

Výukový modul pro předmět Programování mikropočítačů: FM radiopřijímač

Adam Janík

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Adam Janík**
Osobní číslo: **A11110**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Výukový modul pro předmět Programování mikropočítačů: FM radiopřijímač**

Téma anglicky: **A Tuition Module for the Microcontroller Programming Course: FM Radio**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte hardwarové vlastnosti vývojového kitu **M68EVB908GB60** a navrhnete způsob připojení modulu FM radiopřijímače na bázi obvodu **TEA5767**.
2. Provedte hardwarový návrh rozšiřující desky FM radiopřijímače pro vývojový kit **M68EVB908GB60**.
3. Realizujte rozšiřující desku FM radiopřijímače a ověřte její funkci.
4. Sestavte a odladte podpůrné programové vybavení pro obsluhu modulu FM radiopřijímače ve formě knihovny podprogramů v C jazyce.
5. Vytvořte ukázkovou aplikaci s využitím realizované knihovny podprogramů, která bude demonstrovat funkci modulu.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. AXIOM MANUFACTURING. M68EVB908GB60 Development Board for Freescale MC9S08GB60, Rev. C [online]. 2006 [cit. 2015-02-02]. Dostupné z: <http://www.axman.com>.
2. FREESCALE SEMICONDUCTOR. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1. [online]. 2003 [cit. 2015-02-02]. Dostupné z: <http://www.freescale.com>.
3. FREESCALE SEMICONDUCTOR. MC9S08GB/GT Data Sheet, Rev.2.3. [online]. 2004 [cit. 2015-02-02]. Dostupné z: <http://www.freescale.com>
4. JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. EAGLE pro začátečníky I: uživatelská a referenční příručka :. 2. vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.
5. NXP. TEA5767HN Low-power FM stereo radio for handheld applications, [online]. 2007 [cit. 2015-02-02]. Dostupné z: <http://www.voti.nl/docs/TEA5767.pdf>

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Dostálek, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

6. března 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

22. května 2015

Ve Zlíně dne 6. března 2015



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan

L.S.

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu


Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 20.5.2015


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce si klade za cíl vytvořit přídatný modul k vývojovému kitu M68EVB908GB60, který bude používán pro podporu cvičení z předmětu „Programování mikropočítačů“. Deska modulu obsahuje propojovací interface s kitem, dále radiopřijímač na bázi obvodu TEA5767 pracujícího ve frekvenčním rozsahu 70 až 108 MHz, sluchátkový předzesilovač a IR přijímač pro příjem signálů z dálkového ovladače. Komunikace modulu FM přijímače s vývojovým kitem je zajištěna prostřednictvím I2C rozhraní. Knihovna pro programovou obsluhu modulu byla naprogramována v jazyce C. Modul lze ovládat jak IR ovladačem, tak integrovanými klávesami kitu. Přínosem práce je další plně funkční modul ovladatelný více způsoby, rozšiřující výběr řešených projektů v předmětu Programování mikropočítačů.

Klíčová slova: MC9S08GB60, TEA5767, RC-5, I²C, FM přijímač

ABSTRACT

Purpose of this thesis is to create expansion module for development kit M68EVB908GB60 which will be used for studying and programming in lessons of Microcomputer programming. Module contains connection interface with kit, radio receiver module based on TEA5767 integrated circuit working in range from 70 to 108 MHz. Part of this board is amplifier for audio output and IR receiver for signals from remote control. Communication of module with kit is ensured by I2C interface. Library was programmed via programming language C. Module is controlled by IR remote control or via integrated buttons found on kit. Result of this work is one more project added to variety of projects.

Keywords: MC9S08GB60, TEA5767, RC-5, I²C, FM receiver

„Mít příliš krásnou ženu je pro muže stejný úděl jako získat vysokoškolský diplom. Obojím se může před ostatními chlubit, ale zároveň musí celý život dokazovat kvality, jimiž si je zasloužil.“

Rád bych poděkoval vedoucímu této práce, panu Ing. Petru Dostálkovi, Ph. D. za jeho trpělivost, ochotu, cenné rady a za veškerou pomoc při řešení této práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 MIKROPOČÍTAČ	10
1.1 ROZDĚLENÍ MIKROPOČÍTAČŮ	10
1.1.1 Dělení podle architektury	10
1.1.2 Dělení podle instrukční sady	11
1.2 VNITŘNÍ STRUKTURA MIKROPOČÍTAČE.....	11
1.3 VÝVOJOVÝ KIT M68EVB908GB60	13
1.3.1 Popis	13
1.3.2 Vývojové prostředí CodeWarrior.....	15
1.4 I ² C MODUL MIKROPOČÍTAČE	15
1.4.1 I ² C terminologie:	15
1.4.2 Přenos jednoho bitu	15
1.4.3 Start a stop podmínky.....	16
1.4.4 Kontrolní bajt	16
1.4.5 Čtení a zápis pomocí I ² C komunikace	17
2 FM PŘÍJÍMAČ	19
2.1 DRUHY A VLASTNOSTI PŘÍJÍMAČŮ	19
2.2 TEA5767	21
2.2.1 Specifikace	21
3 IR DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ	22
3.1 NEC PROTOKOL	22
3.2 RC-5 PROTOKOL.....	23
II PRAKTICKÁ ČÁST	25
4 BLOKOVÉ SCHÉMA	26
5 ALTIUM	27
5.1 EDITOR SCHÉMAT	27
5.1.1 Návrh schématu.....	28
5.2 EDITOR PCB	29
5.2.1 Návrh desky	30
6 VÝROBA DESKY PLOŠNÉHO SPOJE	32
7 PROGRAMOVÁ ČÁST MODULU	34
7.1 VYTVOŘENÍ NOVÉHO PROJEKTU V CODEWARRIORU.....	34
7.2 KNIHOVNA FM_MODUL.C	37
7.2.1 Funkce komunikace I ² C	38
7.2.2 Funkce IR ovladače.....	42
7.2.3 Uživatelské funkce	42
7.2.4 Obsluha přerušení pro IR signál.....	44
7.3 UKÁZKOVÝ PROGRAM MAIN.C.....	45
7.3.1 Funkce programu main.c.....	47

7.4 MOBILNÍ APLIKACE IR OVLADAČ	48
ZÁVĚR	49
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	50
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	52
SEZNAM OBRÁZKŮ	53
SEZNAM TABULEK	54
SEZNAM PŘÍLOH	55

ÚVOD

Programování mikropočítačů se stává důležitou součástí světa okolo nás den ode dne více a více. Vývoj elektroniky jde každým rokem rychle dopředu. Jsou vyvíjena nová zařízení, počítače, mikropočítače, nové postupy a technologie výroby těchto zařízení.

Mikropočítač je malá verze počítače obsahující svou paměť, výpočetní jednotku a několik dalších obvodů. Na rozdíl od osobních počítačů jsou tyto mikropočítače v daném systému zabudovány a určeny pouze pro jeden účel. Z toho důvodu se už přímo při výrobě optimalizují pro konkrétní aplikaci. Podle typů se pak používají v různých odvětvích průmyslu, nebo v nejrůznějších zařízeních kolem nás. Jsou to například bankomaty, řídicí jednotky motorů, systémy ABS u brzd aut, kalkulačky, herní konzole a domácí spotřebiče, jako pračka, myčka nádobí, televizor, mikrovlnná trouba atp. Další příklad využití mikropočítačů je například ovládání jezdících textů v autobusech oznamující stanice, nebo na zastávkách trolejbusů příjezdy a odjezdy spojů.

Tématem této práce je vytvoření rozšiřujícího modulu FM radiopřijímače pro výukový kit M68EVB908GB60, který bude studentům předmětu Programování mikropočítačů představovat jednu z mnoha aplikací mikropočítačů.

Teoretická část se zabývá otázkami týkajícími se všech odvětví, se kterými se tato práce setkává. Je zde popsán mikropočítač všeobecně a následně je popsán konkrétní vývojový kit s mikropočítačem od firmy Freescale. V další kapitole jsou popsány FM přijímače, jejich funkce a rozdělení, následující konkrétním popisem FM modulu na bázi TEA5767. Další kapitoly teoretické části obsahují popis a vysvětlení komunikace mikropočítače s modulem podle protokolu I²C, a bezdrátovou komunikaci dálkových ovladačů.

V praktické části se práce zabývá vytvářením modulu. To zahrnuje návrh schématu a desky plošného spoje, k jejichž vytvoření je využit program Altium Designer. Pak následuje popis výrobního procesu desky samotné. Dále je popsán způsob propojení modulu s mikropočítačovým kitem. Následuje popis vývojového prostředí CodeWarrior od firmy Freescale a vysvětlení naprogramovaných funkcí. Nakonec je popsán ukázkový program, využití uživatelských funkcí a ovládání programu pomocí kláves kitu i dálkovým ovladačem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MIKROPOČÍTAČ

Jednočipový mikropočítač je integrovaný elektronický obvod malého rozměru, jenž můžeme vidět na obrázku 1. Mikropočítač se skládá z několika základních částí. Centrální procesní jednotky (CPU), operační paměti, programové paměti, komunikačního rozhraní, časovače a dalších periferních obvodů dle typu a využití daného mikropočítače. Mikropočítače jsou určeny pro aplikace řízení, regulace apod. Jsou také často součástí vestavěných (embedded) systémů. [7]



Obr. 1. Mikropočítač [7]

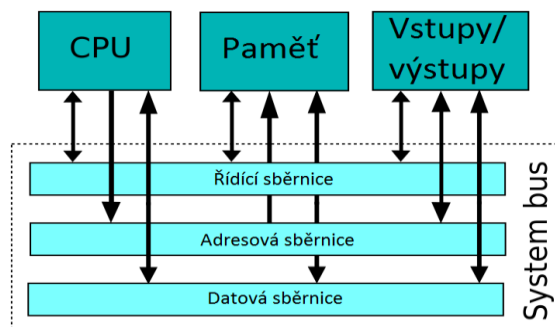
1.1 Rozdělení mikropočítačů

Všechny části mikropočítače jsou spojeny pomocí sběrnic, které řídí procesor. Mikropočítače se dělí podle architektury a podle instrukční sady. [7]

1.1.1 Dělení podle architektury

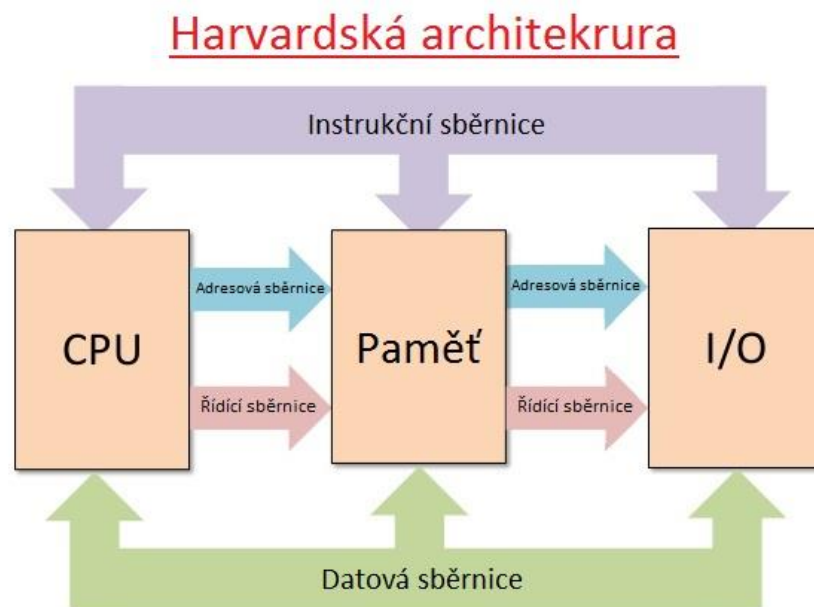
- Von Neumannova architektura

Principem této architektury je, že obsahuje jednu systémovou sběrnici. Dalším znakem je společná paměť pro program i data. Výhodou tohoto uspořádání je jednodušší přístup k paměti dat a programu. Nevýhodou je pomalejší přenos dat z důvodu jedné sběrnice. Uspořádání je vyobrazeno na obrázku 2. [8]



Obr. 2. Von Neumannova koncepce [8]

- Harvardská architektura
Odděluje paměť programu, paměť dat a spojovací obvody, viz obrázek 3. Výhodou je rychlý přenos dat a rychlé vykonávání instrukcí. Nevýhodou je větší technologická náročnost z důvodu více sběrnic. [16]



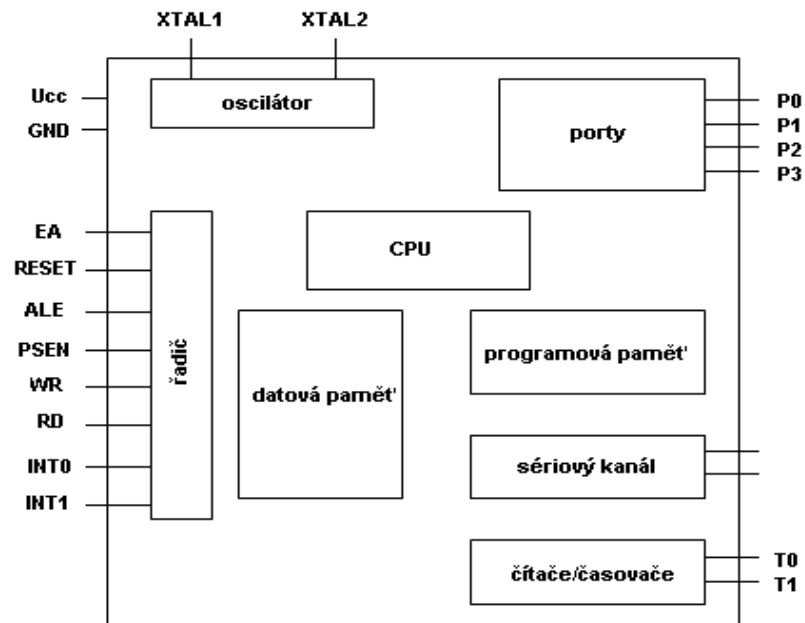
Obr. 3. Harvardská koncepce [16]

1.1.2 Dělení podle instrukční sady

- CISC
Je instrukční sada složitější. Procesor podporuje mnoho formátů a druhů instrukcí, což vede k úspoře místa v paměti. Nevýhodou je složitější dekodér instrukcí a pomalejší zpracování.
- RISC
Redukovaná sada instrukcí. Omezen počet instrukcí a tím zjednodušení dekodéru. Výhodou je rychlost a jednoduchost. Nevýhodou je, že instrukce potřebují více místa v paměti. [7]

1.2 Vnitřní struktura mikropočítače

Blokové schéma mikropočítače jsou různá podle typu a výrobce čipů. Na obrázku 4 je vidět jednoduché blokové schéma mikropočítače.



Obr. 4. Blokové schéma mikropočítače [17]

CPU

Z anglické zkratky Central Processing Unit. Je nejdůležitější částí mikropočítače. Má implementovanou aritmeticko-logickou jednotku pro logické a aritmetické operace. Ovládá datovou paměť, zpracovává instrukce a řídí běh mikropočítače. [4] [7]

Datová a programová paměť

Podle koncepce je paměť dat a programu oddělena nebo spojena. Jedná se však o důležitý prvek mikropočítače. Slouží k uložení programu, datových proměnných, výsledků výpočtů a instrukcí. Paměť programu je řešena tak, aby i po odpojení mikropočítače uchovala data. Paměť dat je obvykle typu RAM, která po odpojení napájení ztrácí svá data. Velikost paměti záleží na typu a složitosti mikropočítače.

Čítače, časovače a oscilátory

Čítače a časovače jsou vhodné pro měření časových intervalů nebo počet příchozích impulzů. Oscilátory kmitají na určitých frekvencích, jejichž signál je využit například jako hodinový signál.

Vstupně výstupní porty

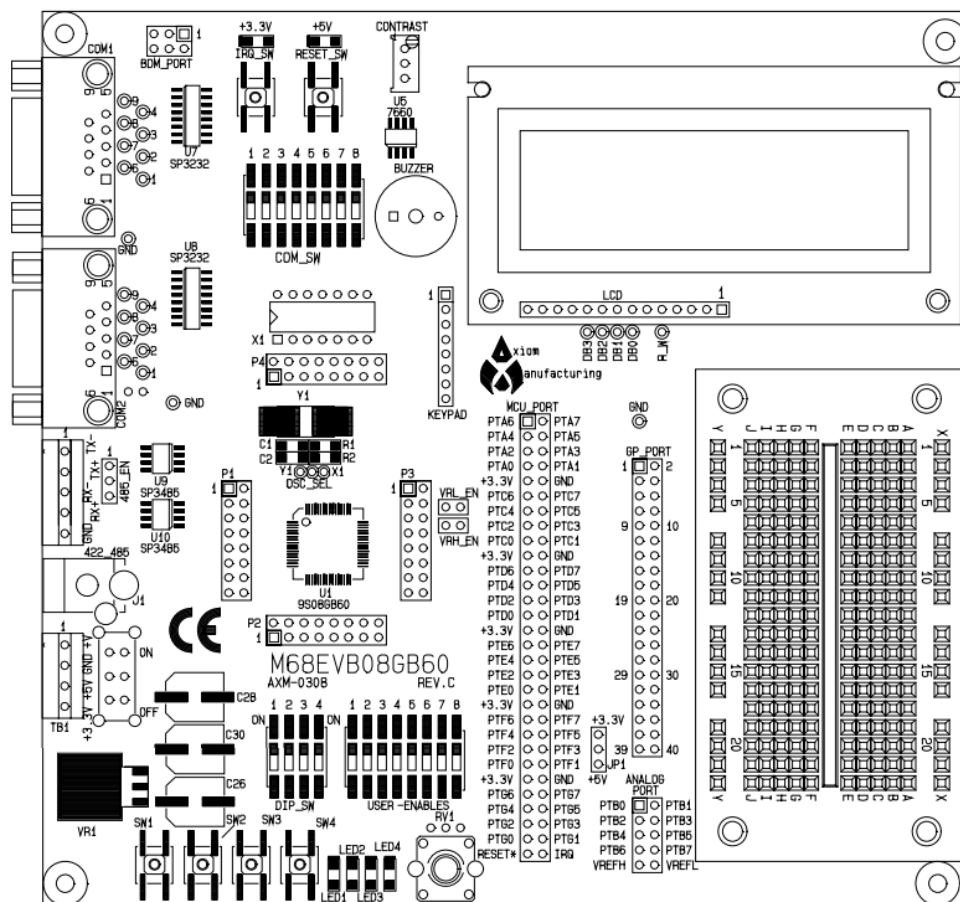
Jsou využity pro komunikaci s externími zařízeními. Podle nastavení skrz ně mikropočítač data přijímá, nebo data posílá do externích zařízení. Podle typu mikropočítače bývá jejich logická jedna buď 3,3 V, nebo 5 V.

Sériové kanály

Pro sériovou komunikaci obsahují mikropočítače sériové kanály, například SCI, SPI nebo UART rozhraní. Moduly jsou řízeny zvlášť vlastními obvody řízení. [2] [7]

1.3 Vývojový kit M68EVB908GB60

M68EVB908GB60 je vývojový kit s mikropočítačem M9S08GB60. Je dodáván společně se sériovým kabelem na propojení s PC, ukázkovými programy, a softwarem. [3]



Obr. 5. Vývojový kit M68EVB908GB60 [3]

1.3.1 Popis

Mikropočítač M9S08GB60 obsahuje 54 vstupně/výstupních linek. Dále SCI a SPI porty potřebné pro I²C komunikaci. Osmi kanálový 10 bitový analogově – digitální převodník. Tři kanály s TPM 1 a pět kanálů TPM 2 časovači. Jeho paměti mají kapacitu 60 KB flash paměť a 4 KB RAM paměť. Mimo mikropočítač na kitu najdeme krystalový oscilátor s volitelným

kmitočtem 32 kHz nebo 4 MHz. Zdroj napětí 3,3 V nebo 5 V. Dva COM konektory pro propojení kitu s počítačem. Přepínací tlačítko On/Off. Pro uživatele jsou na kitu čtyři led diody, čtyři tlačítka (SW1-SW4), čtyř-polohový DIP přepínač, dvouřádkový displej a tlačítko reset. Port se vstupně výstupními porty se nachází přibližně uprostřed desky svíse. Detailní pohled viz obrázek 6. [3]

PTA6/KBD6	1	2	PTA7/KBD7
PTA4/KBD4	3	4	PTA5/KBD5
PTA2/KBD2	5	6	PTA3/KBD3
PTA0/KBD0	7	8	PTA1/KBD1
3.3V	9	10	GND
PTC6	11	12	PTC7
PTC4/CLKOUT	13	14	PTC5
PTC2/SDA	15	16	PTC3/SCL
PTC0/TXD2	17	18	PTC1/RXD2
3.3V	19	20	GND
PTD6/TPM2CH3	21	22	PTD7/TPM2CH4
PTD4/TPM2CH1	23	24	PTD5/TPM2CH2
PTD2/TPM1CH2	25	26	PTD3/TPM2CH0
PTD0/TPM1CH0	27	28	PTD1/TPM1CH1
3.3V	29	30	GND
PTE6	31	32	PTE7
PTE4/MOSI	33	34	PTE5/SPSCK
PTE2/SS*	35	36	PTE3/MISO
PTE0/TXD1	37	38	PTE1/RXD1
3.3V	39	40	GND
PTF6	41	42	PTF7
PTF4	43	44	PTF5
PTF2	45	46	PTF3
PTF0	47	48	PTF1
3.3V	49	50	GND
PTG6	51	52	PTG7
PTG4	53	54	PTG5
PTG2/EXTAL	55	56	PTG3
PTG0/BGND/MS	57	58	PTG1/XTAL
RESET*	59	60	IRQ

Obr. 6. Vstupně výstupní porty [3]

PTA piny 0-7 jsou přiřazeny ke klávesnicovému portu, piny 4-7 navíc poskytují možnost připojit k tlačítkům SW1-SW4.

PTF piny 0-3 jsou připojeny na integrované LED diody.

PTE 0-1 při aktivaci umožňují SCI1 vstupy a výstupy na COM1.

PTC 0-1 při aktivaci umožňují SCI2 vstupy a výstupy na COM2.

PTD 0 poskytuje výstup bzučáku, pokud je aktivován.

PTG 3-7 a PTE 6-7 poskytují po aktivaci propojení s LCD displejem. [3]

1.3.2 Vývojové prostředí CodeWarrior

Kit se programuje ve vývojovém prostředí s názvem CodeWarrior, který je dostupný ze stránek freescale.

1.4 I²C modul mikropočítače

I²C komunikace funguje na principu master – slave. Jde o dvou vodičovou sběrnici propojující zařízení master a zařízení slave. Veškerou komunikaci řídí master zařízení a zařízení slave pouze odpovídá. [12]

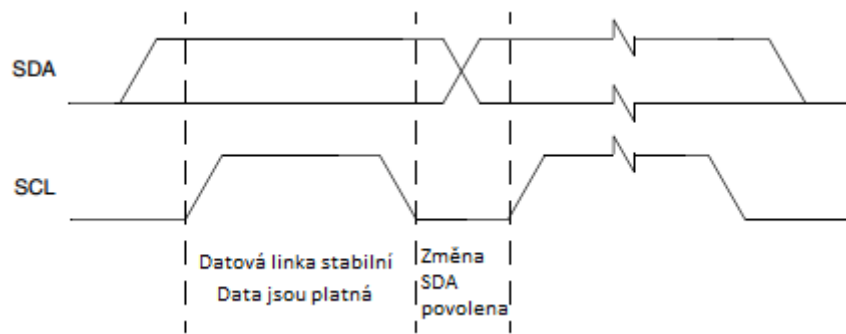
1.4.1 I²C terminologie:

- Vysílač (transmitter) – zařízení, které posílá data na sběrnici
- Přijímač (receiver) – zařízení, které přijímá data ze sběrnice
- Master – prvek komunikace, který generuje hodinový signál a ukončuje přenos dat
- Slave – zařízení adresováno od prvku master
- SDA – sériová datová linka (Serial DATA)
- SCL – sériová časovací linka (Serial CLOCK)

Linky SDA a SCL jsou připojeny na kladné napětí přes pull up rezistory. Pokud je sběrnice volná (neprobíhá komunikace), tak úroveň napětí je logická jedna. Přenos dat po I²C sběrnici dosahuje až 100 kbit/s ve standardním módu, nebo až 400 kbit/s v rychlém módu. [6]

1.4.2 Přenos jednoho bitu

Přenos dat o velikosti jednoho bitu je zobrazeno na obrázku 7. Data jsou posílány na datové lince, a aby byla data po přenesení validní, tak během toho, co signál na SCL lince přejde do logické jedničky a poté zpět do logické nuly, musí být data na datové lince stabilní, tedy v logické jedničce. Poté je povolena změna dat a další čtení.



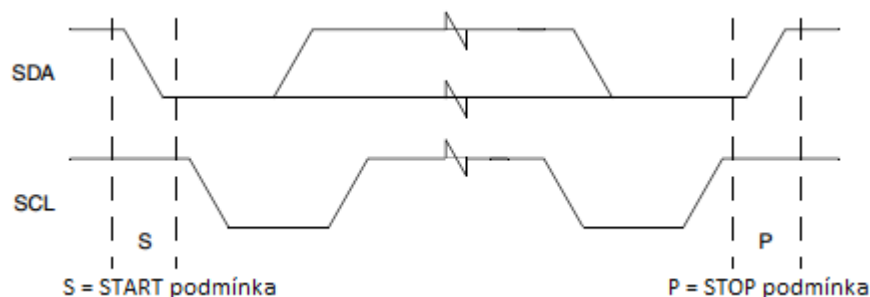
Obr. 7. Přenos jednoho bitu [6]

1.4.3 Start a stop podmínky

Před každou komunikací musí na sběrnici proběhnout takzvaná Start podmínka a na konci komunikace Stop podmínka.

Start podmínka je vytvořena tak, že během toho co je na časové lince logická jednička, tak na datové lince musí přijít přechod z logické jedničky na logickou nulu.

Stop podmínka je opak podmínky start. Tedy během logické jedničky na časové lince musí na datové lince napětí přejít z logické nuly na logickou jedna. [6]



Obr. 8. Start a stop podmínky [6]

1.4.4 Kontrolní bajt

Kontrolní bajt vždy následuje po start podmínce. Kontrolní bajt vybírá a aktivuje specifická zařízení na sběrnici. První čtyři bity reprezentují kontrolní kód pro zařízení slave. Například kontrolní bajt pro sériovou EEPROM je A0. A = 1010, další tři bity reprezentují výběr čipu při více připojených zařízeních a poslední bit určuje, zda se bude jednat o čtení, nebo zápis. Jednička značí čtení a nula zápis. Poslední devátý bit posílá zařízení a je generováno vždy zařízením slave s výjimkou, když zařízení master přečte a přijme data od zařízení slave. Tento bit se nazývá ACK (acknowledge). [6]

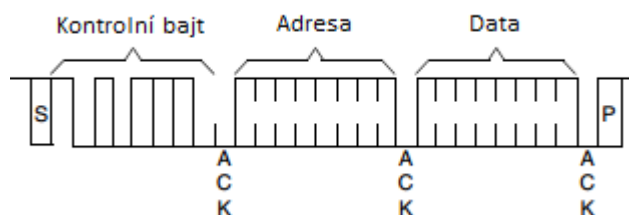


Obr. 9. Struktura kontrolního bajtu [6]

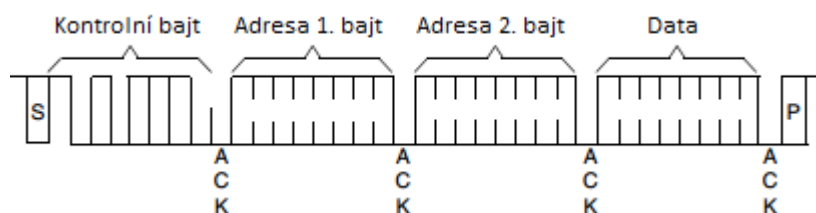
1.4.5 Čtení a zápis pomocí I²C komunikace

Zápis do zařízení slave probíhá následujícím způsobem. Proběhne start podmínka, poté následuje kontrolní bajt potvrzený ACK, dále zařízení master pošle adresu opět potvrzenou ACK, a nakonec pošle bajt dat. Proběhne ACK a stop podmínka.

Při zápisu se rozlišuje, zda zařízení slave má jednobajtovou nebo dvoubajtovou adresu. Pokud dvoubajtovou, tedy adresa je složená ze dvou bajtů zápis probíhá stejně, akorát se adresa musí poslat nadvakrát, viz obrázek 11. [6]

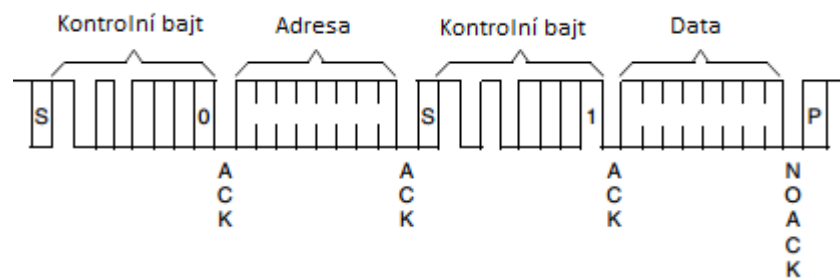


Obr. 10. Zápis bajtu [6]



Obr. 11. Zápis bajtu pro složenou adresu [6]

Při čtení zařízení master pošle start podmínku potvrzenou ACK a následovně pošle adresu. Poté pošle opět start podmínku, po které následuje kontrolní bajt končící jedničkou značící čtení. Zařízení slave potvrdí ACK a pošle požadované data zpět. Zařízení master ukončí komunikaci stop podmínkou, viz obrázek 12. [6]



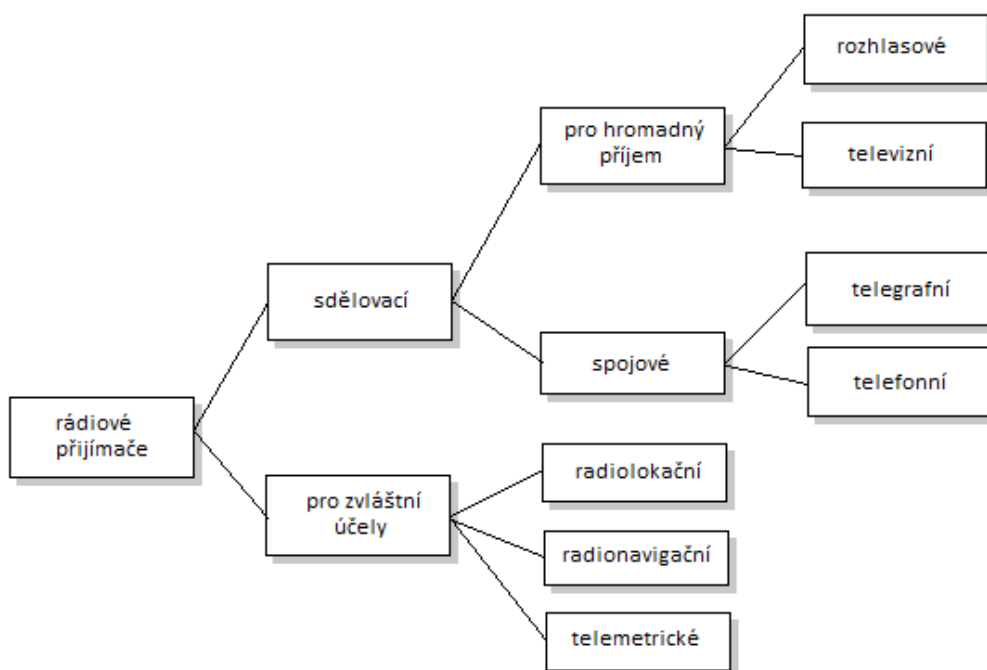
Obr. 12. Čtení dat ze zařízení slave [6]

2 FM PŘÍJÍMAČ

Rádiové přijímače jsou zařízení schopné zachycovat modulované vysokofrekvenční elektromagnetické vlny. Jsou schopny informaci přijmout, demodulovat a přeměnit na užitečný signál. Skládají se z několika hlavních částí, a to ze vstupního obvodu přivádějícím signál z antény, zesilovače, selektivního zesilovače pro žádané pásmo přijímaných kmitočtů, demodulátor pro druh modulace a výstupním audio signálem vhodným ke zpracování na další zesílení pro reprodukční zařízení. [1]

2.1 Druhy a vlastnosti přijímačů

Vlastnosti a provedení přijímačů závisí na provedení, požadovaných vlastnostech a účelu použití přijímače. Na obrázku 13 je vidět rozdělení přijímačů podle základních hledisek.



Obr. 13. Rozdělení rádiových přijímačů [1]

Dále lze přijímače rozdělit podle frekvenčních pásem, ve kterém je přijímač laditelný, podle druhu modulace, podle principu činnosti, podle druhu zdroje atd. Nejčastější a nejpoužívanější jsou rozhlasové přijímače.

Další z hlavních vlastností přijímačů je citlivost, jak slabé signály dokáže přijímač přijmout a selektivita, tedy jak přijímač dokáže vybranou frekvenci vybrat a ostatní frekvence potlačit.

Vlastnosti přijímačů závisí na tom, jakým způsobem se signál v přijímači selektuje, zesiluje a demoduluje. [1]

Podle těchto kritérií dělíme přijímače do třech kategorií:

- Přijímače bez zesílení

Nejjednodušší a nejstarší přijímač. Ze všech zachycených signálů se zpracovává jen ten, na který je naladěn rezonanční obvod LC. Kmitající vysokofrekvenční napětí se demoduluje sériovým diodovým detektorem. Tyto přijímače mají malou citlivost i selektivitu, hodí se tedy k poslechu pouze silných, nebo blízkých vysílačů.

- Přijímače s přímým zesílením

Pro tyto přijímače je charakteristické, že přijímaný vysokofrekvenční signál je zesilován přímo v původním oboru kmitočtů. Ze všech zachycených signálů anténou je naladěná frekvence úzkopásmovým vysokofrekvenčním zesilovačem zesílána s kmitočtem f_a . Při demodulaci je pak z nosného kmitočtu f_a sejmut nízkofrekvenční modulační signál. Tento signál je pak před reproduktorovým zařízením potřeba zesílit nízkofrekvenčním zesilovačem.

Selektivita i citlivost těchto přijímačů se zvětšuje zavedením kladné zpětné vazby ve vysokofrekvenčním zesilovači. S výhodou větší citlivosti a selektivity zde vznikají větší nároky na obsluhu, složitější nastavování, nestabilita a v běžném provedení malá selektivita. Z těchto důsledků jsou používány zřídka.

- Přijímače s nepřímým zesílením

Tyto přijímače odstraňují nevýhody přímo zesilujících přijímačů. Jejich princip je takový, že se signál a výběr signálu nedělá v původním oboru kmitočtů, ale ve vhodnějším, obvykle nižším oboru kmitočtů, do kterého je přijímaný signál přepočítáván pomocí měniče kmitočtů. Vysokofrekvenční signály zachyceny anténou přicházejí na vstup vysokofrekvenčního zesilovače, který zesiluje širší pásmo kolem přijímaného signálu f_a . Tyto frekvence přivádí na vstup směšovače. Do směšovače se z oscilátoru přijímače zavádí vysokofrekvenční signál f_{os} . Směšovač s oscilátorem společně vytvářejí měnič kmitočtu. Kmitočet f_a každého přijímaného signálu měnič mění na konstantní mezifrekvenční kmitočet f_{mf} . Ten je zesilován v mezifrekvenčním zesilovači a poté demodulován. Z nosné vlny f_{mf} je sejmutý modulační signál, zesílen nízkofrekvenčním zesilovačem a poslán na reproduktor. [1]

2.2 TEA5767

Jednočipový, elektronicky laděný FM stereo přijímač pro nízkonapěťové aplikace s plně integrovaným pokročilým zpracováním frekvencí a jejich demodulací. Může být laděn na evropských, amerických a japonských frekvencích. Řadí se do kategorie rozhlasových přijímačů s nepřímým zesílením.

Funkce jednotlivých vývodů modulu je vyobrazena na obrázku 13. Pin BUSMODE určuje, jakým způsobem rádio komunikuje. Pokud je BUSMODE připojen na logickou nulu, rádio komunikuje pomocí pinů SDA a SCL nazýváno I²C sběrnici. Pokud je BUSMODE připojen na logickou jedna, rádio komunikuje na principu 3 linkové sběrnice pomocí pinů SDA, SCL a W/R. VCC je napájení čipu minimálně 2,5 V a maximálně 5 V. GND je uzemnění. L-OUT a R-OUT je audio výstup pravý a levý kanál. MPXO není využito a ANT pin slouží pro připojení antény.



Obr. 14. FM přijímač TEA5767 [15]

2.2.1 Specifikace

- Vysoká vstupní citlivost
- I²C sběrnice nebo 3 linková sběrnice volitelná pinem BUSMODE
- Výstup zvuku jako mono nebo stereo
- Redukce stereo šumu na výstupu
- Režim spánku
- Automatické hledání frekvencí s volitelnou silou signálu
- Oscilátor pracující na 32,768 kHz frekvenci nebo na 13 MHz frekvenci
- PLL systém ladění
- Zápis do modulu TEA5767 způsobem 5 bajtů jdoucích sekvenčně za sebou [5]

3 IR DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ

Přenos pomocí infračerveného záření se řadí mezi jednu z nejstarších metod bezdrátové komunikace. Postupem času se rozšířila do různých druhů elektroniky. Dnes se nachází skoro v každém telefonu, nejrůznějších ovladačích, kamerách stolních počítačích a jiných. Vyvinuly se standardizované protokoly z důvodu bezchybné komunikace mezi vysílačem a přijímačem. [10] [13]

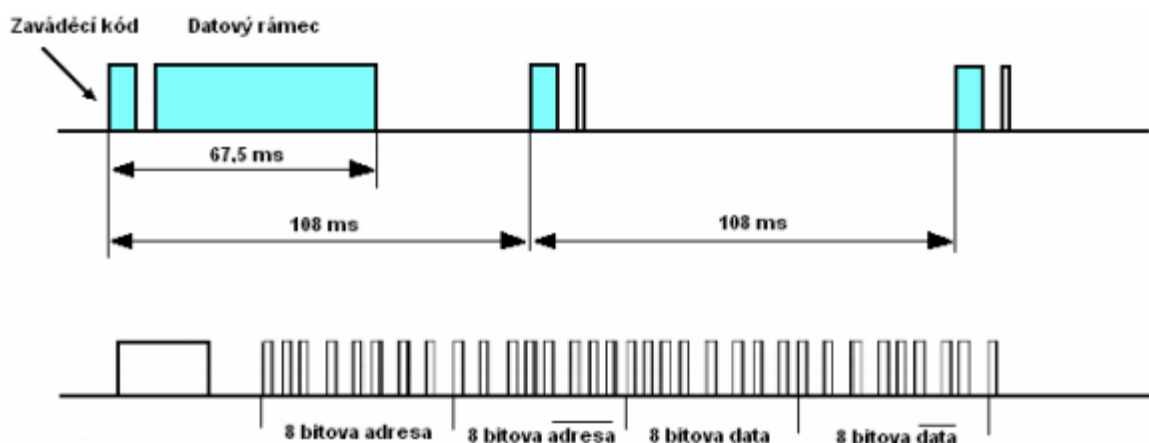
Nejpoužívanější z protokolů jsou:

- NEC protokol
- RC-5 protokol

3.1 NEC protokol

Využívá se pro dálkové ovladače. Data jsou kódovány pomocí pulzně šířkové modulace s nosnou frekvencí 36 kHz. Délka datového rámce je konstantní. Proti chybám je zavedena redundance. Data se vysílají dvakrát, normálně a potom inverzně.

Datový rámec protokolu NEC posílá data následujícím způsobem. Nejdříve je vyslán zaváděcí kód o délce 9 ms pro nastavení citlivosti přijímacího modulu. Poté následuje pauza 4,5 ms. Následují 4 bajty obsahující adresu, invertovanou adresu, data a invertovaná data. V případě držení tlačítka delší dobu se po prvním poslaném datovém rámci posílá jen zaváděcí kód a první bit. [10] [13]



Obr. 15. Datový rámec NEC protokolu [10]

3.2 RC-5 protokol

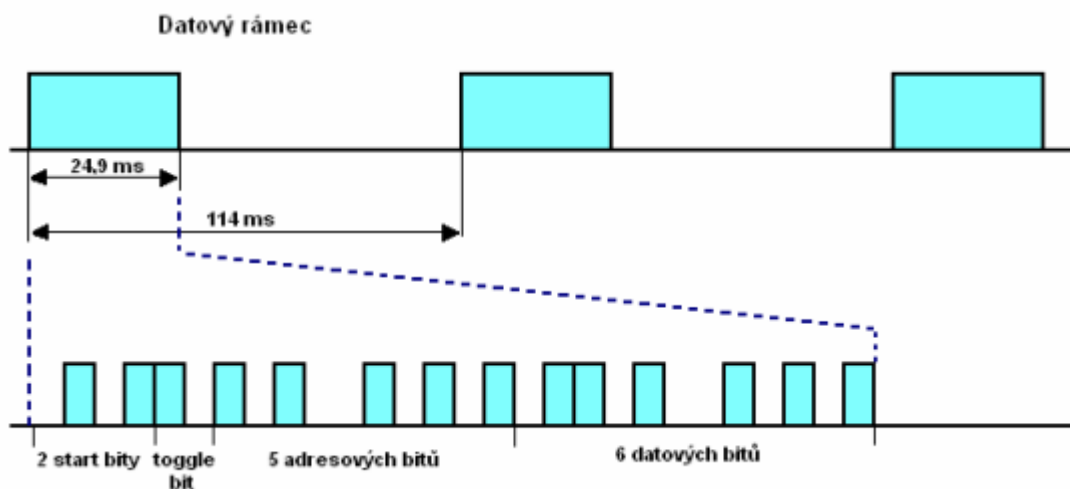
Navržen firmou Philips pro ovládání přístrojů spotřební elektroniky. Jeho struktura rámce je netypická. Stiskem tlačítka vysílá datový rámec o délce 114 ms, opakovaně. Příklad datového rámce je na obrázku 16.

Nejdříve jsou poslány dva start bity, oba mají logickou úroveň jedna.

Následuje toggle bit, který slouží k rozpoznání, zda bylo tlačítko stisknuto znovu, nebo je pořád stisknuto. Každým novým stisknutím tlačítka se toggle bit překlápí z nuly na jedničku a naopak. V přijímačích je tedy nutno kontrolovat zda se toggle z rámce změnil oproti úrovni v předchozím rámci.

Po toggle bitu následuje pět adresových bitů sloužících k rozpoznání ovládaného zařízení. Pokud je ovládáno jedno zařízení, nejsou adresové bity důležité.

Nakonec je posláno šest datových bitů, které reprezentují stisknuté tlačítko. Jsou stanovené tabulky s hodnotami tlačítek. Některé ovladače mohou být modifikované, takže tabulky nemusí být vždy pravidlem. [9] [10]



Obr. 16. Datový rámec RC-5 protokolu [10]

V následující tabulce je několik nejběžnějších příkazů z ovladače a jejich funkčních hodnot.

Tab. 1. Seznam tlačítek a jejich funkčních hodnot [9]

Příkaz	Funkce	Příkaz	Funkce
0-9	čísla 1-9	24	zesílení výšek
12	vypnutí	25	zeslabení výšek
13	mute/unmute	26	vyvážení zvuku doprava
16	zesílení	27	vyvážení zvuku doleva
17	zeslabení	32	další kanál
18	zesílení jasu	33	předchozí kanál
19	zeslabení jasu	82	zobrazit menu
22	zesílení basů	83	skrýt menu
23	zeslabení basů		

Jak bylo řečeno, hodnoty se můžou ve zvláštních případech lišit. V takovém případě je potřeba vytvořit program čtecí a zpracovávací signál z IR ovladače, a hodnoty tlačítek si ověřit.

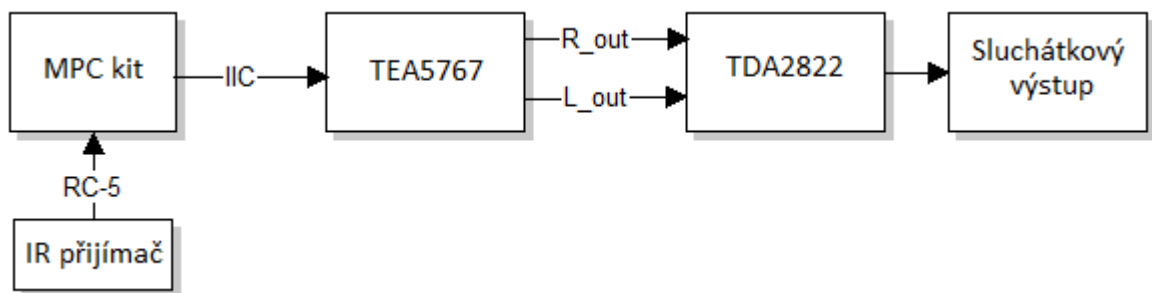
II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 BLOKOVÉ SCHÉMA

Před začátkem vytváření modulu se nejdříve muselo navrhnout blokové schéma, jak modul bude ovládán. Na obrázku 16 je vidět základní princip propojení jednotlivých součástí.

Jelikož mikropočítač je zařízení master a rádio modul je zařízení slave, tak celé řízení modulu zajišťuje mikropočítač. Jsou kontrolovány ovládací prvky kitu a přichází signál z IR přijímače, podle programu vyhodnoceny požadavky uživatele, a poslány požadavky přes I²C sběrnici do modulu s rádiovým čipem na bázi TEA5767. Modul podle přijatých požadavků provede příslušné operace. Audio demodulovaný nízkofrekvenční signál je přiváděn do zesilovače TDA2822. Výstupní signál ze zesilovače je přiveden na sluchátkový výstup přístupný uživateli.

Komponenty jsou napájeny z kitu napětím 3,3 V.



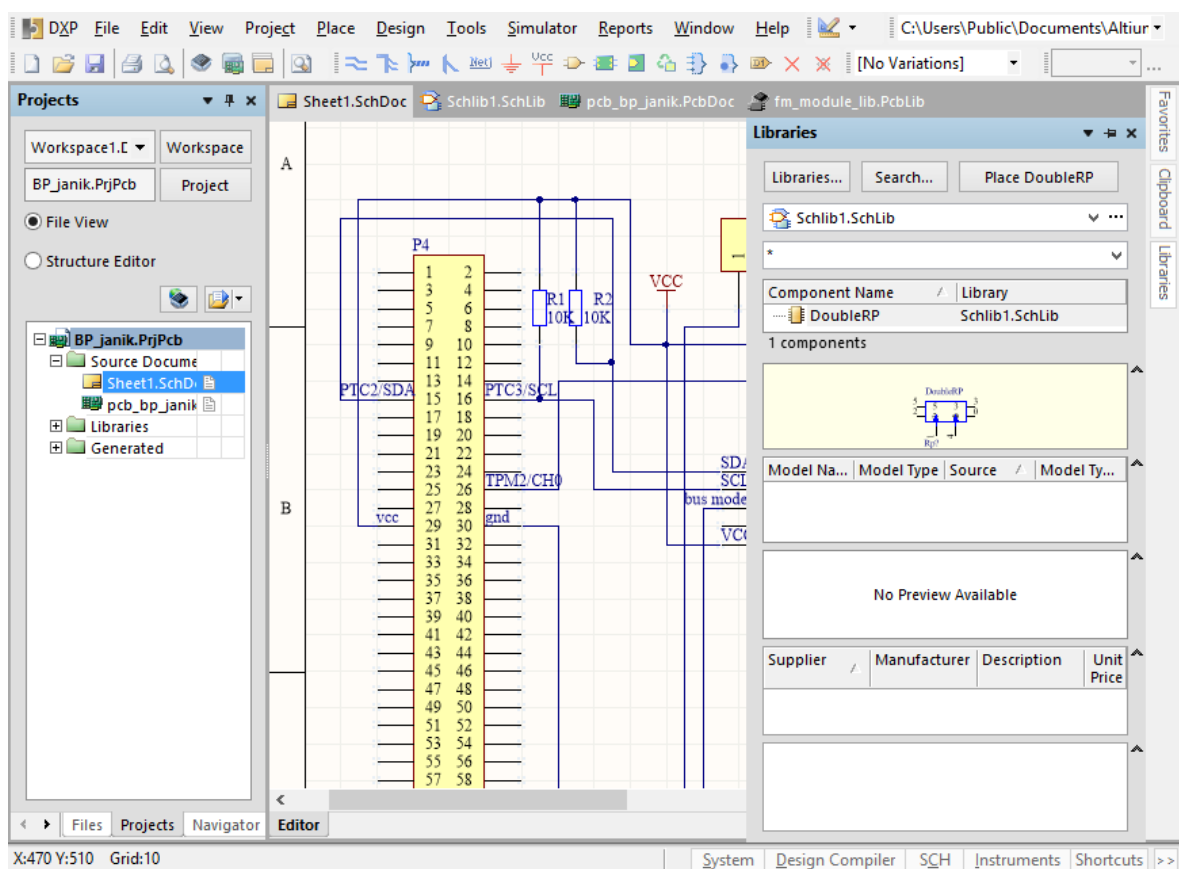
Obr. 17. Blokové schéma modulu

5 ALTIUM

Celý modul byl navrhován v programu Altium se školní licenci. Program se hodně podobá programu EAGLE. Má však širší možnost modifikací, knihoven a exportů pro výrobu desek. Pro návrh jednoduchých desek však znatelné výhody nemá.

5.1 Editor schémat

Před vytvořením desky plošného spoje je nutné navrhnout schéma zahrnující všechny součástky s hodnotami a modelem zahrnující rozměry.



Obr. 18. Altium, editor schémat

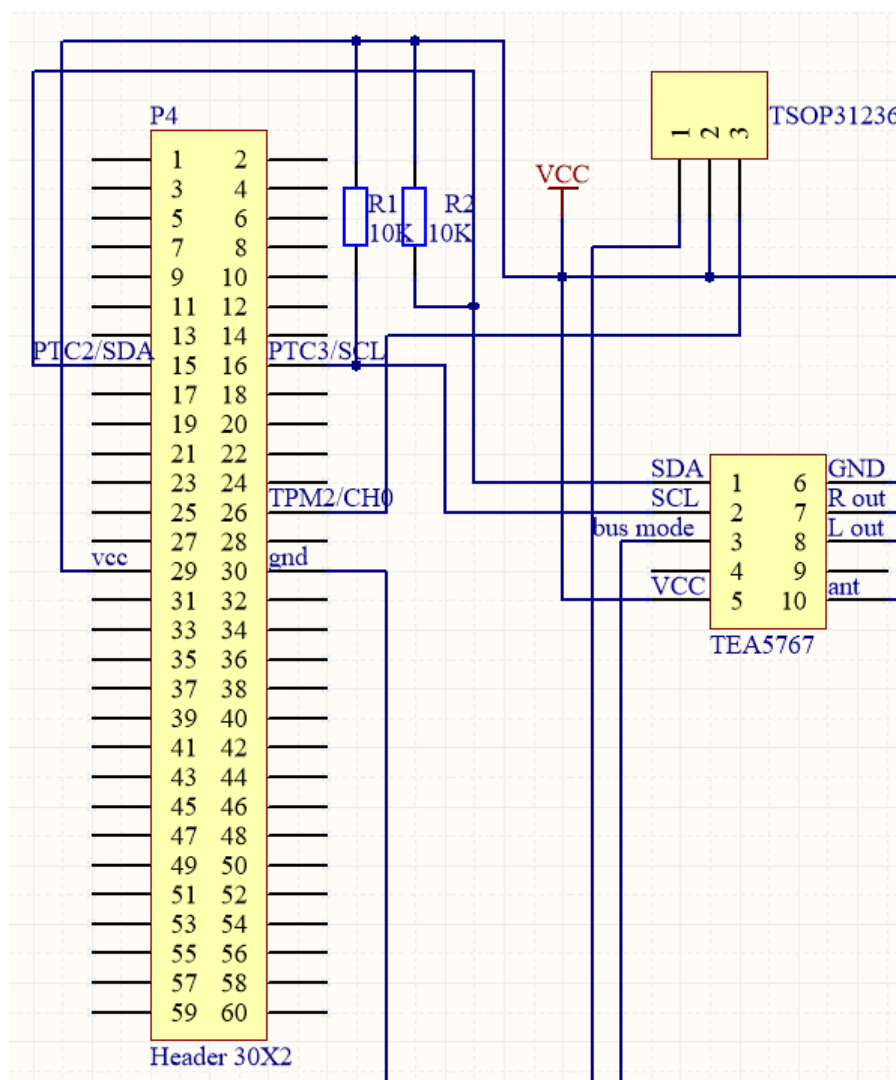
V programu Altium si uživatel vytvoří projekt, do kterého přidá nové schéma pomocí File -> New -> Schematic. Uživatel uvidí svoje schéma ve svém projektu a může začít navrhovat. Součástky prochází v dostupných knihovnách v pravé části programu, viz obrázek 18. Pokud se zde požadovaná součástka nenachází, Altium v editoru součástek nabízí možnost vytvoření knihovny vlastní. Před položením součástky musí uživatel vybrat footprint, tedy jaký má součástka model. Je to nutné pro editor PCB, aby se pak při výrobě součástky nepřekrývaly.

Po rozmístění všech součástek je uživatel pospojuje pomocí tlačítka Place wire (11 tlačítko zleva). Pro přehled může přidat značky VCC a GND. Pro popis pinů je možné přidat text pomocí Place -> Text string.

5.1.1 Návrh schématu

Schéma FM modulu se skládá ze vstupně/výstupního konektoru mikropočítače, rádiového modulu s TEA5767, IR přijímače, potenciometru na regulaci hlasitosti a zvukového zesilovače s výstupem na sluchátkový konektor.

Část propojení s modulem TEA5767 a IR přijímače s mikropočítačem



Obr. 19. Schéma, propojení s vývojovým kitem

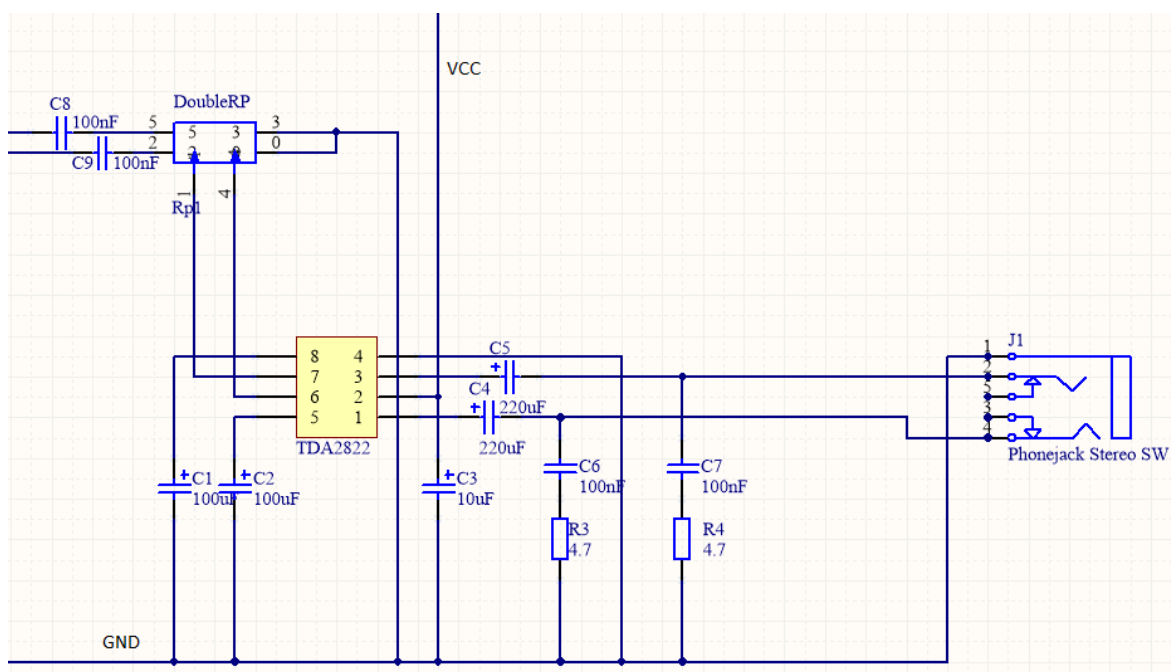
Modul komunikuje skrze I²C sběrnici, je tedy připojen přes pull-up rezistory na piny 15 a 16, které reprezentují datovou linku (SDA) a časovací linku (SCL). IR přijímač je připojen

na pin 26 (TPM2/CH0), který využívá časovač a rozpoznává nástupnou a sestupnou hranu demodulovaného RC-5 signálu.

Dále už jsou zapojeny jen piny 29 a 30, které reprezentují napětí Vcc o hodnotě 3,3 V a zem GND.

Zesilovací část

Druhá část schématu se zabývá zpracováním signálu z čipu TEA5767, jeho zesílením na napěťovou úroveň vhodnou pro sluchátka.

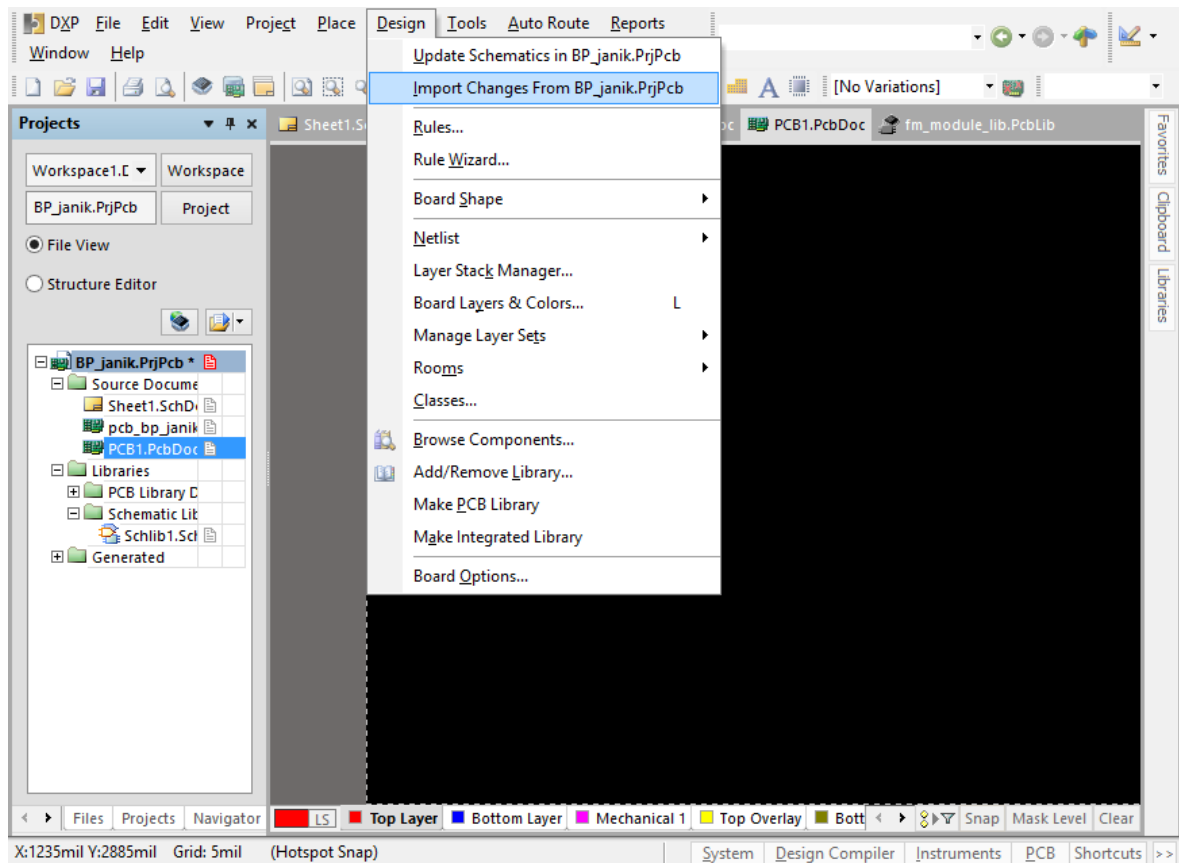


Obr. 20. Schéma, zpracování signálu na výstup

Levý a pravý audio signál prochází přes filtrační kondenzátory na potenciometr pro regulaci hlasitosti. Z potenciometru signál pokračuje na operační zesilovač TDA2822, jehož zapojení je navrženo podle technické dokumentace dostupné na internetu. Zesílený signál pak pokračuje na sluchákový konektor.

5.2 Editor PCB

Po dokončení schématu uživatel přechází do editoru desky plošného spoje. Uživatel musí vytvořit desku ve stejném projektu, ve kterém má navrženo schéma. Desku vytvoří pomocí File -> New -> PCB. Vzhled editoru je vidět na obrázku 21.

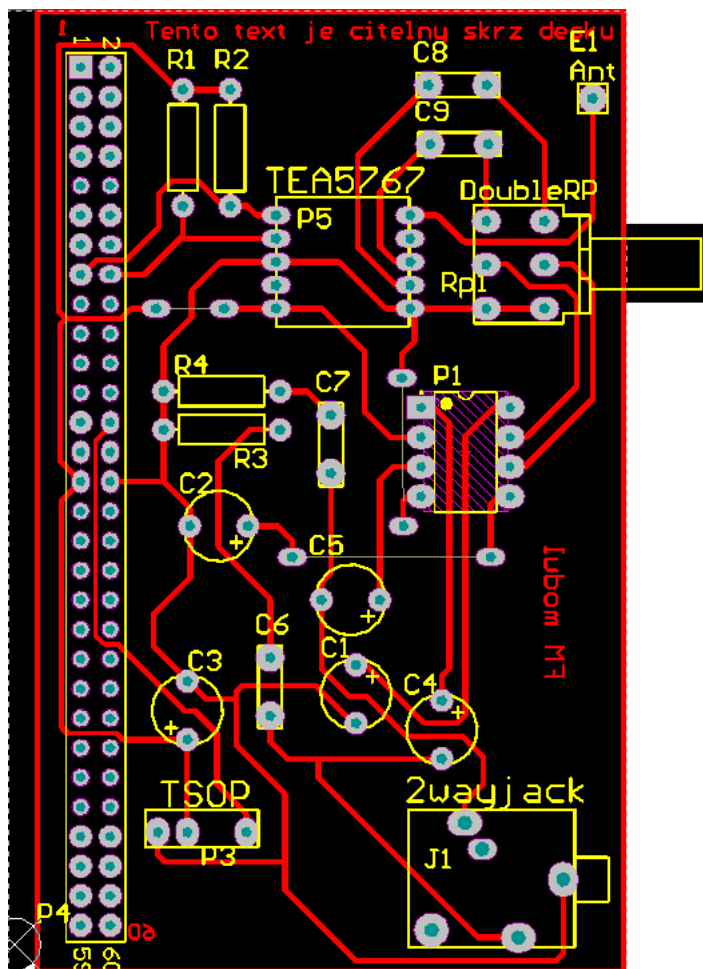


Obr. 21. Altium, editor PCB

Pro přidání součástek na desku je zde funkce Design -> Import Changes a název projektu uživatele, ve kterém desku vytváří. Součástky se potom zobrazí na desce, které si pak uživatel rozmístí, jak potřebuje a pospojuje buď manuálně, nebo pomocí autorouteru.

5.2.1 Návrh desky

Součástky jsou poskládány tak, aby křížení bylo co nejmenší, a bylo potřeba co nejmíň propojek. Jednotlivé součástky se musí pospojovat manuálně, neboť autorouter nezná vedení cest skrz součástku, tím pádem jsou cesty na několika vrstvách. Výsledná deska plošného spoje je na obrázku 22.



Obr. 22. Návrh desky plošného spoje

Po dokončení desky je nutno si uvědomit, jak se na desku díváme, ze strany součástek, nebo ze strany vodičích cest. Je to důležité z důvodu, aby před výrobou desky bylo patrné, jak je potřeba výstupní export upravit. Proto je na desce text „Tento text je citelný skrz desku“, aby bylo jasné, že se na desku díváme ze strany součástek. Tím pádem se předloha pro tisk musí obrátit zrcadlově, aby po vyleptání desky cesty propojovali součástky tak, jak mají.

V programu Altium se exporty pro výrobu desek nachází v menu a to File -> Fabrication outputs -> Final.

Exporty z programu pro výrobu desky jsou přiloženy v příloze P II.

6 VÝROBA DESKY PLOŠNÉHO SPOJE

Deska byla vyrobena fotocestou. Fotocesta je jeden z jednoduchých způsobů, jak si takovou desku vyrobit i doma.

K výrobě takové desky je potřeba několik následujících věcí, a to: UV lampa, roztok NaOH (hydroxid sodný), roztok FeCl₂ (chlorid železnatý), průhledná fólie do tiskárny, nebo obyčejný papír, desku s fotocitlivým lakem, laserovou tiskárnu a pro vrtání vrtačku.

Jako první krok je potřeba si nachystat a vytisknout filmovou předlohu. K tomu slouží export z programu Altium, který je přiložen v předloze P II. Je důležité v tiskárně nastavit největší kvalitu tisku, a spotřebu toneru na co nejvyšší hodnotu.

Další krok obnáší nachystat si desku. Je vhodné mít nachystanou desku většího rozměru, než je připravená předloha. Desku je možno si po dokončení výroby kdykoliv ustříhnout, a rozměr zmenšit. Na takto připravenou desku můžeme připevnit připravenou předlohu.

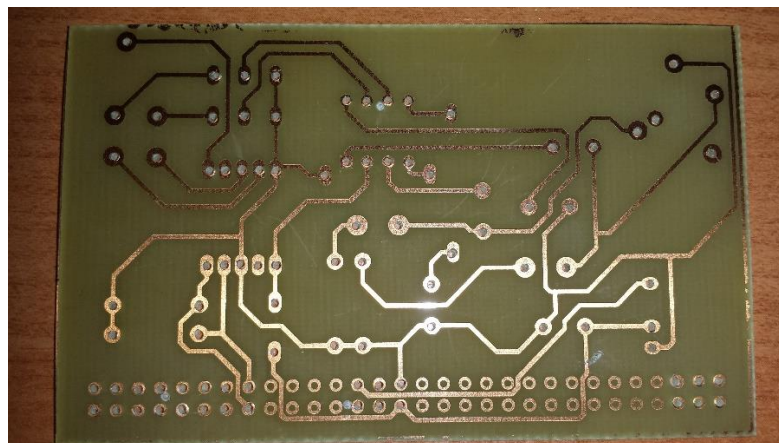
Následuje osvětlení pod UV lampou. Doba osvětlování záleží na mnoha faktorech, na výkonu lampy, vzdálenosti zářivek atd. Doba osvětlení však v průměru bývá v časovém rozmezí 1-4 minuty.

Po osvětlení je potřeba desku vyvolat. To se provádí v roztoku NaOH. Deska se do roztoku položí mědí směrem nahoru, aby na ni bylo vidět. Při vyvolávání je lepší miskou pohupovat ze strany na stranu, dokud nebudou vidět kontrastní cesty a z desky se nebude vyplavovat rozpuštěný lak. Po vytažení desky z roztoku je potřeba desku omýt pod tekoucí vodou.

Následující krok je leptání v roztoku FeCl₂. Desku je potřeba vložit do roztoku mědí směrem dolů, zcela osušenou a zešikma, aby se pod ní nevytvořily žádné vzduchové bublinky. Desku necháme v roztoku leptat alespoň 15 minut, záleží na kvalitě roztoku. Až bude skrze desku vidět vyleptané části, je deska hotová. Po vytažení z roztoku je nutno desku opět omýt pod tekoucí vodou, osušit a nanést pájitelný lak, aby nedošlo k oxidaci mědi.

V dalším kroku je dobré ostříhnout desku, a tím ji dát finální tvar. Zbrousit hrany pomocí smirkového papíru. Deska je připravena pro vrtání. [14]

Následující krok je vrtání. Vrtání se musí provádět opatrně, protože pájecí body nejsou tak velké, a nechceme, aby se při vrtání bodu odloupla měď kolem něho. Vrtání bylo prováděno vysokootáčkovou brusku (32 tisíc otáček) s vrtákem průměru 0,75 mm. Střed díry bylo potřeba nejdříve označit důlčičkem. Vyvrtaná deska je na obrázku 23.



Obr. 23. Vyleptaná a vyvrtaná deska plošného spoje

Před pájením je potřeba odstranit z desky lak, a to pomoci lihu, nebo acetonu. Dále přichází na řadu samotné pájení součástek. Jako pomůcku k pájení je dobré si nachystat rozmístění součástek, k tomu je určen druhý export z programu Altium, který je přiložen v příloze dokumentu PII, a seznam součástek s hodnotami, aby nedošlo k omylu záměny stejných, nebo podobných součástek s rozdílnými hodnotami. Pájení je prováděno mikropájkou za teploty 300°C. Piny, které propojují desku s mikropočítačem, jsou pájeny ze spodní strany, a to z důvodu, aby se deska dala zasunout do kitu. Součástky citlivé na teplo je dobré chladit pinzetou, nebo něčím, co odvádí teplo, dotknutím se aktuálně pájeného vývodu součástky. Po napájení všech součástek je deska připojena ke kitu, připravena k programování.

Tab. 2. Seznam součástek modulu

Seznam součástek					
ref	hodnota	pozn.	ref	hodnota	pozn.
R1	10 kΩ	pull-up	C1	100 uF	elyt
R2	10 kΩ	pull-up	C2	100 uF	elyt
R3	4,7 Ω	-	C3	10 uF	elyt
R4	4,7 Ω	-	C4	220 uF	elyt
Rp	-	dvojty pot.	C5	220 uF	elyt
J1	-	jack	C6	100 nF	keramický
TDA2822	-	OP zes.	C7	100 nF	keramický
TEA5767	-	FM rádio	C8	100 nF	keramický
TSOP	-	IR přijímač	C9	100 nF	keramický

7 PROGRAMOVÁ ČÁST MODULU

Knihovna pro FM modul a ukázkový program byly tvořeny v programu CodeWarrior. Jak se v tomto programu pracuje, je popsáno v následující kapitole, stejně tak je v následujících kapitolách popsána naprogramovaná knihovna a ukázkový program modulu.

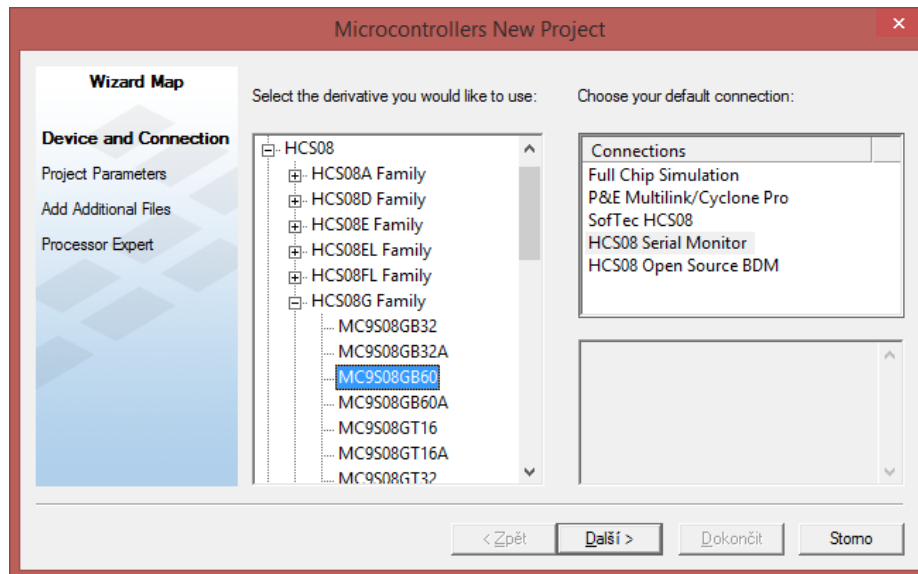
7.1 Vytvoření nového projektu v CodeWarrioru

Při spuštění programu se zobrazí úvodní nabídka s volbou vytvoření nového projektu, nebo otevření předchozího.



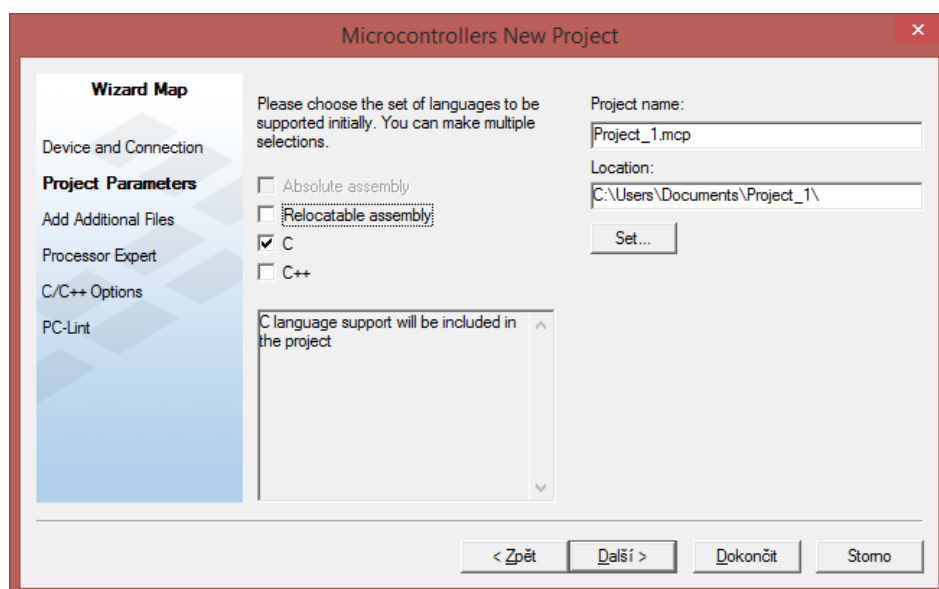
Obr. 24. CodeWarrior, vytvoření nového projektu

Při vytváření nového projektu je nutno si v tabulce vybrat, jaký mikro počítač bude programován. V tomto případě je to HCS08G family a poté MC9S08GB60. V pravé části si programátor vybírá, zda chce úplnou simulaci čipu (Full chip simulation), nebo se bude připojovat k desce přímo (HCS08 serial monitor).

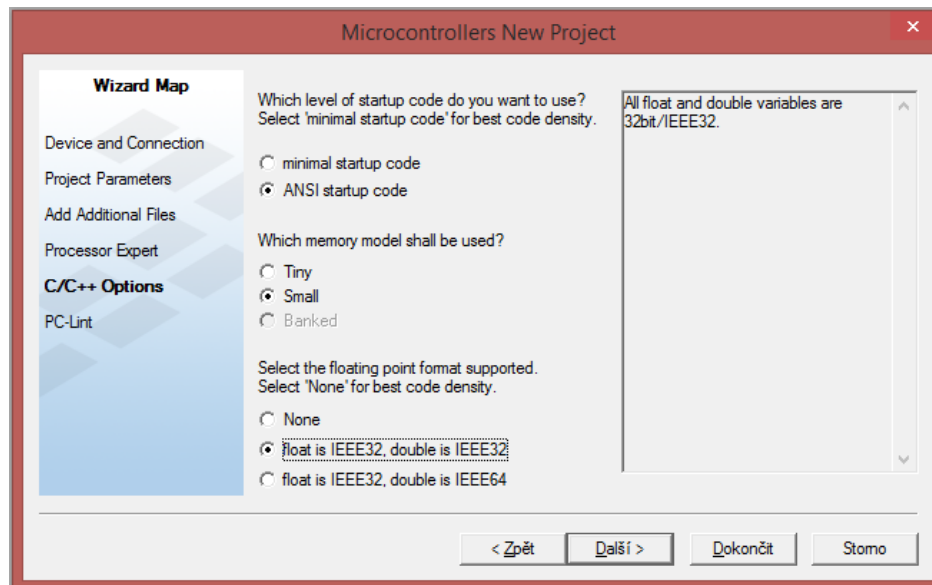


Obr. 25. CodeWarrior, vybrání daného mikropočítače

Po kliknutí na tlačítko next se objeví další nabídka, kde si uživatel zvolí, v jakém jazyku chce programovat a nastaví si cestu umístění svého programu, viz obrázek 26. Na další záložce je možno přidat do projektu knihovny, které má uživatel někde v počítači uložené. Pokud by uživatel chtěl v programu pracovat s čísly s desetinnými místy, musí na záložce C/C++ Options přidat možnost float a double jak je vidět na obrázku 27.

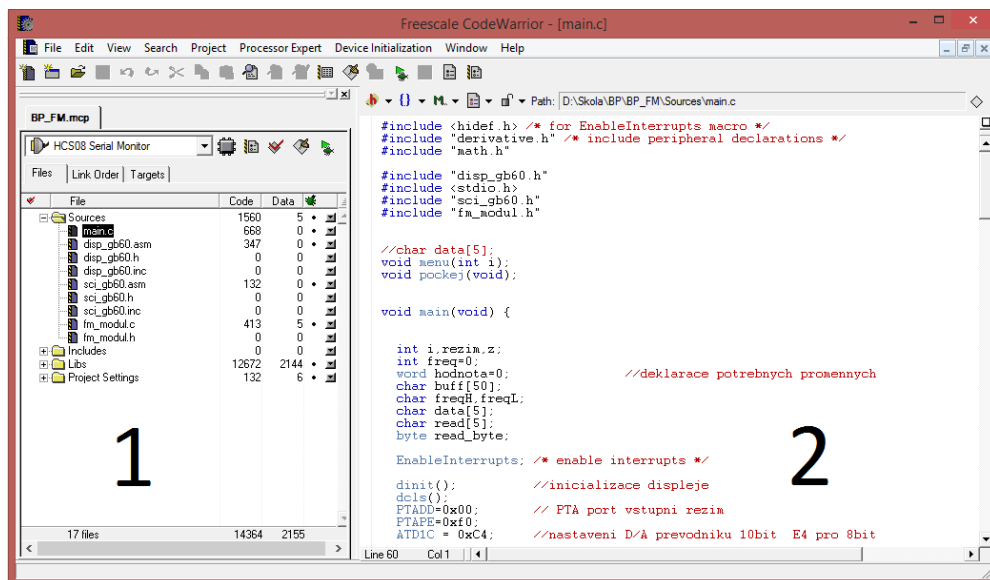


Obr. 26. CodeWarrior, volba jazyka a umístění projektu



Obr. 27. CodeWarrior, volba desetinných čísel

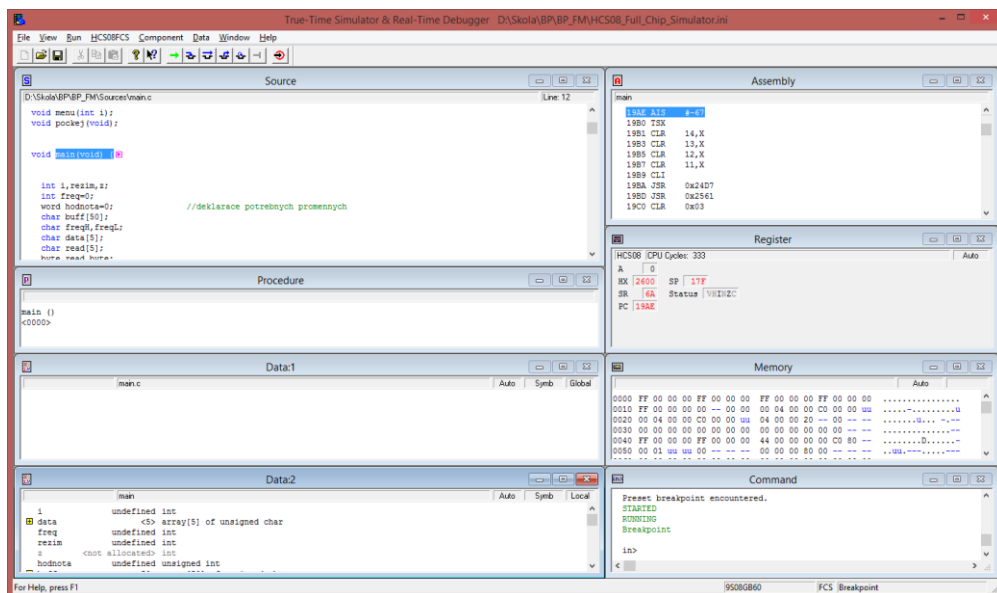
Po dokončení procesu vytváření nového projektu, se zobrazí okno, viz obrázek 28. V části jedna se zobrazuje stromová struktura projektu, všechny zahrnuté soubory a knihovny a všechny uživatelem vytvořené soubory, které jsou do projektu přidány. Dvojitým kliknutím si uživatel vybere soubor, ve kterém chce psát kód, a ten se mu zobrazí v části dvě.



Obr. 28. CodeWarrior, programování projektu

Pro kompilaci, spuštění a odeslání kódu do mikro počítače se provede kliknutím na ikonu zelené šipky nahoře. Zobrazí se debugger, zobrazen na obrázku 29, ve kterém si uživatel může procházet svůj kód krok od kroku a vyladit chyby. Další možností je zde kontrola proměnných v části Data 2. Celkové globální proměnné jsou v části data 1. V pravé části

uživatel vidí ukládání do registrů, kód v assembleru a paměť mikropočítače. Pravá část debuggeru je určena pro pokročilejší a znalejší uživatele.



Obr. 29. CodeWarrior, debugger

7.2 Knihovna `fm_modul.c`

Knihovna `fm_modul.c` obsahuje funkce pro zápis a čtení s čipem TEA5767, čtení informací z IR ovladače a uživatelské funkce, které uživatel využije při vlastním programování modulu. Dále se v ní nachází dvě globálně deklarovaná pole pěti bajtů, které jsou určeny pro ukládání hodnot čtení a pro nastavení hodnot pro zápis do modulu. Pole Buffer je určeno pro zápis, pole Read je určeno pro ukládání přečtených hodnot z modulu.

ICG_init

- **Použití:** `ICG_init()`

Pokud chceme, aby program fungoval správně ihned po zapnutí kitu bez potřeby připojení k počítači a nahrání programu přes debugger programu, je nutno zavolat na začátku programu tuto funkci. Debugger spolupracuje s monitorem, což je program v paměti flash, který se stará o zavádění a ladění programu. Funkce tedy inicializuje hodinový generátor tak, aby byl zdrojem frekvence externí krystal. Dále provede inicializaci FLL pro získání cílové taktovací frekvence sběrnice 20 MHz. Tím se zajistí, že jakákoliv část programu, která vyžaduje hodinový signál o dané frekvenci, bude fungovat tak, jak má.

7.2.1 Funkce komunikace I²C

Init_I2C

- **Použití:** Init_I2C();

Tato funkce je volána uživatelském programu jednou, na začátku programu. Funkce zajišťuje inicializaci komunikace, tedy povolení komunikace v mikropočítači nastavení zařízení master a slave, nastavení rychlosti zápisu a čtení. Dále je zde nastaveno pole buffer inicializačními hodnotami tak, aby rádio hrálo a mělo nastaveno vhodné výchozí hodnoty.

Čtení

IIC_read_byte

- **Použití:** IIC_read_byte(byte addr, byte *data)

Funkce je volána ve funkcích, ve kterých je potřeba přečíst aktuální frekvenci z modulu TEA5767, například automatické hledání stanic. Uživatel ji při programování nepoužívá. Má dva vstupní parametry a to adresu pro čtení a ukazatel na pole dat, do kterých se ukládají přečtené informace.

Funkce je inspirovaná z internetového zdroje [6]. Poté je upravená, aby nečetla pouze jeden bajt, ale pět v řadě za sebou.

Význam přečtených dat z TEA5767

- Byte 1

Tab. 3. Struktura prvního přečteného bajtu [5]

7	6	5	4	3	2	1	0
RF	BLF	PLL13	PLL12	PLL11	PLL10	PLL9	PLL8

RF (ready flag) znamená, zda stanice byla nalezena a je připravena k přenosu dat.

BLF (band limit flag) značí, zda bylo dosaženo limitu frekvenčního pásma.

PLL8 až PLL13 jsou bity nesoucí první část frekvence v čipu TEA5767. [5]

- Byte 2

Tab. 4. Struktura druhého přečteného bajtu [5]

7	6	5	4	3	2	1	0
PLL7	PLL6	PLL5	PLL4	PLL3	PLL2	PLL1	PLL0

PLL0 až PLL7 nesou druhou část frekvence nastavenou v rádiu. Zpětný výpočet na hodnotu frekvence je popsán ve funkci `read_freq`. [5]

- Byte 3

Tab. 5. Struktura třetího přečteného bajtu [5]

7	6	5	4	3	2	1	0
STEREO	IF6	IF5	IF4	IF3	IF2	IF1	IF0

STEREO značí, zda je audio výstup v režimu mono, nebo stereo. Uživatel tuto hodnotu ovládá pomocí funkce `mono_stereo` viz kapitola uživatelské funkce.

IF6-IF0 nesou hodnotu IF počítadla, při přepočítávání frekvencí. [5]

- Byte 4

Tab. 6. Struktura čtvrtého přečteného bajtu [5]

7	6	5	4	3	2	1	0
LEV3	LEV2	LEV1	LEV0	CI3	CI2	CI1	0

LEV0-LEV3 nesou hodnotu signálu na výstupu. Uživatel tuto hodnotu posílá do čipu ve funkci `auto_search` viz kapitola uživatelské funkce.

CI3-CI1 jsou bity identifikace čipu, a jsou všechny nulové.

Poslední osmý bit je vždy nula. [5]

- Byte 5

Všechny bity pátého bajtu jsou rezervovány pro případné rozšiřující specifikace modulu, a jsou všechny nastaveny na nulu. [5]

Tab. 7. Struktura pátého přečteného bajtu [5]

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Zápis

IIC_write_block

- **Použití:** `IIC_write_block(byte addr, byte *data)`

Funkce je volána ve většině uživatelských funkcích. Podle aktuálního požadavku se změní příslušný bit v globálním poli `buffer`, následně je pole posláno pomocí této

funkce do čipu TEA5767. Je inspirovaná z internetového zdroje [6], a upravená pro zápis 5 bajtů za sebou.

Význam dat určených pro zápis

- Byte 1

Tab. 8. Struktura prvního zapisovacího bajtu [5]

7	6	5	4	3	2	1	0
MUTE	SM	PLL13	PLL12	PLL11	PLL10	PLL9	PLL8

MUTE (ztlumení) znamená, zda rádio hraje, nebo ne.

SM (search mode) ovládá, zda je modul v režimu manuálního nebo automatického ladění.

PLL8 až PLL13 nesou první část frekvence určené pro zápis. [5]

- Byte 2

Tab. 9. Struktura druhého zapisovacího bajtu [5]

7	6	5	4	3	2	1	0
PLL7	PLL6	PLL5	PLL4	PLL3	PLL2	PLL1	PLL0

PLL0 až PLL7 nesou druhou část frekvence určené pro zápis. [5]

- Byte 3

Tab. 10. Struktura třetího zapisovacího bajtu [5]

7	6	5	4	3	2	1	0
SUD	SSL1	SSL0	HLSI	MS	MR	ML	SWP1

SUD značí, zda rádio hledá frekvence směrem nahoru, nebo dolů. Má význam pouze, když je modul v režimu automatického hledání.

SSL0 a SSL1 ovlivňují, jak silný musí být výstupní signál nalezené frekvence, aby modul zastavil hledání.

HLSI ovlivňuje výpočet PLL slova frekvence. Pokud je jednička tak je high side injection, pokud nula tak low side injection. Rozdíl ve výpočtu viz kapitola 7.2.3 funkce send_freq.

MS (mono, stereo) ovlivňuje, zda je výstupní signál nastaven jako mono, nebo stereo.

MR a ML ovlivňují ztlumení levého nebo pravého kanálu.

SWP1 je programovatelný port. [5]

- Byte 4

Tab. 11. Struktura čtvrtého zapisovacího bajtu [5]

7	6	5	4	3	2	1	0
SWP2	STBY	BL	XTAL	SMUTE	HCC	SNC	SI

SWP2 je druhý programovatelný port.

STBY (standby) je bit určený pro nastavení režimu spánku.

BL (band limit) označuje, na jakém frekvenčním pásmu modul pracuje. 1 pro japonské frekvence a 0 pro evropské.

XTAL značí, na jaké frekvenci pracuje krystal. Musí být nastaveno na jedničku, což značí frekvenci 32,768 kHz.

SMUTE je ovládací bit pro funkci soft mute, přeloženo jako jemné ztlumení. Ovlivňuje utlumení signálu vycházejícího z demodulátoru. Nemá znatelný vliv na výstup.

HCC (high cut control) přeloženo jako kontrola výstupního napětí.

SNC (stereo noise cancelling) zapíná nebo vypíná funkci omezení šumu na výstupu. Funguje pouze pro stereo.

SI ovlivňuje bit SWP1. Pokud je SI rovno logické jedničce, tak port SWP1 je výstup pro kontrolu čipu. Pokud je SI rovno nule, tak port SWP1 je programovatelný port. [5]

- Byte 5

Tab. 12. Struktura pátého zapisovacího bajtu [5]

7	6	5	4	3	2	1	0
PLLREF	DTC	-	-	-	-	-	-

PLLREF je rozšiřující bit pro nastavení frekvence krystalu. Pokud je logická nula, tak je zvolen interní krystal modulu, pokud je v logické jedna, tak se jedná o externí krystal.

DTC nastavuje časovou konstantu v modulu. Pokud je logická jedna, tak je konstanta 75 mikro sekund, pokud je logická nula, tak je konstanta 50 mikro sekund. Pro naši práci s modulem je tento pin nastaven jako logická nula. [5]

7.2.2 Funkce IR ovladače

Funkce ovladače jsou inspirovány ze zdroje [18] a modifikovány dle potřeby.

Init_RC5

- **Použití:** Init_RC5()

Tato funkce je volána na začátku programu a slouží pro inicializaci registrů pro čtení dat z IR přijímače, připojený na pin TPM2CH0.

rc5_read

- **Použití:** rc5_read(&togglebit, &databit);
- **Výstupní parametr:** funkce vrací hodnotu typu integer

Tuto funkci uživatel používá v programu pro čtení dat z ovladače, konkrétně toggle a data. Jako vstupní parametry do funkce musí vložit ukazatel na proměnné, do kterých chce toggle a data ukládat.

Celou funkci musí uložit do proměnné integer, protože funkce vrací jedničku pokud byl příjem dat z ovladače úspěšný, nebo nulu pokud nebyl úspěšný.

7.2.3 Uživatelské funkce

send_freq

- **Použití:** send_freq(int freq)

Tuto funkci uživatel používá pro nastavení požadované frekvence. Jelikož je výhodnější používat hodnoty integer místo plovoucí desetinné čárky, tak se frekvence zadávají tak, jak je známe a krát 10. Frekvenční pásmo je 70-108 MHz. Posílá tedy hodnotu v rozmezí 700-1080. Frekvence se zde přepočítává do PLL slova, a ukládá do pole. Následně se zavolá funkce pro zapsání dat do čipu.

Výpočet PLL slova se provádí podle následujícího vzorce.

- High side injection

$$N = \frac{4 * (f_{RF} + f_{IF})}{f_{ref}} \quad (1)$$

- Low side injection

$$N = \frac{4 * (f_{RF} - f_{IF})}{f_{ref}} \quad (2)$$

f_{RF} = požadovaná frekvence

f_{IF} = střední frekvence pásma, konstanta, 225 kHz

f_{ref} = referenční frekvence, pro krystal se kterým pracujeme je rovna 32768 Hz.
[11]

Ukázka výpočtu pro frekvenci 91,6 MHz

$$N = \frac{4 * (91,6 * 1000000 + 225000)}{32768} \quad (3)$$
$$N = 11209$$

V programu je vzorec upravený, jelikož nejsou použita desetinná čísla, tak se frekvence násobí místo 10^6 pouze 10^5 .

mute

- **Použití:** mute(int mode)

Tuto funkci uživatel používá pro ztlumení a odtlumení audio výstupu z modulu. Jako vstupní parametr je číslo integer. Pokud je parametr jednička, tak se zvuk ztlumí. Pokud nula tak se vypne ztlumení.

muteL

- **Použití:** muteL(int mode)

Pomocí této funkce může uživatel ztlumit levý kanál audio výstupu z modulu. Pokud je vstupní parametr typu integer roven jedné, tak se levý kanál ztlumí, pokud je roven nule, tak se ztlumení vypne.

muteP

- **Použití:** muteP(int mode)

Obdobná funkce jako muteL, akorát se ztlumí pravý kanál. Opět vstupní parametr integer. Jednička zapíná a nula vypíná ztlumení.

auto_search

- **Použití:** auto_search(int mode, int up_down)

Funkce auto_search má dva vstupní parametry. Parametr mode je typu integer a ovlivňuje, jak silný musí být signál na výstupu, aby čip zastavil hledání.

- 0 level výstupu je roven 5
- 1 level výstupu je roven 7
- 2 level výstupu je roven 10

Druhý parametr je také typu integer a jeho hodnoty mohou být pouze jedna nebo nula. Pokud je jednička tak se frekvence hledají směrem nahoru, pokud nula tak směrem dolů.

standby

- **Použití:** standby(int mode)

Funkce standby slouží pro přepnutí modulu do režimu spánku. Podle vstupního parametru typu integer, pokud je jednička přepne do režimu spánku, pokud je nula přepne zpět do normálního režimu.

stereo_noise

- **Použití:** stereo_noise(int mode)

Touto funkcí uživatel zapíná, nebo vypíná redukci šumu na výstupu. Funguje pouze pro stereo režim audia. Podle vstupního parametru typu integer se jedničkou zapne, a nulou vypne.

mono_stereo

- **Použití:** mono_stereo(int mode)

Pomocí této funkce uživatel mění režim audia. Podle vstupního parametru typu integer se přepíná audio na mono, nebo stereo. Jednička je pro mono, nula pro stereo.

read_freq

- **Použití:** read_freq()

Tato funkce nemá vstupní parametr, ale vrací integer hodnotu aktuální frekvence v čipu. Pokud tedy uživatel volá automatické ladění, a chce zjistit naladěnou frekvenci, musí hodnotu, kterou tato funkce vrací uložit do proměnné typu integer.

Funkce zavolá čtení a poté z proměnné read přečte první dva bajty. Spojí si je do PLL slova a zpětným výpočtem vypočítá frekvenci.

7.2.4 Obsluha přerušování pro IR signál

V knihovně fm_modul.c se nachází i obsluhy přerušování a to obsluha přerušování pro časovač, a pro samotné zpracování jednotlivých bitů signálu z IR přijímače. Jelikož víme, že datový

rámec protokolu RC-5 je dlouhý 114 ms, ale samotná data jsou v bloku o délce 25 ms, můžeme nastavit časovač na 30 ms. Pokud v tomto čase neproběhne přečtení všech bitů z datového rámce, nebudou data považována jako validní.

Při inicializaci RC5 je nastaven časovač jako detekce vstupu (input capture). Zároveň se inicializuje proměnná, která označuje číslo kontrolovaného bitu. První dva bity jsou start bity, na které je nastavená sestupná hrana. Po přečtení těchto bitů je potom nastavena kontrola periody a čtení jakékoliv hrany, jelikož následující bity mohou být logická jedna i logická nula. Je uložen toggle bit a následuje procházení adresních bitů. Adresní bity jsou 4 až 8 bit. Tyto bity však nejsou ukládány, protože je ovládáno pouze jedno zařízení s jedním přijímačem, takže nenesou žádný význam. Po těchto bitech následuje šest datových bitů, jejichž hodnoty jsou uloženy a po přečtení posledního bitu jsou hodnoty uloženy do jiných proměnných a pomocné proměnné jsou vynulovány.

7.3 Ukázkový program main.c

Po vytvoření knihovny fm_modul.c bylo potřeba navrhnout ukázkový program, který funkce modulu využije a předvede v praxi. Main.c obsahuje algoritmus, kontrolující ovládací prvky z kitu a IR ovladače, zpracovává je a vykonává příslušné operace. Dále vykresluje na displej informace pro uživatele. Ovládání celého modulu je realizováno pomocí kláves kitu SW1-SW4 a potenciometru. Druhá možnost ovládání je pomocí dálkového ovládání.

Popis ovládání programu na klávesami na kitu

Celý program má navrženo menu skládající se ze sedmi položek.

- Úvodní obrazovka
Objeví se pokaždé jako první, nese název modulu a napovídá, kterou klávesou se listuje v menu, tedy klávesa SW1.
- Manuální ladění
V této záložce menu si může uživatel naladit požadovanou frekvenci. Desítky a jednotky nastaví tak, že musí stisknout a držet klávesu SW2 a točením potenciometru naladit požadovanou hodnotu. Desetiny MHz nastaví stisknutím a držením klávesy SW3 a otáčením potenciometrem. Po uvolnění klávesy se rádio naladí na aktuální frekvenci zobrazenou na LCD displeji kitu.
- Automatické ladění

V záložce automatické ladění si uživatel nastaví parametry pro automatické ladění. Pomocí klávesy SW2 si nastaví požadovanou sílu signálu, které rádio zachytí. Na displeji tento parametr označují dvě písmena na druhém řádku a to: Lo pro nejslabší signál, Me pro střední signál a Hi pro silný signál. Dalším parametrem je, zda má rádio hledat frekvence směrem nahoru, nebo dolů. To je ovládáno tlačítkem SW3 a na displeji je to: UP pro nahoru a DO pro dolů. Klávesou SW4 uživatel potvrdí volbu a rádio začne hledat. Nalezená frekvence se zobrazí na druhém řádku vpravo.

- Paměť stanic

V paměti stanic jde uložit pět různých stanic. Procházení mezi jednotlivými stanicemi je umožněno pomocí klávesy SW2. Každou stanicí v paměti jde přeladit tak, že uživatel najede na stanici v paměti, kterou chce přeladit a klávesami SW3, SW4 a potenciometrem frekvenci přeladí. Stejný princip jak u manuálního ladění.

- Mute/Unmute

V této záložce menu uživatel může pomocí klávesy SW2 rádio ztlumit a pomocí klávesy SW3 ztlumení vypnout.

- Ztlumení L/P

Pomocí opakovaného stisknutí klávesy SW2 se ztlumí a vypne ztlumení levého kanálu audio výstupu. Pomocí klávesy SW3 to samé, ale pro pravý kanál.

- Stereo, Standby

Klávesou SW2 se přepíná mezi mono, nebo stereo audio výstupem. Klávesou SW3 se přepíná rádio do režimu spánku. Tou samou klávesou se přepne z režimu spánku do normálního režimu.

- Stereo noise

Rádio má možnost omezení šumu na výstupu, když je audio výstup nastaven na stereo. Klávesou SW2 lze tuto funkci zapnout, nebo vypnout. Pokud ji uživatel zapne a audio je v režimu mono, automaticky se přepne do režimu stereo.

Popis ovládání programu IR ovladačem

Klávesy na ovladači jsou specifikovány a v programu jsou jim přiřazeny funkce přímo. Uživatel tedy nemusí listovat v menu a hledat, co potřebuje najít. Jelikož jsou hodnoty tlačítek ovladačů na bázi RC-5 protokolu stanoveny, měl by na modul fungovat libovolný ovladač. Využití tlačítek je následující:

- Červené tlačítko vypnout – ovládání režimu spánku
- Tlačítko ztlumit – ztlumí a vypne ztlumení

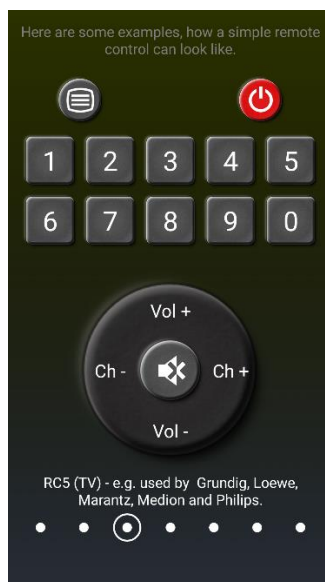
- Zesílení zvuku – zapne automatické hledání frekvence směrem nahoru
- Zeslabení zvuku – zapne automatické hledání frekvence směrem dolů
- Následující kanál (televizní) – posune na následující položku paměti stanic
- Předcházející kanál – posune na předchozí položku paměti stanic
- Čísla 1-5 – čísla si uživatel může uložit frekvenci do paměti stanic. Jakmile si uživatel automaticky naladí frekvenci, tak nalezenou frekvenci si může uložit do paměti stisknutím příslušného tlačítka.

7.3.1 Funkce programu main.c

- Funkce main
Ve funkci main se deklarují proměnné, nastavují jejich inicializační hodnoty, inicializuje se mikropočítač, RC-5 a I2C komunikace. Ve funkci main jsou pak podle aktuální položky menu zobrazovány dynamické části jako například ON/OFF, a kontrolují se příslušné stisky tlačítek pro konkrétnější ovládání. Například v první položce menu funguje pouze klávesa SW1, při manuálním ladění klávesy SW2, SW3 a potenciometr a tak podobně.
- Funkce menu
Tato funkce je volána v každém cyklu programu a podle globální proměnné pol_menu vykresluje na displej příslušné texty.
- Funkce počkej
Tato funkce slouží k vytížení CPU na určitou dobu. Je používána po stisknutí klávesy, aby se tlačítko nepovažovalo za stisknuto ve více cyklech programu. Je v ní jeden cyklus, který pouze přičítá do určité proměnné jedničku do stanovené hodnoty. Cyklus by podržel vykonávání další části programu na 10 ms.
- Funkce kbi_int
Tato funkce je nastavena jako přerušení pro klávesu SW1. Po stisknutí klávesy mikropočítač zaznamená sestupnou hranu této klávesy a zavolá obsluhu přerušení. V ní se inkrementuje globální proměnná pol_menu. Klávesa tedy zajišťuje listování v menu.

7.4 Mobilní aplikace IR ovladač

Jako IR vysílač signálu byl použit mobilní telefon typu SAMSUNG Galaxy S4 s infračerveným portem. V obchod play dostupném na jakémkoliv android zařízení je volně dostupná aplikace s názvem RCoid. Vzhled aplikace je možno vidět na obrázku 28.



Obr. 30. Mobilní aplikace RCoid

V aplikaci je přednastaveno několik ovladačů. Přepínání mezi nimi je na spodní části obrazovky. Ovladač použit v této práci pracuje na principu RC-5 protokolu, a ten najdeme v aplikaci na třetí záložce.

Jak je napsáno v kapitole 7.3, ukázkový program je ovládán pomocí středového kruhu, tlačítka ztlumit, vypnout a tlačítek s čísly jedna až pět.

Aplikace má možnost různých modifikací ovladačů, editací tlačítek a možnost vytvoření nového tlačítka a RC-5 kódu, jaký bude tlačítko posílat.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a realizovat rádiový modul s čipem TEA5767 a poté naprogramovat knihovnu ovládacích funkcí s jejich využitím v ukázkovém programu. Dalším kritériem bylo, aby bylo modul možno ovládat také bezdrátově pomocí dálkového ovladače posílajícího data na bázi protokolu RC-5. Bylo potřeba napsat dokumentaci popisující vytvořenou knihovnu a ukázkový program, z důvodu objasnění vytvořených funkcí a práci s modulem.

Nejdříve bylo potřeba navrhnout hardware. Schéma modulu a PCB byly navrženy v programu Altium. Po vytisknutí předloh se vyrobila deska metodou nazývanou fotocesta. Pájecí body desky byly vyvrtány vysokootáčkovou bruskou s vrtákem o průměru 0,75 mm a poté byly všechny součástky napájeny podle schématu mikropájkou tam, kam patří. Konektor pro připojení s mikropočítačem byl napájen ze spodní strany desky, tedy na straně mědi, aby bylo možno modul ke kitu připojit.

Po připojení modulu s kitem následovalo programování knihovny s komunikačními a uživatelskými funkcemi. Nejdříve bylo důležité vytvořit komunikační funkce pracující podle protokolu I²C. Po otestování komunikačních funkcí bylo potřeba vytvořit funkce uživatelské tak, aby jejich názvy dávaly smysl a měly jednoduše vyřešeny vstupní a výstupní parametry. Všechny funkce, až na jednu, mají tedy jeden vstupní parametr a jsou bez výstupních parametrů.

Dále bylo potřeba inicializovat RC-5 protokol na pinu snímajícím signál z IR přijímače na modulu. Byly vytvořeny obsluhy přerušení reagující na příchozí signál, a uživatelská funkce, která vrací uživateli informace o zmáčknutém tlačítku na ovladači. Jako ovladač je potřeba použít zařízení, které posílá data podle protokolu RC-5.

Po dokončení knihovny bylo potřeba vyzkoušet, ověřit a aplikovat tyto funkce v ukázkovém programu, jehož vytvořené menu dovoluje uživateli všechny tyto funkce vyzkoušet. V průběhu ověřování funkce se ukázalo, že ukázkový program je plně funkční, včetně ovládání IR dálkovým ovladačem.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOLTÍK, Dr. Ing. Jiří, Ing. Milan ČESKÝ, CSc., Ing. Jiří HOJKA a Ing. Ladislav VOMELA. 1982. *Elektronická zařízení*. První vydání. Praha 1: Nakladatelství technické literatury, n. p. ISBN L26-C2-IV-31/55321.
- [2] FREESCALE SEMICONDUCTOR: *HCS08 Family Reference Manual*, Rev. 2. [online]. 2007. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/HCS08RMV1.pdf
- [3] FREESCALE SEMICONDUCTOR: *M68EVB908GB60 User's Guide* [online]. 2005. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: http://cache.freescale.com/files/soft_dev_tools/doc/user_guide/M68EVB908GB60UM.pdf
- [4] FREESCALE SEMICONDUCTOR: *CPU08 Central Processor Unit: Reference Manual*, Rev.4. [online]. 2006. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/CPU08RM.pdf
- [5] TEA5767HN: *Low-power FM stereo radio for handheld applications: Product data sheet* [online]. 2007. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.voti.nl/docs/TEA5767.pdf>
- [6] FREESCALE SEMICONDUCTOR: *How to Use IIC Module on M68HC08, HCS08, and HCS12 MCUs*, Rev. 2. [online]. 2007. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/app_note/AN3291.pdf
- [7] Jednočipový počítač. 2014. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Jedno%C4%8Dipov%C3%BD_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D
- [8] Von Neumannova architektura. 2015. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Von_Neumannova_architektura
- [9] RC-5. 2015. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/RC-5>
- [10] ZDAŘIL, Tomáš. 2009. *PŘIJÍMAČ DÁLKOVÉHO OVLÁDÁNÍ* [online]. Brno [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_ve_rejne.php?file_id=18562. Bakalářská práce. VUT Brno.
- [11] Arduino FM receiver with TEA5767 [online]. 2011. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <https://www.electronicblog.net/arduino-fm-receiver-with-tea5767/>
- [12] Sběrnice IIC, o co jde a jak pracuje [online]. 2015. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.dhservis.cz/iic.htm>
- [13] Příjem a dekódování telegramu infračervených dálkových ovladačů [online]. 2015. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: http://www.dhservis.cz/dalsi_1/stmivac_do_soubory/infra.htm

- [14] Fotocesta: domácí výroba desek plošných spojů (DPS) [online]. 2015. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.elweb.cz/clanky.php?clanek=101>
- [15] FM RADIO TEA5767 [online]. 2015. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: http://linhkien69.vn/fm-radio-tea5767_i937_c133.aspx
- [16] ECESLU Microprocessors lecture 2 [online]. 2015. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.slideshare.net/desbinwag/microprocessors2>
- [17] MCS-51. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/MCS-51>
- [18] PAPICA, Martin. 2012. *Výukový modul pro předmět MPC: digitálně řízený zvukový procesor* [online]. Zlín [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <https://digilib.k.utb.cz>. Bakalářská práce. UTB Zlín.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

FM	Frekvenční modulace (příjem frekvence)
IR	Infračervené záření
CPU	Procesor
RAM	Elektronicky programovatelná paměť
SCI	Sériová asynchronní sběrnice
SPI	Sériová synchronní sběrnice
UART	Univerzální asynchronní přijímač/vysílač
LCD	Displej z tekutých krystalů
SDA	Datová linka
SCL	Časovací linka
VCC	Napájecí napětí
GND	Uzemnění
NEC	Norma infračerveného přenosu
RC-5	Norma infračerveného přenosu
PCB	Deska plošného spoje

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Mikropočítač [7]</i>	10
<i>Obr. 2. Von Neumannova koncepce [8]</i>	10
<i>Obr. 3. Harvardská koncepce [16]</i>	11
<i>Obr. 4. Blokové schéma mikropočítače [17]</i>	12
<i>Obr. 5. Vývojový kit M68EVB908GB60 [3]</i>	13
<i>Obr. 6. Vstupně výstupní porty [3]</i>	14
<i>Obr. 7. Přenos jednoho bitu [6]</i>	16
<i>Obr. 8. Start a stop podmínky [6]</i>	16
<i>Obr. 9. Struktura kontrolního bajtu [6]</i>	17
<i>Obr. 10. Zápis bajtu [6]</i>	17
<i>Obr. 11. Zápis bajtu pro složenou adresu [6]</i>	17
<i>Obr. 12. Čtení dat ze zařízení slave [6]</i>	18
<i>Obr. 13. Rozdělení rádiových přijímačů [1]</i>	19
<i>Obr. 14. FM přijímač TEA5767 [15]</i>	21
<i>Obr. 15. Datový rámec NEC protokolu [10]</i>	22
<i>Obr. 16. Datový rámec RC-5 protokolu [10]</i>	23
<i>Obr. 17. Blokové schéma modulu</i>	26
<i>Obr. 18. Altium, editor schémat</i>	27
<i>Obr. 19. Schéma, propojení s vývojovým kitem</i>	28
<i>Obr. 20. Schéma, zpracování signálu na výstup</i>	29
<i>Obr. 21. Altium, editor PCB</i>	30
<i>Obr. 22. Návrh desky plošného spoje</i>	31
<i>Obr. 23. Vyleptaná a vyvrtaná deska plošného spoje</i>	33
<i>Obr. 24. CodeWarrior, vytvoření nového projektu</i>	34
<i>Obr. 25. CodeWarrior, vybrání daného mikropočítače</i>	35
<i>Obr. 26. CodeWarrior, volba jazyka a umístění projektu</i>	35
<i>Obr. 27. CodeWarrior, volba desetinných čísel</i>	36
<i>Obr. 28. CodeWarrior, programování projektu</i>	36
<i>Obr. 29. CodeWarrior, debugger</i>	37
<i>Obr. 30. Mobilní aplikace RCoid</i>	48

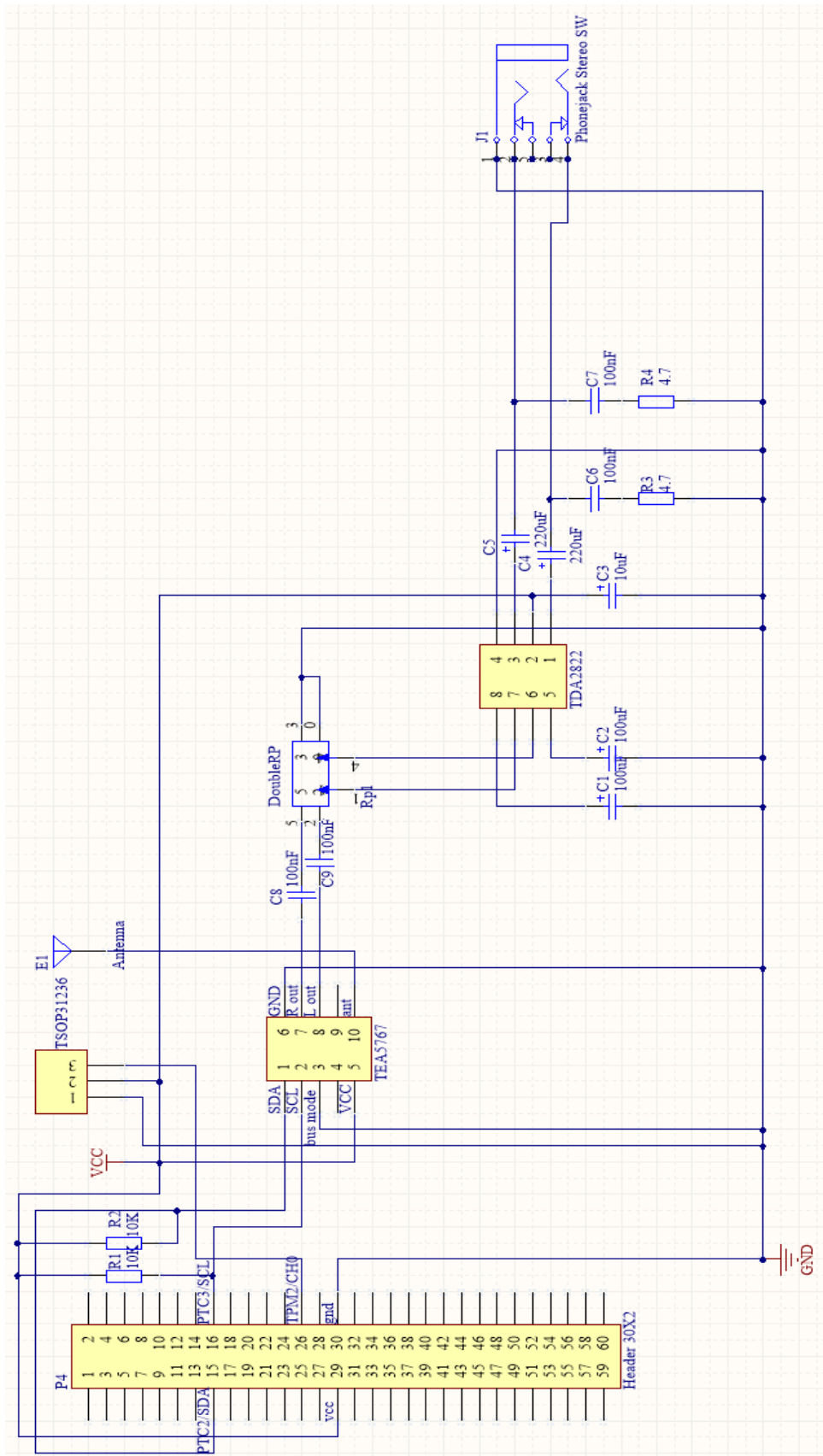
SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Seznam tlačítek a jejich funkčních hodnot [9].....</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 2. Seznam součástí modulu</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 3. Struktura prvního přečteného bajtu [5].....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 4. Struktura druhého přečteného bajtu [5].....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 5. Struktura třetího přečteného bajtu [5]</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 6. Struktura čtvrtého přečteného bajtu [5]</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 7. Struktura pátého přečteného bajtu [5]</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 8. Struktura prvního zapisovacího bajtu [5]</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 9. Struktura druhého zapisovacího bajtu [5].....</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 10. Struktura třetího zapisovacího bajtu [5]</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 11. Struktura čtvrtého zapisovacího bajtu [5].....</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 12. Struktura pátého zapisovacího bajtu [5]</i>	<i>41</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- P I SCHÉMA ZAPOJENÍ MODULU
- P II ALTIUM EXPORTY PRO VÝROBU
- P III FOTOGRAFIE MODULU FM RÁDIA
- P IV ZDROJOVÉ KÓDY APLIKACE
- P V KNIHOVNA FUNKCÍ FM MODULU

PŘÍLOHA P I: SCHÉMA ZAPOJENÍ MODULU



PŘÍLOHA P II: ALTIUM EXPORTY PRO VÝROBU

