3V a záťaži 8 Ω približne 350mW,zkreslenie signálu je pod 1%.



Obr. 16Bloková schéma MAX9716 [2]

2.8 MAX 9812L

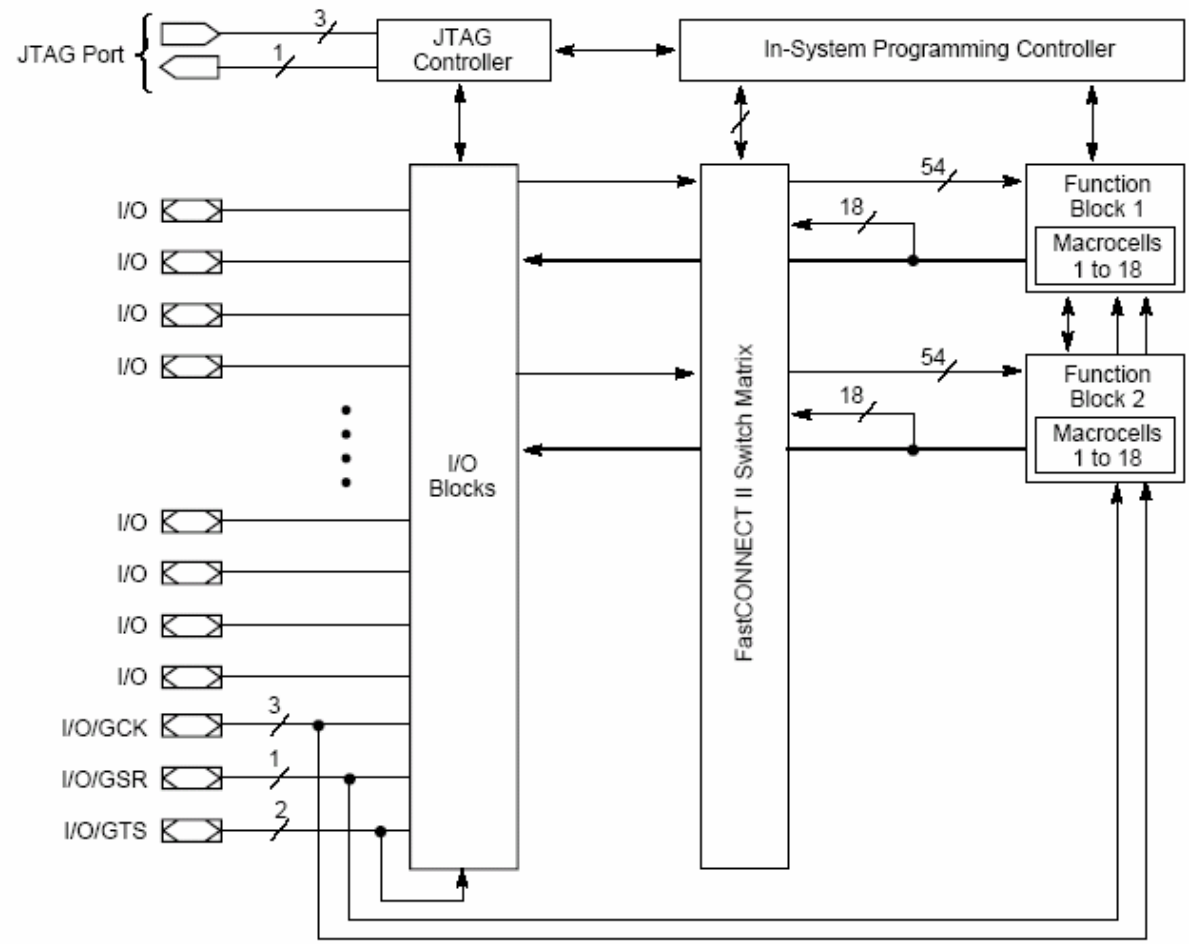
Na zosilenie vstupu z mikrofónu použijeme integrovaný obvod MAX 9812L. Je to low-power verzia obvodu MAX 9812 a je optimalizovaný pre 3,3 voltu. Jeho výhodou je, že šetrí počet externých súčiastok a nemusíme pre tento obvod mať zvlášť napájanie. Súčiastka je primárne určená pre PDA a iné mobilné zariadenia. Má pevne nadstavený 20dB zisk. ďalšou výhodou je, že má v sebe už integrovaný filter.



Obr. 17 Bloková schéma MAX9812 [3]

2.9 CPLD XC9572L

CPLD od firmy Xilinx slúži v zapojení ako prekladač medzi SPI a PCM zbernicou. CPLD je je programovateľné hradlové pole o veľkosti 72 makrobuniek. Jeho výhodou je, že dosahuje rýchlosti až 178MHz ,čo je ďaleko dostačujúca rýchlosť na prekladanie medzi zbernicami a low-power verzia podporuje napájanie 3,3V napájanie.



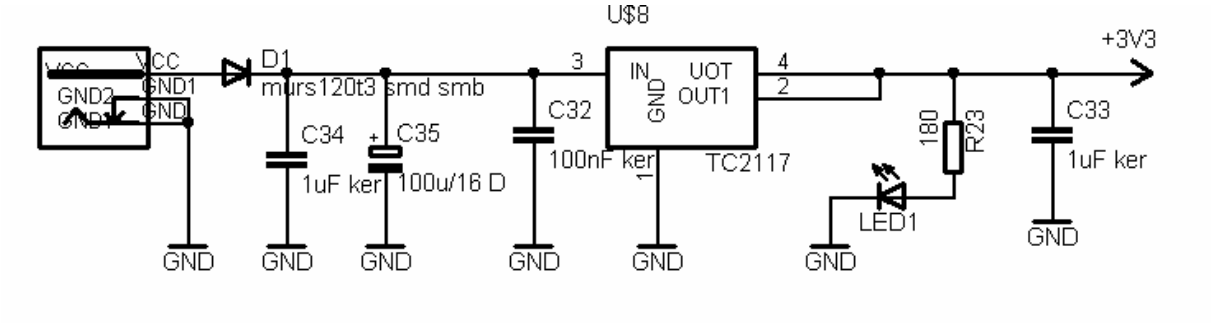
Obr. 18 Bloková schéma CPLD [4]

3 Praktická realizácia diplomovej práce

Dosky plošného spoja v praktickej časti sú kreslené v programu Eagle. Väčšina súčiastok sú vysoko integrované obvody ktoré potrebujú iba minimum externých súčiastok. V centru plošného spoja je umiestnený mikroprocesor, ktorý ovláda všetky časti modulu. Návrh je obojstranný, pričom vrchná strana je strana súčiastok a na spodnej strane je umiestnené napájanie a zem.

3.1 Napájacia časť komunikačného modulu

Na stabilizáciu 3,3V vetve som použil stabilizátor TC2117. K tomuto výberu ma viedli dve veci. Za prvé kvôli puzdre SOT 223 a potom vďaka nízkemu šumu. Na Obr. 19 je schéma zapojenia okolitých súčiastok. Jak je vidieť z schémy zapojenia, tak vstup nestabilizovaného napájacieho napätia je vyvedený na konektor U$7. Dióda D1 slúži k tomu aby sa na vstup náhodou nepriviedlo napätie opačnej polarity. Kondenzátory C32 a C33 slúžia k tomu, aby stabilizátor nezačal kmitať. Kondenzátory C34 a C34 slúži na vyfiltrovanie priebehu. Rezistor R23 slúži ako prúdové obmedzenie pre led diódu LED1,ktorá signalizuje funkčnosť napájacej časti.



Obr. 19 Schéma napájacej časti

Pravdaže ako u každého zdroja, sa musí spočítať maximálny prúdový odber jednotlivých súčastí pri plnom zaťažení.

- **CPLD**

$$I_{CC} = \frac{MC_{HP}}{2} + \frac{MC_{LP}}{3} + MC * (0.0045 / f) * f$$

$$I_{CC} = \frac{42}{2} + \frac{30}{3} + 72 * (0.0045mA / 5MHz) * 5MHz$$

$$I_{CC} = 32mA$$

- **LED**

$$I_{CC} = \frac{U}{R}$$

$$I_{CC} = \frac{2.6V}{180\Omega}$$

$$I_{CC} = 14{,}4mA$$

- **Bluetooth Surface Mount AT Modul**

$$I_{CC} = 36mA$$

- **MAX 9716**

$$I_{CC} = \frac{P\max}{U_{CC}}$$

$$I_{CC} = \frac{0.35W}{3.3V}$$

$$I_{CC} = 106mA$$

- **MAX 9812L**

$$I_{CC} = 1mA$$

- **MCF52233**

$$I_{CC} = 350mA$$

<u>Takže celkový odber zapojenia je:</u>

$$I_{CC} = 1.1*(I_{CPLD} + I_{LED} + I_{Bluetooth} + I_{MAX9716} + I_{MAX9812} + I_{MCF52233})$$
$$I_{CC} = 1.1*(32mA + 14{,}4mA + 36mA + 106mA + 1mA + 350mA)$$
$$I_{CC} = 1.1*(539{,}4mA)$$
$$I_{CC} = 594{,}34mA$$

Stabilizátor má povolený maximálny odber 800mA. Z toho vyplýva, že je ešte 206,66mA rezerva aj s koeficientom 1.1, čo predstavujú straty v zapojení, na kondenzátoroch, rezistoroch a iných súčiastkach, čo majú zanedbateľný odber. Ako na každom analógovom stabilizátore aj na TC2117 vznikajú straty. Straty sú definované ako násobok prechádzajúceho prúdu a rozdielu napájacieho a stabilizovaného napätia. Z toho vyplýva:

$$P = I * \Delta U$$
$$P = 0.59A*(5V - 3{,}3V)$$
$$P = 0.59A*1.7V$$
$$P = 0.99W$$

Na Obr. 20 vidíme časť PCB kde je umiestnený stabilizátor. Plocha medi na ktorú je položený má povrch 180mm^2 a z opačnej strany je meď prakticky rozliata po celom plošnom spoji. Z Datasheetu sa dá vyčítať , že pri daných parametroch a puzdre SOT 223 je termálna rezistancia 59°C/W. Pri dosadení do rovnice dostaneme:

$$\tau_{DIE} > P * \theta_{SOT223} + \tau_{okolia}$$
$$123°C > 0.99W * 59°C/W + 30°C$$
$$123°C > 58°C + 30°C$$
$$123°C > 88°C$$

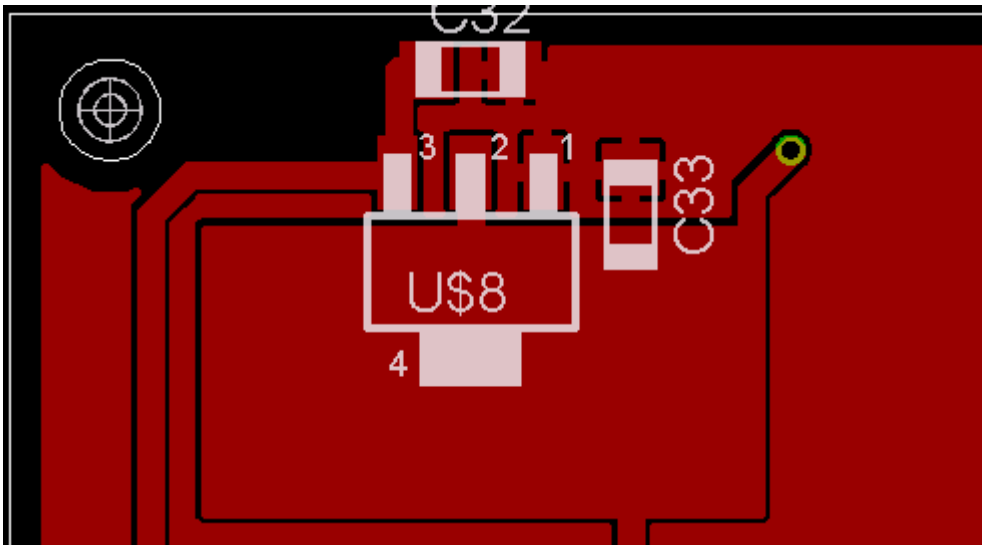
τ_{DIE} - kritická teplota súčiastky

P- Stratový výkon

θ_{SOT223} - termálna rezistancia

τ_{okolia} - teplota okolia

Z danej rovnice vyplýva, že teplota súčiastky sa bude pohybovať okolo 88°C, čo je hlboko pod kritickou teplotou určenou výrobcom.

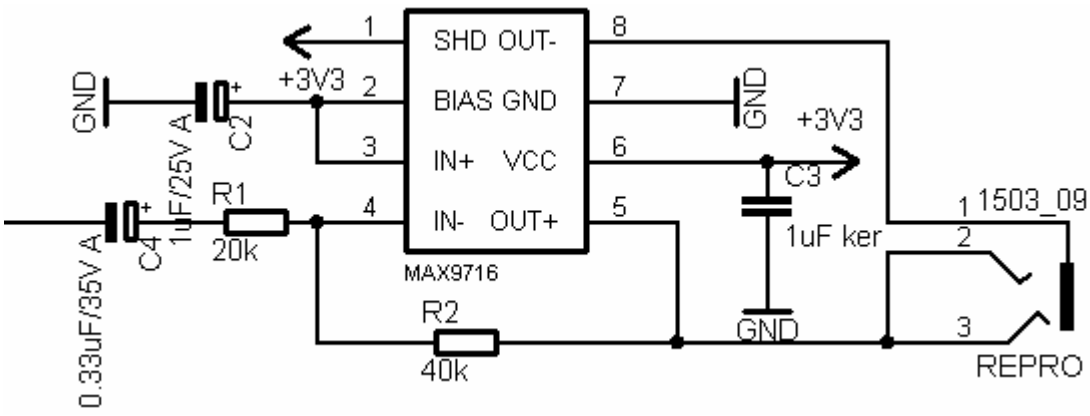


Obr. 20 Výrez PCB kde je umiestnený stabilizátor v mierke 40:1

3.2 Zosilňovač audio výstupu

Na zosilenie audio výstupu z PWM procesora som použil integrovaný obvod MAX9716. Je to obvod určený pre mobilné zariadenia s nízkym odberom a minimálnym

počtom externých súčiastok. Preto ušetríme plochu na doske plošného spoja. Na Obr. 21 vidíme schému zapojenia obvodu MAX 9716 s externými súčiastkami.



Obr. 21 Schéma zapojenia externých súčiastok MAX9716

Kondenzátor C3 slúži na vyfiltrovanie napájacieho napätia, C4 pôsobí ako väzobný kondenzátor. Rezistory R1 a R2 slúžia na nadstavenie zisku zosilňovača. Kapacitor C2 nadstavuje jednosmernú zložku napätia na výstupe. Konektor „REPRO“ je štandardný mono 3,5mm JACK. Pravdaže R1 a C1 plnia aj funkciu vstupného filtru na odfiltrovanie jednosmernej zložky.

Pravdaže hodnoty každej súčiastky sa musia spočítať:

- **Rezistory pre 12dB zisk, R1 = 20kΩ:**

$$A_{12} = 2 * \left(\frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$A_{12} = 2 * \left(\frac{R_2}{20\text{k}\Omega} \right)$$

$$2 = \left(\frac{R_2}{20\text{k}\Omega} \right) \Rightarrow R_2 = 40\text{k}\Omega$$

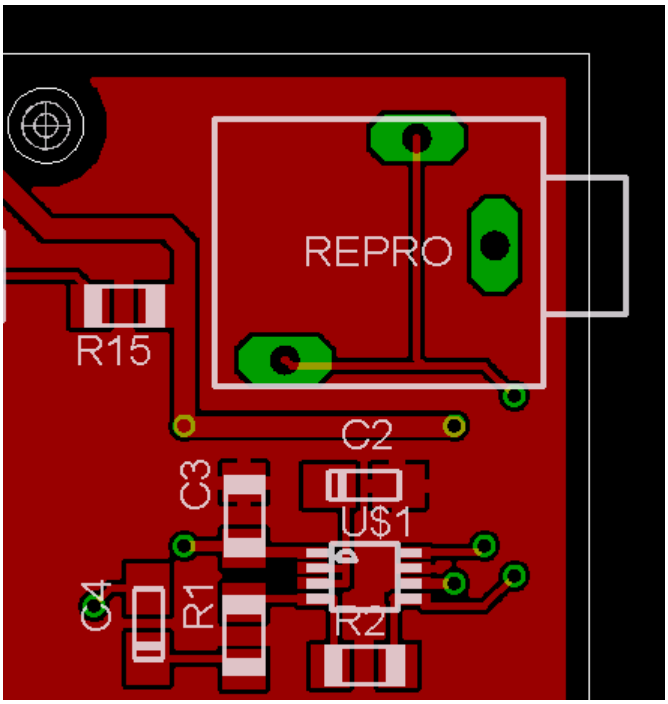
- **Výpočet kondenzátoru C4 vo vstupnom filtre:**

$$F_{-3dB} = \frac{1}{2\pi R_1 C_4}$$

$$F_{-3dB} = \frac{1}{2 * 3.1415 * 20\text{k}\Omega * C_4}$$

$$F_{-3dB} = \frac{1}{2 * 3.1415 * 20\text{k}\Omega * C_4} \Rightarrow C_4 = 0.33\mu\text{F}$$

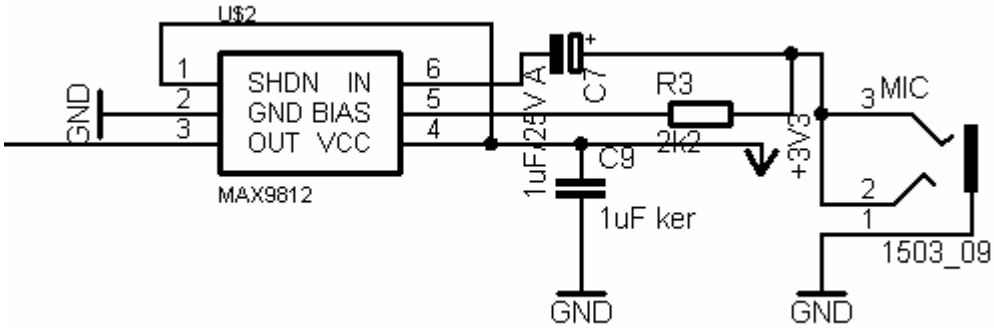
Na Obr. 22 máme ukážku časti DPS s zosilňovačom. Kvôli rušeniu a parazitným javom sú súčiastky čo najbližšie k puzdre.



Obr. 22 DPS plošného spoja kde je umiestnený MAX9716 v mierke 30:1

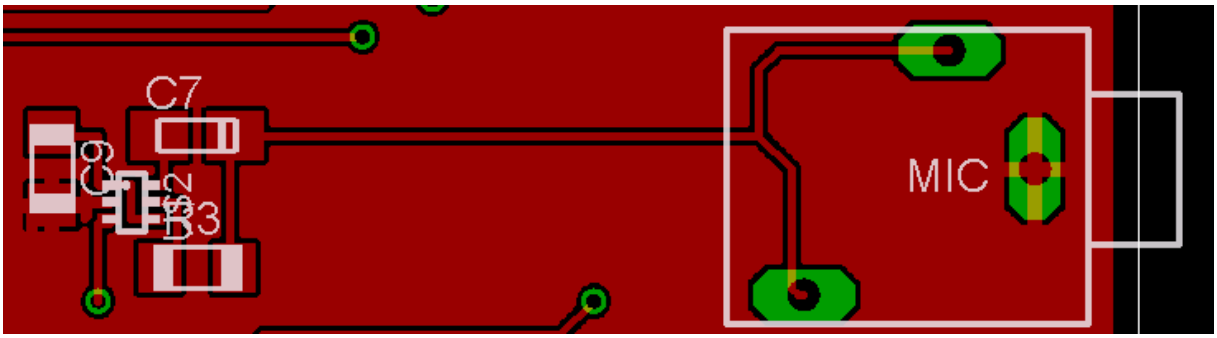
3.3 Zosilňovač audio vstupu

Na zosilenie audio vstupu z mikrofónu som vybral monolitický zosilňovač MAX 9812. Tento obvod je zase určený pre mobilné zariadenia a vyžaduje minimálny počet externých súčiastok, a verzia „L“ funguje s napájacím napätím 3,3V. Na Obr. 23 vidíme schému zapojenia MAX 9812.



Obr. 23 Schéma zapojenia MAX9812

Kondenzátor C9 slúži na vyfiltrovanie napájacieho napätia, R3 a C7 plnia funkciu nadstavenia jednosmernej zložky na vstupe. Konektor „MIC“ je štandardný mono 3,5mm JACK kompatibilný so zapojením mikrofónov určených pre počítače.

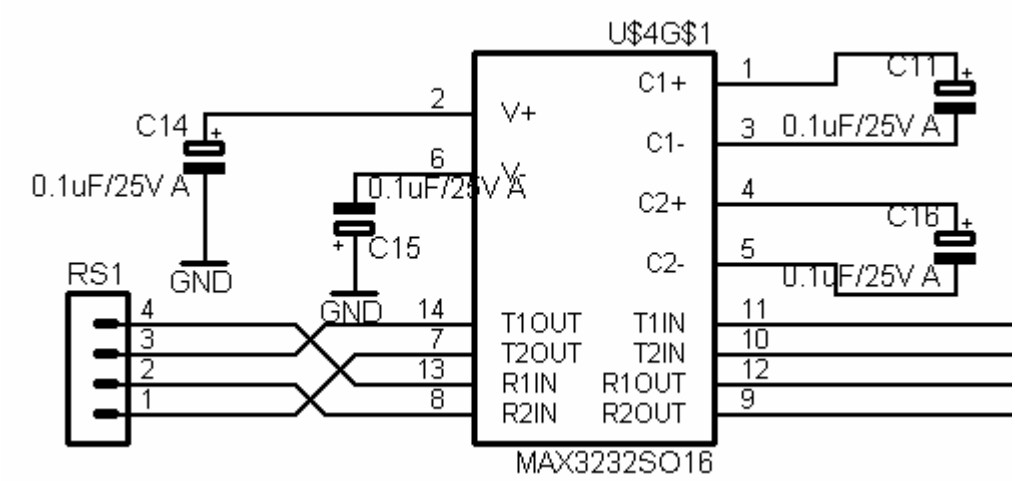


Obr. 24 DPS plošného spoja kde je umiestnený MAX9812 v mierke 30:1

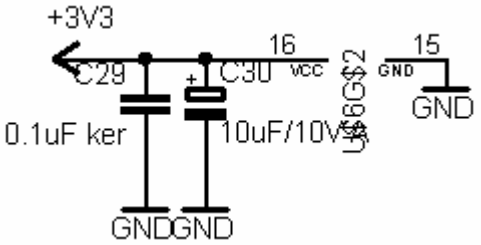
Na Obr. 24 máme ukážku časti DPS s zosilňovačom MAX9812. Kvôli rušeniu a parazitným javom sú súčiastky čo najbližšie k puzdre.

3.4 Prevodník medzi RS232 a UART

K tomuto účelu slúžia už notoricky známe obvody MAX23* a MAX32*. V našom prípade je použitý obvod MAX3232 ktorý je určený pre napájacie napätie 3,3V. Na Obr. 25 a 26 vidíme schému zapojenia MAX 3232.

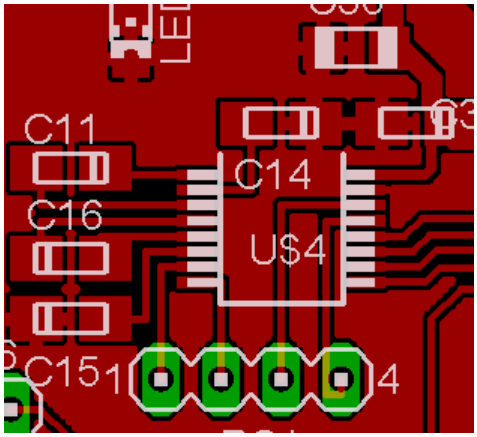


Obr. 25 Schéma zapojenia obvodu MAX3232



Obr. 26 Napájacia časť MAX3232

Jak je z Obr. 25 vidieť, tak čip používa 4 kondenzátory. C14 a C15 slúžia ako plávajúce kondenzátory pre nábojovú pumpu a C16,C11 sú rezervné kapacitory pre generáciu kladného a záporného napätia. Na Obr. 26 je schéma zapojenia napájacie časti kde kondenzátory C29 a C30 slúžia na vyfiltrovanie napájacieho napätia. Konektorom RS1 sú vyvedené RS232 V/V porty a tvoria ho štyri piny s roztečou 2,54mm.

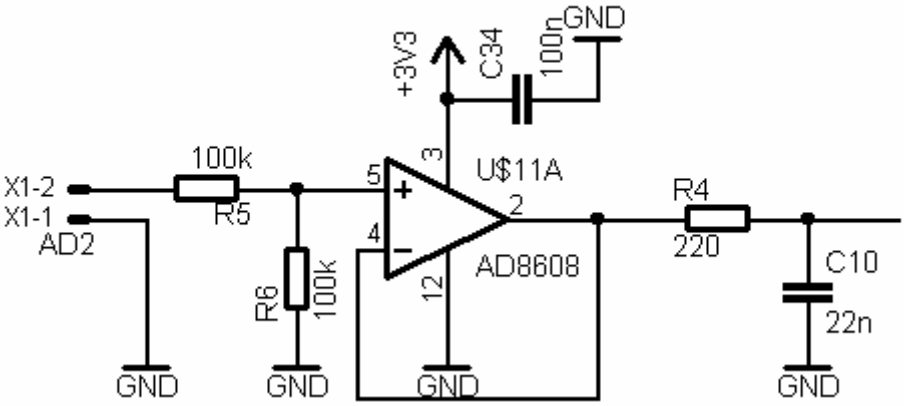


Obr. 27 Ukážka časti DPS s MAX3232 v mierke 30:1

Na Obr. 27 máme ukážku časti DPS s zosilňovačom. Kvôli rušeniu a parazitným javom sú súčiastky čo najbližšie k puzdre.

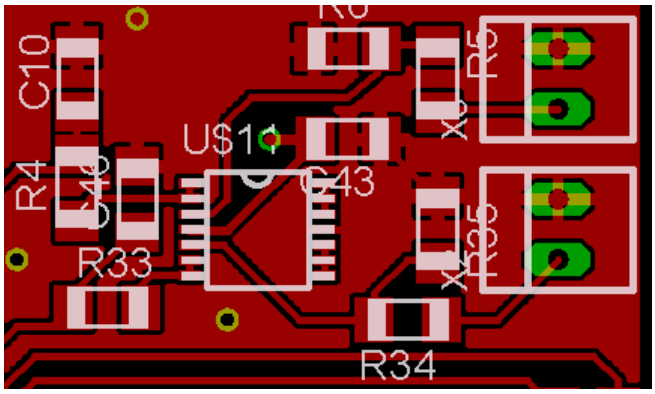
3.5 A/D prevodník signálu 0-5V

Problém vo vzorkovaní daného signálu je ten, že A/D prevodník v mikroprocesoru má rozsah 0-V_{CC}, z toho vyplýva, že daný signál je mimo povolený napäťový rozsah. Kvôli tomuto rozporu sa musí vstup špeciálne upraviť. Na Obr. 28 vidíme schému zapojenia upraveného vstupu.



Obr. 28 Schéma zapojenia upraveného vstupu ADC

Upravený vstup sa skladá z odporového deliča, operačného zosilňovača a filtra. V schéme vidíme zapojený AD8608,čo je integrovaný čip so štyrmi OZ. V našom prípade využívame iba dva a ďalšie dva majú spojené výstupy, aby nespôsobovali rušenie. Kondenzátor C43 slúži na vyfiltrovanie napájacieho napätia. Rezistor R5 a R6 sú rezistory odporového deliča, ktorý znižuje vstupné napätie. OZ slúži na eliminovanie zvodového prúdu na pine ADC a tým aj možného napäťového úbytku na deliči. Kondenzátor C10 slúži na vyfiltrovanie výstupu OZ. Rč slúži ako ochranný rezistor na vstupe ADC.

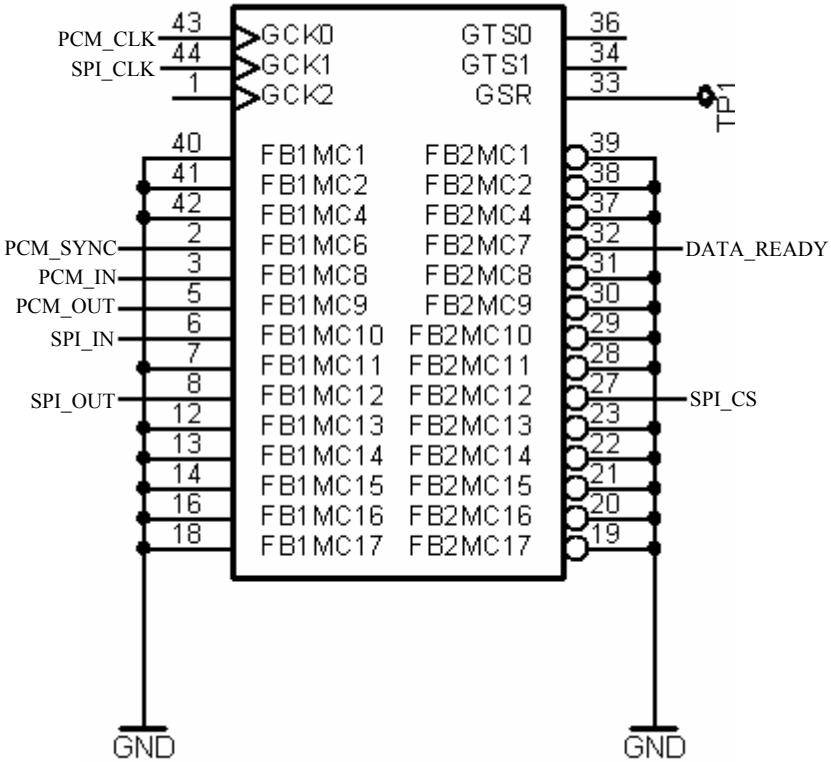


Obr. 29 Ukážka časti DPS s AD prevodníkom v mierke 30:1

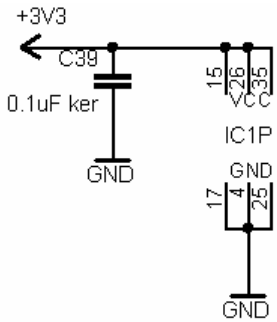
Na Obr. 29 máme ukážku časti DPS s zosilňovačom. Kvôli rušeniu a parazitným javom sú súčiastky čo najbližšie k puzdre. Vstupy AD prevodníku sú vyvedené na dva krát dva piny so zámkom a roztečou 2,54mm. Zámok slúži ako ochrana proti prepólovaniu vstupu.

3.6 CPLD

CPLD XC9572 slúži v zapojení ako prekladač medzi SPI a PCM zbernicou. Kvôli využití malého počtu V/V portov som použil puzdro s iba 44 nožičkami. Ďalšou výhodou je minimálny počet externých súčiastok a odolnosť proti rušeniu. Na Obr. 30 a 31 vidíme schému zapojenia CPLD.

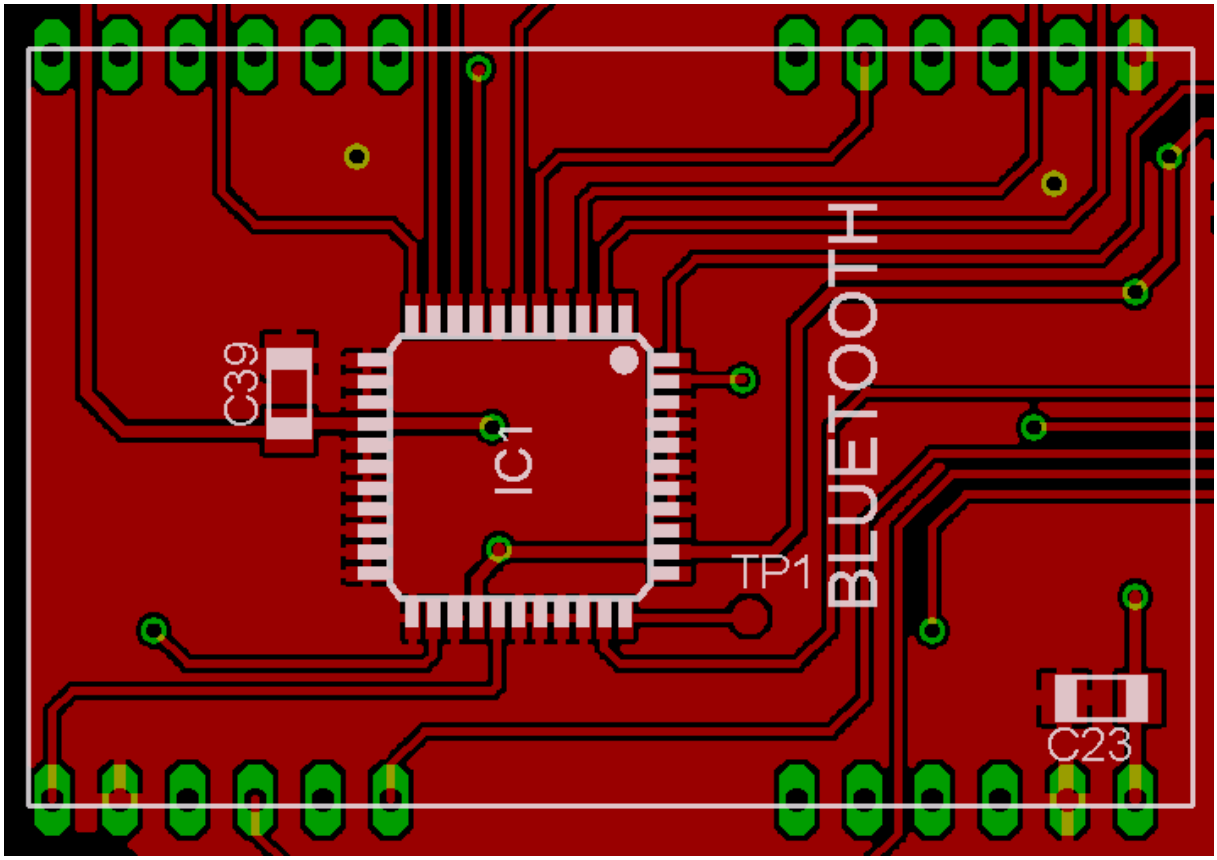


Obr. 30 Schéma zapojenia CPLD



Obr. 31 Schéma zapojenia napájania CPLD

Na Obr. 31 je vidieť kondenzátor C39 ktorý slúži ako filtračný kapacitor pre napájacie napätie. Na Obr. 30 je vidieť zapojenie cpld puzdra. Piny, ktoré niesu využívané, sú pripojené na zem, kvôli lepšej stabilite súčiastky. Na výstup CSR bol pripojený testpoint, ktorý môže napríklad slúžiť napríklad pri zisťovaní behu komunikácie. Brány GCK2,GTS0,GTS1 zostali nezapojené. Na Obr.32 je vidieť ukážku časti DPS. Kvôli rušeniu je kondenzátor C39 čo najbližšie k puzdre, ktoré je umiestnené pod bluetooth modul z dôvodu ušetrenia miesta.



Obr. 32 Ukážka časti DPS s CPLD v mierke 30:1

3.6.1 Zdrojový kód programu na obsluhu CPLD

Zdrojový kód je písaný vo vhdl jazyku.

```
-----------------------------------------------------------------------------
library IEEE;            //definovanie potrebných knižníc
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;                          //definovanie potrebných knižníc
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;                         //definovanie potrebných knižníc
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;                      //definovanie potrebných knižníc
-----------------------------------------------------------------------------
ENTITY Ser_par IS
 PORT (  PCM_sync:        IN  STD_LOGIC;               //definovanie globálnych premenných
         PCM_in:          IN  STD_LOGIC;               //definovanie globálnych premenných
         PCM_out:         OUT STD_LOGIC;               //definovanie globálnych premenných
         PCM_clk:         IN  STD_logic;               //definovanie globálnych premenných
         SPI_in:          IN  STD_LOGIC;               //definovanie globálnych premenných
         SPI_out:         OUT  STD_LOGIC;              //definovanie globálnych premenných
         SPI_clk:   I     N  STD_LOGIC;                //definovanie globálnych premenných
         SPI_cs:          IN  STD_LOGIC;               //definovanie globálnych premenných
         SPI_int:         OUT  STD_LOGIC               //definovanie globálnych premenných
     );
END Ser_Par;
-----------------------------------------------------------------------------
ARCHITECTURE Behavioral OF Ser_Par IS
```

```
 SIGNAL in_buf:          STD_LOGIC_VECTOR (7 DOWNTO 0);  //definovanie PCM vstupného bufferu
 SIGNAL SPI_in_buf:      STD_LOGIC_VECTOR (7 DOWNTO 0);  //definovanie SPI vstupného bufferu
 SIGNAL out_buf:         STD_LOGIC_VECTOR (7 DOWNTO 0);  //definovanie PCM výstupného bufferu
 SIGNAL SPI_out_buf:     STD_LOGIC_VECTOR (7 DOWNTO 0);  //definovanie SPI výstupného bufferu
 SIGNAL bit_number:      STD_LOGIC_VECTOR (3 DOWNTO 0);  //definovanie PCM registru
 SIGNAL SPI_bit_number:  STD_LOGIC_VECTOR (3 DOWNTO 0);  //definovanie SPI Registru
-----------------------------------------------------------------------------------
BEGIN                                                    //začiatok programu
process (PCM_clk) begin                                  //načítavanie PCM dát
 if PCM_clk'event and PCM_clk='1' then                   //testovanie posielania PCM dát
        if PCM_sync = '1' then                           //dáta platné?
                spi_int<= '0';                           //SPI_int vlož „L“
                        bit_number <= "0000";            //nulovanie počítadla
                                PCM_out <= 'Z';          //PCM_out vysoká impedancia
        elsif bit_number < "1000" then                   //pokiaľ je buffer plný
                spi_int<= '0';                           //SPI_int vlož „L“
                in_buf(conv_integer(bit_number)) <= PCM_in;  //naplniť buffer PCM
 --             in_buf(conv_integer(7-bit_number))<=PCM_in;
                PCM_out <= out_buf(conv_integer(bit_number));  //vyprázdniť buffer PCM
--              PCM_out <= out_buf(conv_integer(7-bit_number);
                bit_number <= bit_number + 1;            //počítanie bitov
        elsif bit_number = "1000" then                   //plný buffer?
                PCM_out <= 'Z';                          //PCM_out vysoká impedancia
                bit_number <= bit_number + 1;            // počítanie bitov
                SPI_out_buf <= in_buf;                   //preposielanie PCM registra do SPI registra
                spi_int<= '1';                           //signalizácia CPU že sú pripravené spi dáta
        else
                PCM_out <= 'Z';                          //PCM_out vysoká impedancia
                spi_int<= '0';                           //ukončenie signalizácie CPU že sú pripravené SPI dáta
        end if;
 end if;
end process;

process (SPI_clk) begin                                  //načítavanie SPI dát
 if SPI_cs = '0' then                                    //testovanie SPI_cs
  SPI_bit_number <= "0000";                              //počítadlo na 0
        SPI_out <= 'Z';                                  //SPI_out vysoká impedancia
        elsif SPI_clk'event and SPI_clk='1' then         //testovanie SPI_cs
   if SPI_bit_number = "1000" then                       //plný buffer?
         SPI_out <= 'Z';
         out_buf <= SPI_in_buf;                          //SPI buffer do PCm bufferu
        else
        SPI_out <= SPI_out_buf(conv_integer(SPI_bit_number));  //posielanie SPI dát
        SPI_in_buf(conv_integer(SPI_bit_number)) <= SPI_in;  //ukladanie SPI dat
        SPI_bit_number <= SPI_bit_number + 1;            //počítadlo
   end if;
  end if;
end process;

END Behavioral;
```

3.7 Operačný systém μTasker

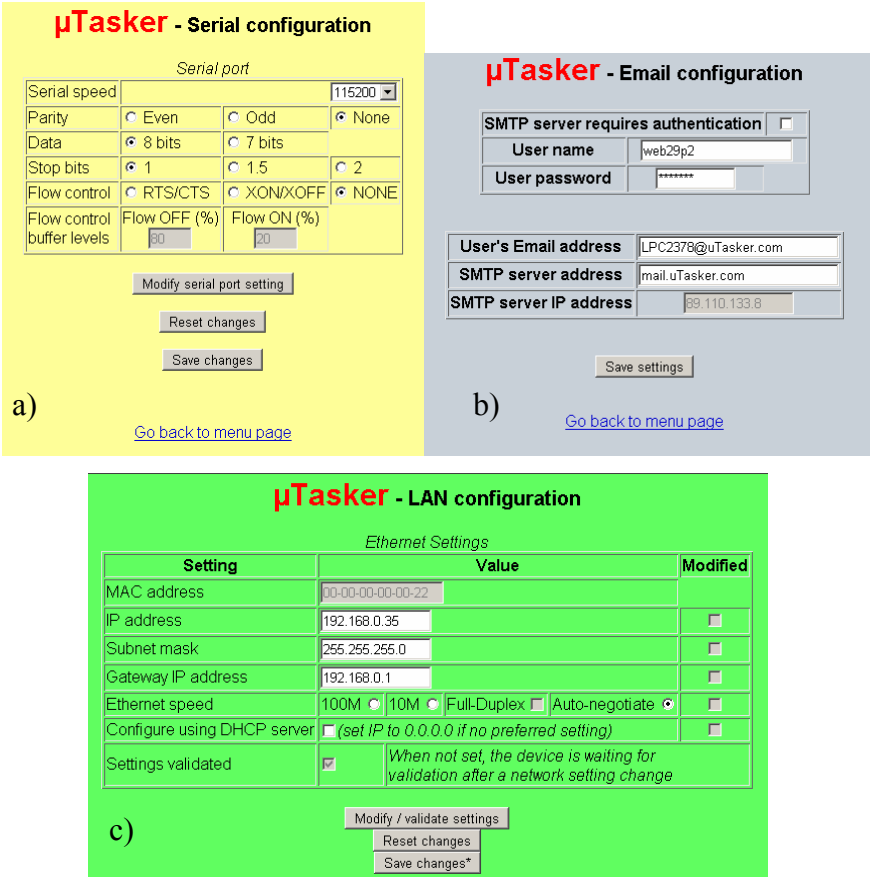
Systém μTasker je open-source systém predprogramovaný pre jednotlivé mikroprocesory, ktoré sú určené na prácu s internetom a ethernetom všeobecne. Výhodou tohto riešenia je v tom, že kód je už odladený, rozdelený na jednotlivé moduly a jednoducho upraviteľný.

3.7.1 Vlastnosti riešenia

- **Malá stopa** - μTasker riešenie je určený pre projekty kde rýchly systém a TCP/IP protokol sú dôležité. Robí ho ideálny pre jednočipové aplikácie, kde vyžadovaná vysoká rýchlosť riadenia prostriedkov.
- **μTasker operačný systém** – efektívny operačný systém pre vývoj veľmi modulárneho a manažovateľného softvéru. Podporuje distribuované spracovanie cez integrovaný fast network protokol.
- **μFileSystem and μParameterSystem** – Vysoko efektívny FLASH,SPI FLASH a SPI EEPROM súborový systém.
- **Ovládače zariadení** - UARTs (DMA podpora M5223X), I2C, CAN (M5223X), LCD, Matrix keyboard,SPI
- **Špeciálna podpora** – DMA knižnica pre MCF5223X
- **TCP/IP zásobník** - ARP, ICMP, IP, UDP, DHCP, DNS, TFTP, TCP, dynamické HTTP, HTTP post, FTP, SMTP, POP3, TELNET, NetBIOS a VLAN.
- **Boot Loader** - μTasker umožňuje upload nového softvéru cez ethernet alebo internet.
- **μTasker simulátor** – Umožňuje simulovať podporované zariadenia na PC.
- **μTasker projekty** – Možnosť využiť demonštračné projekty pre ďalšiu prácu.

3.7.2 Ukážky web rozhrania systému μTasker

Na Obr. 33a je zobrazené webové rozhranie sériového portu mikroprocesora. Jak je z obrázku vidieť, tak jednoducho cez web môžeme nadstaviť rýchlosť, paritu, dáta, stop bity, riadenie toku. Na Obr. 33c je zobrazené rozhranie LAN. Máme tu zobrazenú MAC adresu, a možnosť konfigurácie TCP/IP nastavení a rýchlosti. Ďalší Obr. 33b ukazuje e–mailové rozhranie, kde sa nadstavuje SMTP server a užívateľská emailová adresa, z ktorej sa budú odosielať e-maily. Využívať sa môže napríklad na upozorňovanie administrátora na nejaký problém.



Obr. 33 Príklady web rozhraní [16]

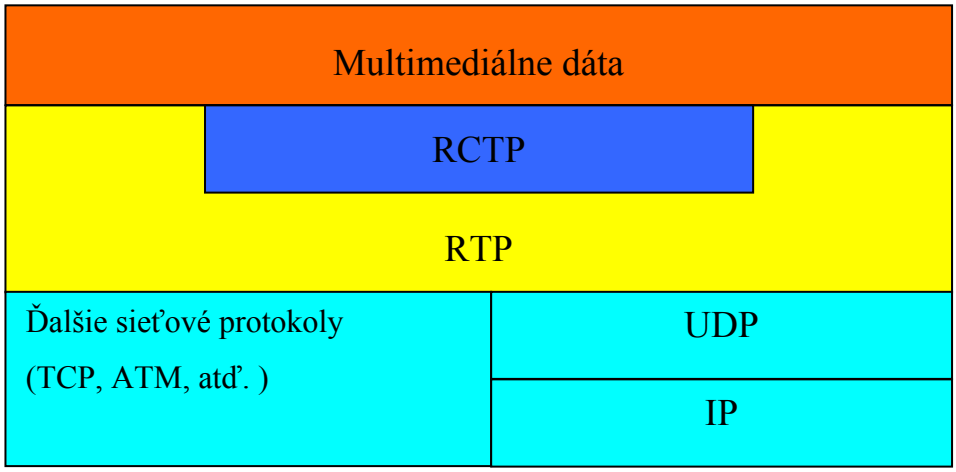
Pravdaže grafické spracovanie a obsah web rozhrania je plne v rukách programátora. Môžu tam byť grafy, nadstavenia ADC prevodníku, rýchlosti vzorkovania alebo iné.

3.8 Komunikačný protokol pre prenos dát z modulu

Na uskutočnenie živého rozhovoru cez Internet je potreba vysielať dáta v reálnom čase. Prenos takýchto dát vyžaduje široké pásmo, malé oneskorenie a vysokú kvalitu služieb. Pre prenos takýchto dát nevyhovujú bezpečné protokoly s overením úspešného prenosu. Najčastejšie na takýto prenos sa používa protokol UDP. Tento protokol nezaručuje, že paket je doručený k cieľu a ani to, že či sú pakety doručené v správnom poradí. Štandardom pre prenos dát v reálnom čase je protokol RTP, ktorý väčšinou využíva vlastnosti protokolu UDP.

3.8.1 Protokol prenosu v reálnom čase (Real-time transport protocol)

RTP poskytuje prenos dát zo zdroja k cieľu v reálnom čase. Je nezávislý na protokole, ale často je využívaný s protokolom UDP. Je využívaný pre multicast aj unicast vysielanie.



Obr. 34 Architektúra RTP

3.8.1.1 Služby RTP

Protokol umožňuje pred zahájením prenosu identifikovať typ dát, určiť poradie paketov a synchronizovať dátové toky z rozdielnych zdrojov. Pre dátové pakety RTP nieje garancia, že dorazia v poradí v akom boli odoslané ani že dorazia všetky. Prakticky je na príjemcovi, aby si doručené pakety usporiadal a detekoval neprijaté pakety.

Ako ďalšia nadstavba pre zaručenie QoS a včasného doručenia existuje kontrolný protokol (RTCP), ktorý umožňuje sledovanie kvality posielaných dát a poskytuje kontrolné mechanizmy pre prenosy RTP.

3.8.1.2 Dátový paket

Bit 0 16 31

V	P	X	CC (4b)	M	PT (7b)	Číslo poradia (16b)
Timestamp (32b)						
Synchronizačný zdroj (SSRC) (32b)						
Zdroj užitočného obsahu (CSRC) (32b)						

- Prvé dva bity (**V**) označujú verziu RTP protokolu
- Doplnenie (**P**): 1 bit. Pokiaľ je nadstavený, tak to znamená, že je na konci paketu jeden alebo viac bajtov, ktoré niesu súčasť užitočného obsahu. (napríklad šifrovací doplnok)

- Rozšírenie (**X**): 1 bit. Pokiaľ je tento bit nadstavený, tak za pevným záhlavím je ešte rozšírené záhlavie.
- Počet CSRC (**CC**): 4 bity. Počet CSRC identifikátorov za pevným záhlavím.
- Záložka (**M**): 1 bit. Záložkový bit definovaný konkrétnym profilom média
- Typ užitočného obsahu (**PT**): 7 bitov Index z tabuľky média ktorý popisuje formát užitočného formátu.
- Číslo poradia: 16 bitov. Je to jedinečné číslo poradia paketu odosielaného od odosielateľa.
- Timestamp: 32 bitov. Čas odobratia vzorku prvého bitu užitočného obsahu.
- SSRC: 32 bitov. Identifikuje synchronizačný zdroj. Pokiaľ je SSRC rovný nule, tak je zdroj užitočného obsahu zdrojom synchronizácie.
- CSRC: 30 bitov Identifikuje zdroje prispievajúce do užitočného obsahu. (max. 16)

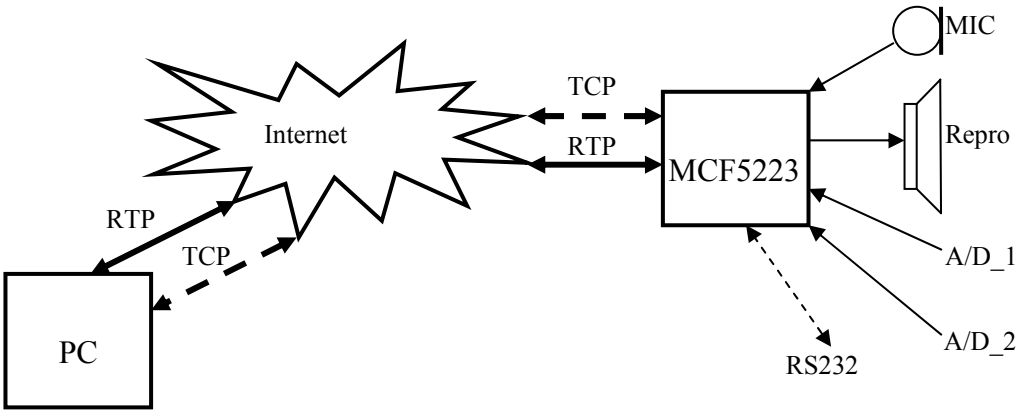
3.8.1.3 Kontrolný paket

Ako dodatok k RTP paketom sa môžu posielať pakety RTCP. Obsahujú informácie o QoS , informácie o zdroji dát na dátovom porte, štatistiky k dátam ktoré boli už prenášané. Všetci účastníci spojenia posielajú RTCP pakety. Účastník čo odoslal paket, vydáva správu odosielateľa. Tá obsahuje počet odoslaných paketov, bitov a taktiež informáciu použiteľnú k synchronizácii dátových tokov z iných médií. Účastníci pravidelne posielajú správu príjemca pre ostatné zdroje, ktorá obsahuje počet stratených paketov, najvyššie číslo poradia a Timestamp-u. Tieto informácie sa používajú k odhadu oneskorenia linky.

Prvý paket v skupine RTCP paketov musí obsahovať paket zprávy. Pokiaľ neni zdroj aktívny,vyšle kontrolný protokol paket „BYE“ ktorý môže obsahovať informáciu, že prečo zdroj opúšťa spoj.

3.8.2 Formát prenosu dát modulu.

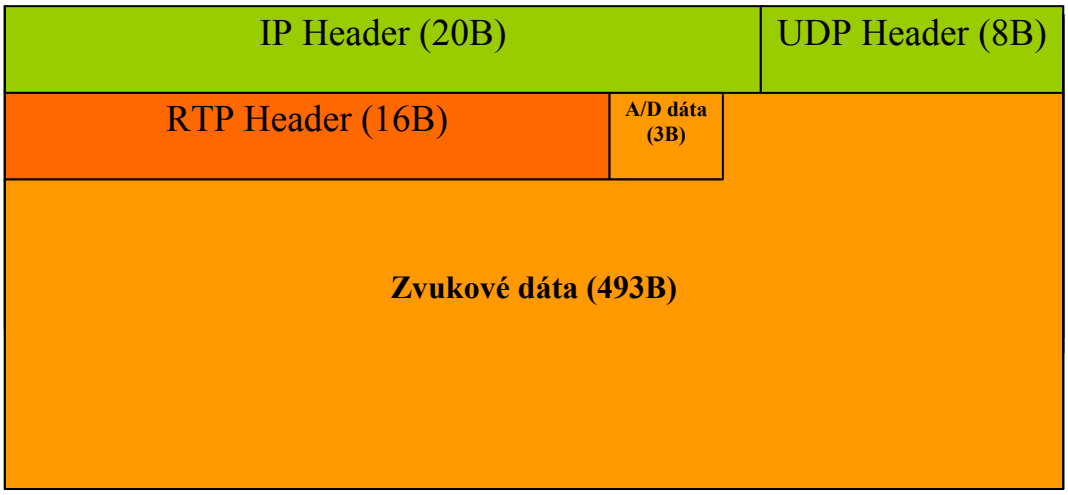
Modul bude prenášať dáta pomocou dvoch protokolov. A to pomocou stratového protokolu RTP a protokolu TCP. Každý z týchto protokolov bude využívať svoj port. V RTP protokolu bude zahrnuté zvukové dáta a A/D prevodník. Pomocou TCP protokolu sa budú prenášať dáta z RS232 portov kvôli tomu, že dané dáta sa nemôžu stratiť.



Obr. 36 Grafické znázornenie príslušnosti periférií a IP protokolov

3.8.2.1 Štruktúra RTP paketu

Na Obr. 37 vidíme moju navrhovanú štruktúru paketu. Veľkosť paketu bude 512B. Pritom 20B bude IP hlavička, 8B UDP hlavička a 16B bude záhlavie RTP paketu. Na dáta zostane 496B z toho 3B budú vzorky z A/D prevodníkov.

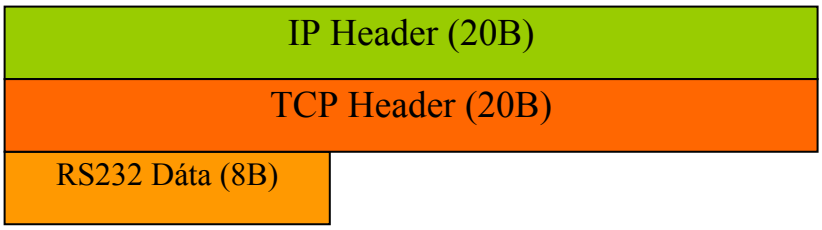


Obr. 37 Grafické znázornenie štruktúry RTP paketu

Paket sa bude posielať približne každých 60ms. Pokiaľ sa v prenose stratí nejaký paket, tak v zvukovom prenose to nebude poznať. Pre A/D prevodník bola stanovená minimálna doba samplovania na 200ms, takže daná podmienka je splnená aj pri strate viacerých paketov.

3.8.2.2 Štruktúra TCP paketu

Na Obr. 38 vidíme moju navrhovanú štruktúru paketu. Veľkosť paketu bude 8B . Pritom 20B bude IP hlavička, 20B TCP hlavička. Na dáta zostane 8B. Dôvodom pre takéto nadstavenie je nutnosť pružne reagovať na dáta prichádzajúce cez RS232 port. Funguje to tak, že dáta prijaté z RS232 sa nebuferujú, ale rovno posielajú cez ethernet. Vychádza sa z predpokladu, že RS232 komunikácia je pomalá a nebude sa používať neustále, takže nebude moc zaťažovať mikroprocesor.



Obr. 38 Grafické znázornenie formátu TCP paketu

4 Záver

Vypracovanie diplomovej práce som rozdelil na dve základné samostatné časti. Každá z týchto častí má svoj logický význam a jednotlivé časti sa svojím obsahom prelínajú a tvoria ucelený súbor poznatkov ako teoretických, tak aj praktických.

V prvej časti riešenia projektu som sa zameral predovšetkým na spracovanie teoretických poznatkov, týkajúcich sa hlavných súčiastok a blokov zariadenia.

Pozornosť som v tejto časti venoval najmä výberu vhodných súčiastok a integrovaných obvodov. Hlavnými parametrami boli kompatibilita s 3,3V napájaním a možnosť si ich nechať zadarmo poslať od výrobcu ako „sample“. Možnosť si ich nechať poslať zdarma bola dôležitá z toho dôvodu, že v strednej Európe je stále problém kúpiť špeciálne obvody, ktoré sa štandardne nepoužívajú a pokiaľ je ich možnosť kúpiť, tak ich cena je mnohonásobne vyššia ako u výrobcu.

V druhej časti riešenia projektu som vďaka teoretickým poznatkov z predošlej teoretickej časti navrhol jednotlivé dielčie bloky zariadenia, na základe ktorých som navrhol celkovú schému zapojenia modulu. Z pohľadu celkového praktického návrhu zariadenia, bola táto časť najdôležitejšia a venoval som jej maximálnu pozornosť. Pre návrh dosky plošných spojov som zvoli osvedčený pro program Eagle v.4.11. Dosku plošných spojov som kvôli lepšej prehľadnosti a zaisteniu správneho zemnenia navrhol ako obojstrannú. Pri návrhu bolo nutné dodržanie všeobecných bodov správneho návrhu, pozostávajúcich najmä zo správneho rozvedenia zemniacej plochy a správneho rozmiestnenia súčiastok na doske plošných spojov.

Po vyrobení a osadení dosky plošných spojov súčiastkami, som zariadenie oživil. Samotné oživenie zariadenia prebehlo bez väčších problémov a zariadenie správne pracovalo na prvý krát. Pre zistenie správneho fungovania zariadenia bolo nutné nahranie základného operačného systému, ktorý otestoval základnú funkčnosť jednotlivých blokov návrhu. Zariadenie vo svojej finálnej podobe je schopné okrem prenosu napäťových signálov (predpokladá sa prenos dvoch signálov 0 – 5V) prenášať aj jeden hlasový kanál pomocou UDP protokolu a taktiež umožňuje on-line nastavenie jednotlivých parametrov pomocou web rozhrania.

5 Zoznam použitých zdrojov

[1] Maxim : MAX6138 [online]. 2003 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX6138.pdf >

[2] Maxim : MAX9716 [online]. 2005 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX9716-MAX9717.pdf>

[3] Maxim : MAX9812 [online]. 2004 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX9812-MAX9813L.pdf>

[4] Xilinx : XC9572XL [online]. 2002 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds057.pdf >

[5] Microchip : TC2117 [online]. 2006 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21665c.pdf>

[6] Microchip : 25AA256 [online]. 2003 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21822D.pdf>

[7] Freescale : MCF52235DS [online]. 2005 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://www.freescale.com/files/32bit/doc/data_sheet/MCF52235DS.pdf?fsrch=1&WT_TYPE=Data%20Sheets&WT_VENDOR=FREESCALE&WT_FILE_FORMAT=pdf&WT_ASSET=Documentation>

[8] Freescale : MCF5223XFS [online]. 2004 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://www.freescale.com/files/32bit/doc/fact_sheet/MCF5223XFS.pdf?fsrch=1&WT_TYPE=Fact%20Sheets&WT_VENDOR=FREESCALE&WT_FILE_FORMAT=pdf&WT_ASSET=Documentation>

[9] Freescale : MCF5223XSS [online]. 2001 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://www.freescale.com/files/32bit/doc/fact_sheet/MCF5223XSS.pdf?fsrch=1&WT_TYPE=Fact%20Sheets&WT_VENDOR=FREESCALE&WT_FILE_FORMAT=pdf&WT_ASSET=Documentation>

[10] Freescale : MCF52235RM [online]. 2000 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://www.freescale.com/files/32bit/doc/ref_manual/MCF52235RM.pdf?fsrch=1&WT_TYPE=Reference%20Manuals&WT_VENDOR=FREESCALE&WT_FILE_FORMAT=pdf&WT_ASSET=Documentation>

[11] Freescale : MCF52235CFPRM [online]. 2000 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://www.freescale.com/files/dsp/doc/ref_manual/CFPRM.pdf?fsrch=1&WT_TYPE=Reference%20Manuals&WT_VENDOR=FREESCALE&WT_FILE_FORMAT=pdf&WT_ASSET=Documentation>

[12] Freescale : COLDFIREROADMAP [online]. 2007 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/roadmap/COLDFIREROADMAP.pdf ?fsrch=1&WT_TYPE=Roadmap&WT_VENDOR=FREESCALE&WT_FILE_FORMAT=pdf&WT_ASSET=Documentation>

[13] Ezurio : BISM2 DS [online]. 2002 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://www.ezurio.com/dl/open/?id=98>

[14] Ezurio : BISM2 CS [online]. 2001 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://www.ezurio.com/dl/open/?id=103>

[15] Wikipedia : Bluetooth [online]. 2000 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>

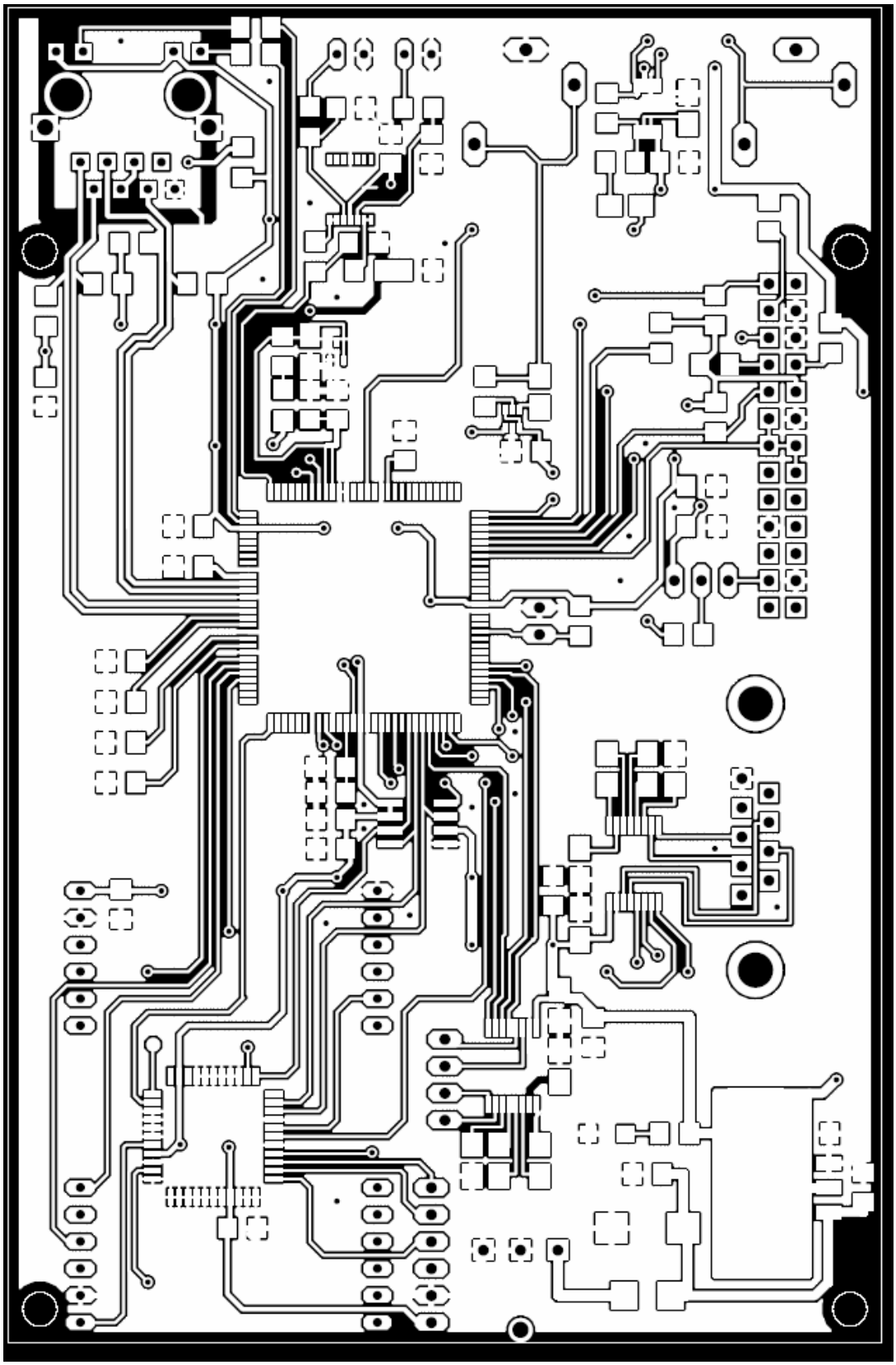
[16] µTasker : µTasker [online]. 2002 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://www.utasker.com>

[17] Hujka P. Time Transport Protocol a aplikační rozhraní RTP Java Media Framework [online]. 2003 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: < http://www.elektrorevue.cz/clanky/0301 8/index.html>

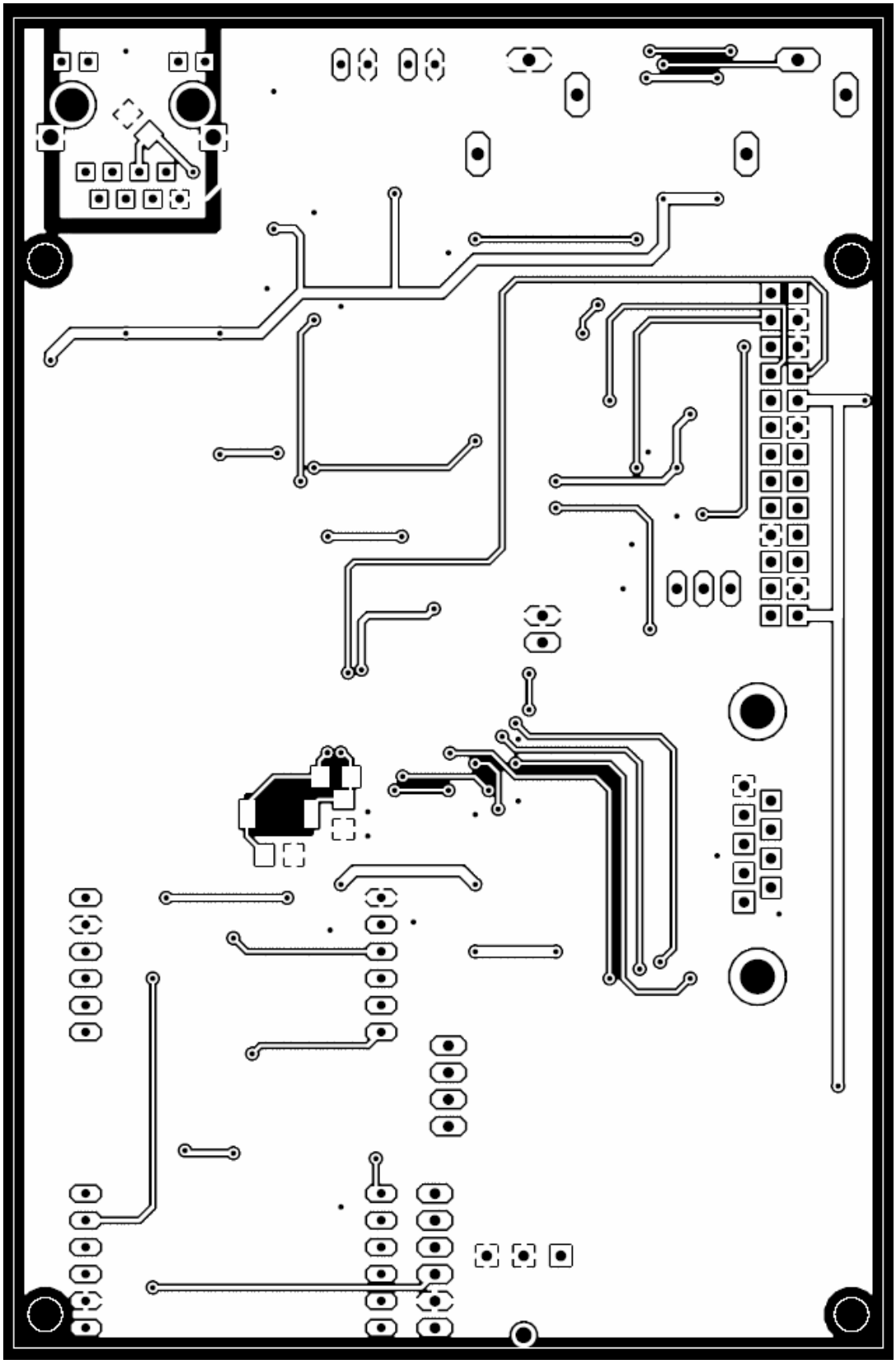
Abecedný zoznam skratiek

ADC	Analog – digital converter (analógovo digitálny prevodník)
A/D	Analog – digital converter (analógovo digitálny prevodník)
AMP	Amplifier (zosilňovač)
CAN	Controller area network
DAC	Digital – analog cobverter (digitálne analógový prevodník)
DHCP	Dynamic Host Control Protocol
DNS	Domain Name System
DPS	Doska plošných spojov
FTP	File Transfer Protocol
ICMP	Internet Control Message Protocol
I2C	Inter-IC Bus
IP	Internet protokol (internetový protokol)
LAN	Local area network (lokálna počítačová sieť)
MIC	Mikrofón
NetBIOS	Network Basic Input/Output System
nf	Nízkofrekvenčný
OZ	Operačný zosilňovač
PC	Personal Computer
PWM	Pulse Width Modulation
QoS	Quality of service
RTCP	Real time control protocol
RTP	Real-time Transport Protocol
SMD	Surface mount devide (súčiastka pre technológiu povrchovej montáže)
SPI	Serial Peripheral Interface
TCP	Transmision control protokol (prenosový kontrolný protokol)
TFTP	Trivial File Transfer Protocol
PCB	Printed circuit board (Doska plošných spojov)
POP3	Post Office Protocol 3
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
UDP	User Datagram Protocol
VLAN	Virtual Local Area Network

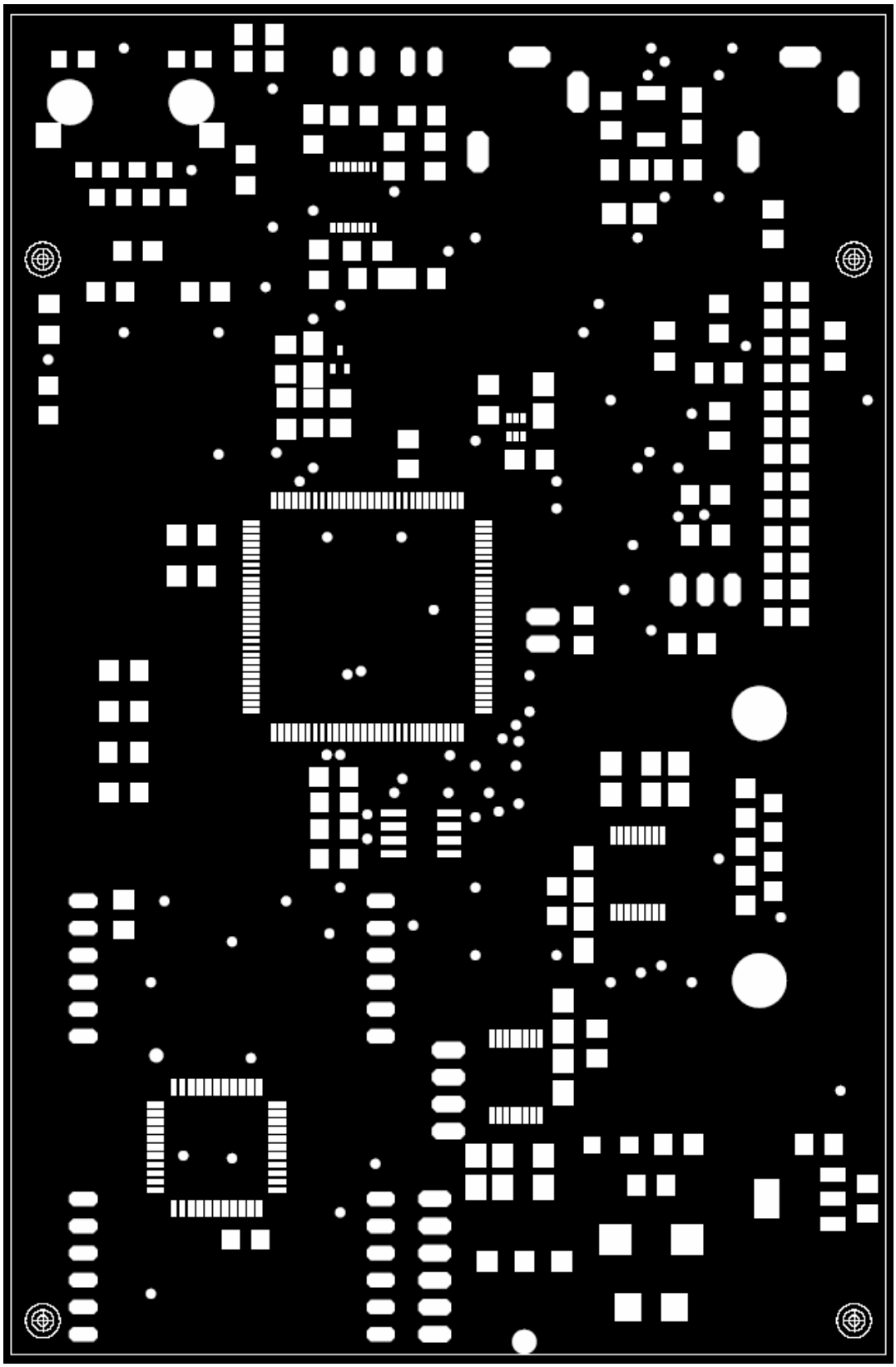
A Podklady pre výrobu DPS komunikačného modulu.



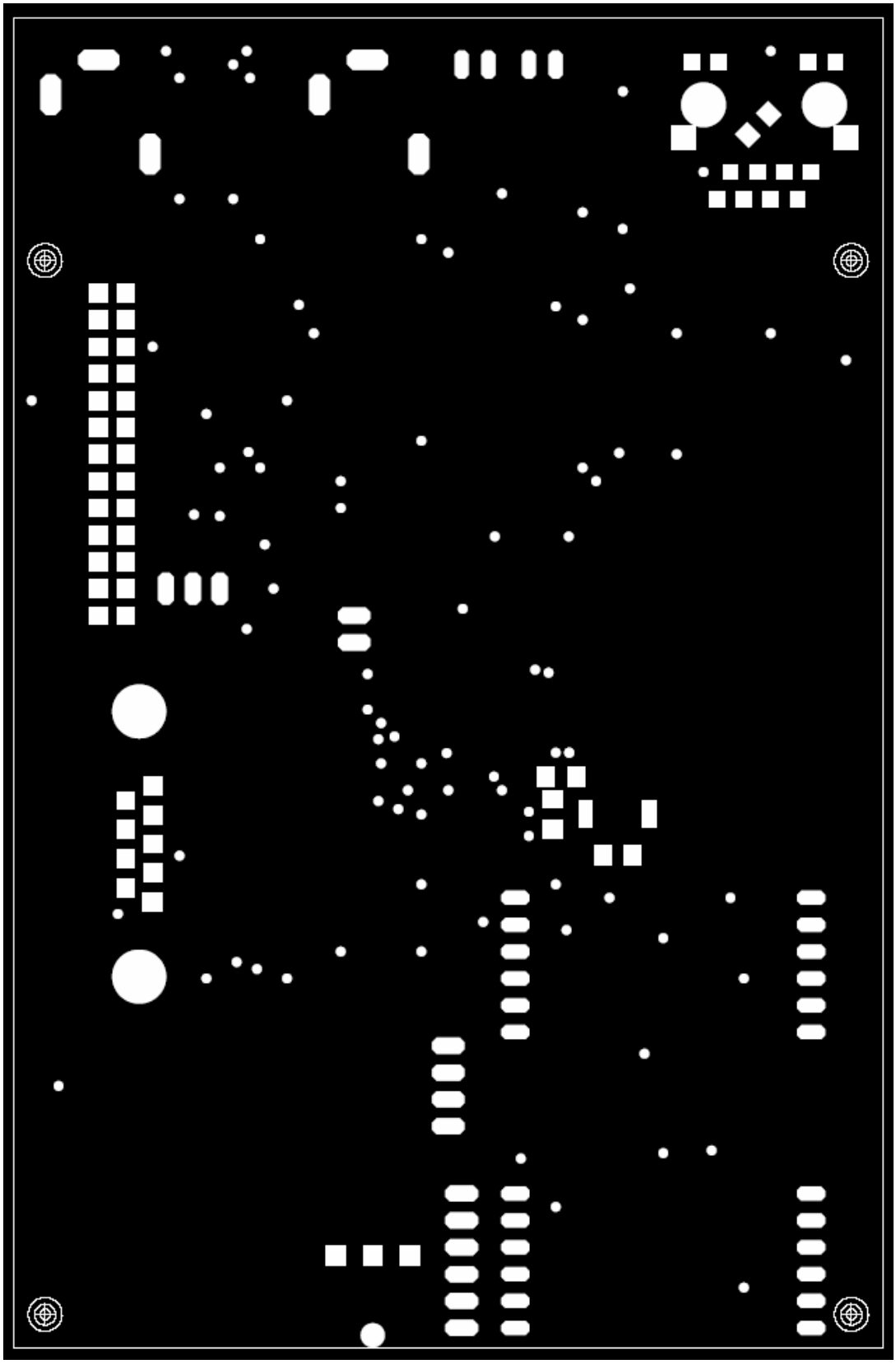
Obr. 39 Vrchná strana DPS modulu v mierke 1,5:1



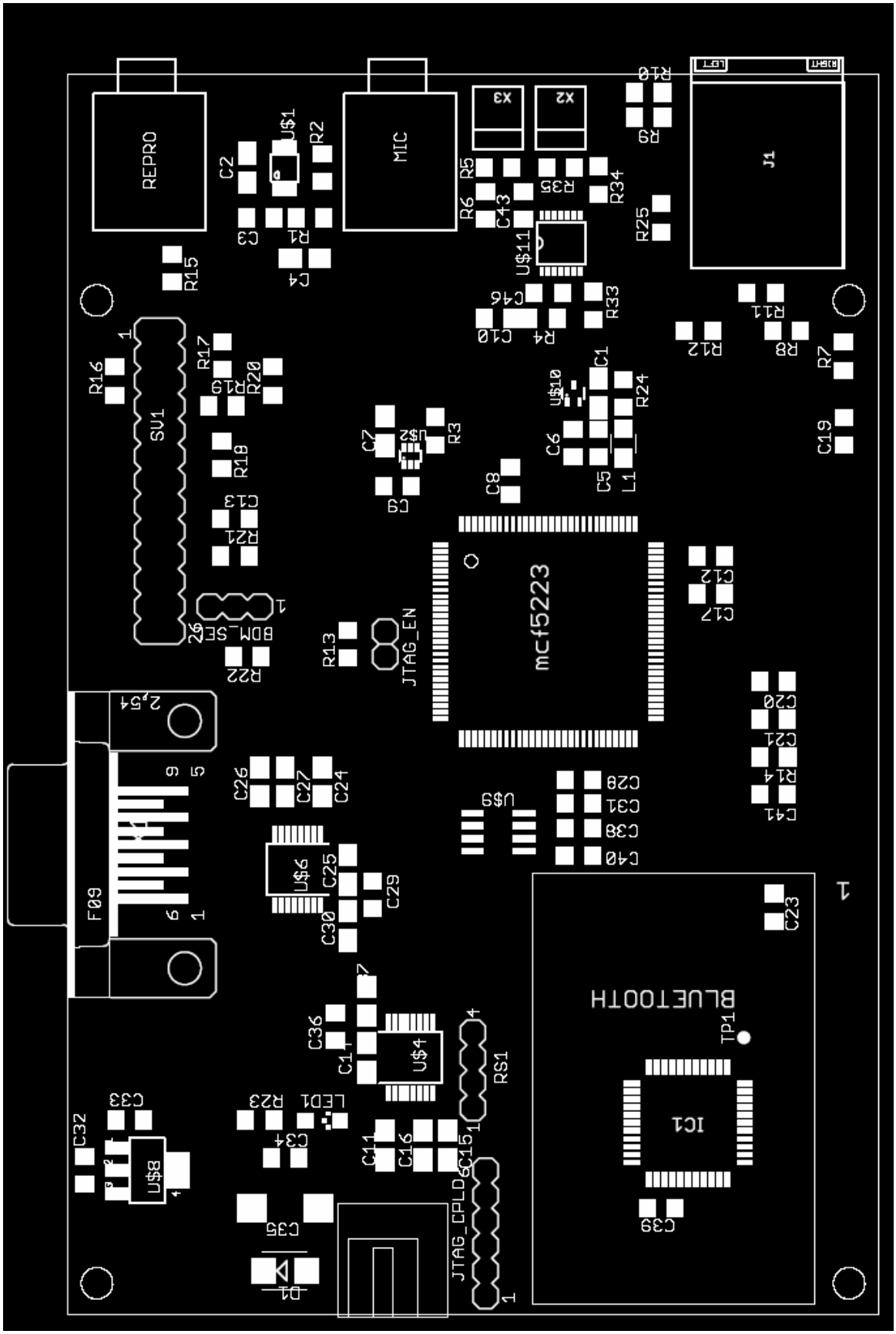
Obr. 40 Spodná strana DPS modulu v mierke 1,5:1



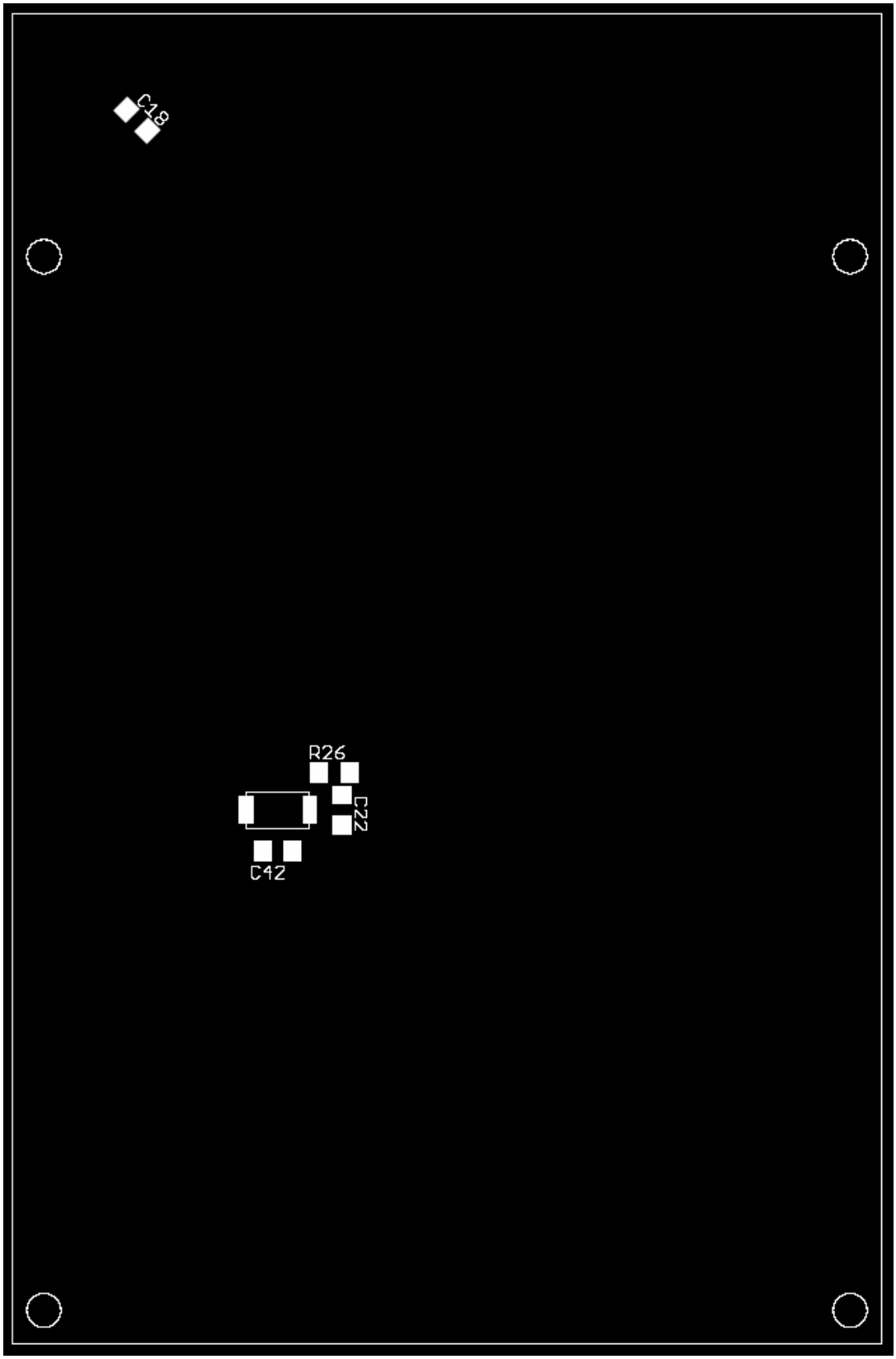
Obr. 41 Nepájivá maska vrchnej strany DPS modulu v mierke 1,5:1



Obr. 42 Nepájivá maska spodnej strany DPS modulu v mierke 1,5:1

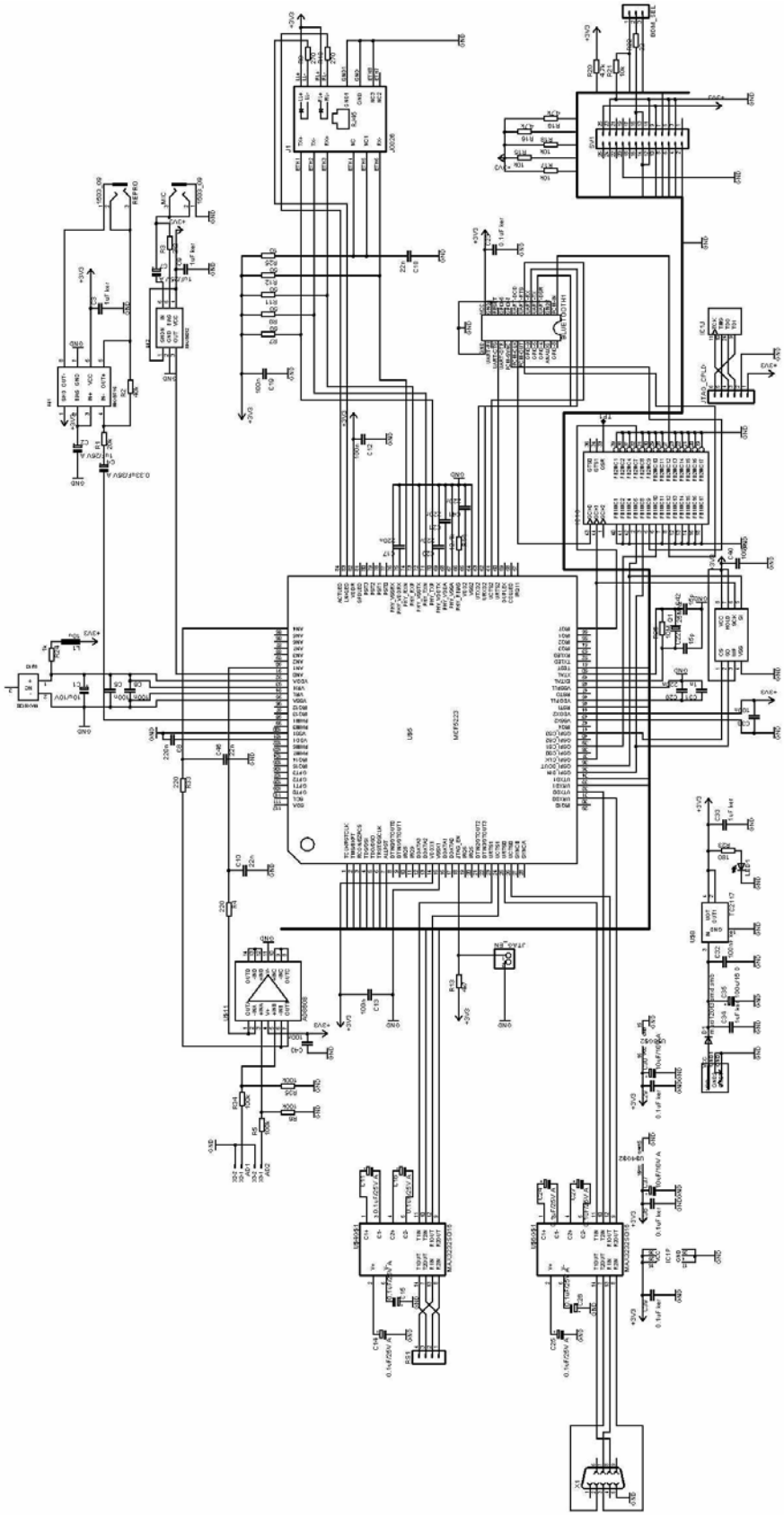


Obr. 43 Osadzovaní výkres vrchnej strany DPS modulu v mierke 1,5:1



Obr. 44 Osadzovaní výkres spodnej strany DPS modulu v mierke 1,5:1

B Kompletná schéma zapojenia komunikačného modulu



Obr. 45 Schéma zapojenia komunikačného modulu

C Zoznam použitých súčiastok

Názov	Hodnota	Púzdro
BDM_SEL		MA03-1
BLUETOOTH		DIL24-9
C1	10u/10V	A/3216-18W
C2	1uF/25V A	A/3216-18W
C3	1uF ker	C1206
C4	0.33uF/35	A/3216-18W
C5	100n	C1206
C6	100n	C1206
C7	1uF/25V A	A/3216-18W
C8	220n	C1206
C9	1uF ker	C1206
C10	22n	C1206
C11	0.1uF/25V	A/3216-18W
C12	100n	C1206
C13	100n	C1206
C14	0.1uF/25V	A/3216-18W
C15	0.1uF/25V	A/3216-18W
C16	0.1uF/25V	A/3216-18W
C17	220n	C1206
C18	22n	C1206
C19	100n	C1206
C20	220n	C1206
C21	220n	C1206
C22	15p	C1206
C23	0.1uF ker	C1206
C24	0.1uF/25V	A/3216-18W
C25	0.1uF/25V	A/3216-18W
C26	0.1uF/25V	A/3216-18W
C27	0.1uF/25V	A/3216-18W
C28	220n	C1206
C29	0.1uF ker	C1206
C30	10uF/10V	A/3216-18W
C31	1n	C1206
C32	100nF ker	C1206
C33	1uF ker	C1206
C34	1uF ker	C1206
C35	100u/16 D	D/7343-31W
C36	0.1uF ker	C1206
C37	10uF/10V	A/3216-18W
C38	100n	C1206
C39	0.1uF ker	C1206
C40	100n	C1206
C41	220n	C1206
C42	15p	C1206
C43	100n	C1206
C46	22n	C1206
D1	murs120t3	smb SMB
IC1		VQ44
J1	J0026	PJ-J0

JTAG_CPLD		MA06-1
JTAG_EN		1X02
L1	10u	L1210W
LED		CHIPLED_1206
MIC	1503_09	1503_20
Q1	25Mhz	FA-365
R1	20k	R1206
R2	40k	R1206
R3	2k2	R1206
R4	220	R1206
R5	100k	R1206
R6	100k	R1206
R7	50	R1206
R8	50	R1206
R9	270	R1206
R10	270	R1206
R11	50	R1206
R12	50	R1206
R13	4k7	R1206
R14	12.4k	R1206
R15	10k	R1206
R16	4,7k	R1206
R17	10k	R1206
R18	10k	R1206
R19	4,7k	R1206
R20	4,7k	R1206
R21	10k	R1206
R22	22	R1206
R23	180	R1206
R24	1k	R1206
R25	10	R1206
R26	10M	R1206
R33	220	R1206
R34	100k	R1206
R35	100k	R1206
REPRO	1503_09	1503_20
RS1		MA04-1
SV1		MA13-2
TP1	TPB1,27	B1,27
U$1	MAX9716	UMAX8
U$2	MAX9812	SC70-6L
U$4	MAX3232SO	SSOP16
U$5	MCF5223	LQFP-112
U$6	MAX3232SO	SSOP16
U$7	SCD-016	SCD-016
U$8	TC2117	SOT223
U$9	25AA256	SO-08
U$10	MAX6138	SC70-3L
U$11	AD8608	TSSOP14
X1		F09HP
X2	AD1	22-23-2021
X3	AD2	22-23-2021