VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF MICROELEKTRONICS

DÁLKOVĚ OVLÁDANÝ ANALOGOVÝ MULTIPLEXER

REMOTE-CONTROLED ANALOGUE MULTIPLEXER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR´S THESIS

AUTOR PRÁCE LADISLAV CHVÍLA
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. JIŘÍ VÁVRA
SUPERVISOR

BRNO 2010

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav mikroelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Mikroelektronika a technologie

Student:	Ladislav Chvíla	***ID:***	111051
Ročník:	3	***Akademický rok:***	2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Dálkově ovládaný analogový multiplexer

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte a realizujte zařízení, které bude přepínat alespoň tři analogové vstupy audio signálů s kmitočty do 20 kHz s minimálním zkreslením. Zařízení bude umožňovat ovládání celkového zesílení a úpravu zesílení pásmových filtrů na nízkých, středních a vysokých kmitočtech. Zařízení bude ovládatelné univerzálním IR ovladačem.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání:	8.2.2010	***Termín odevzdání:***	3.6.2010

Vedoucí práce: Ing. Jiří Vávra

prof. Ing. Radimír Vrba, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

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

Licenční smlouva
poskytovaná k výkonu práva užít školní dílo

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Ladislav Chvíla

Bytem: Holubice 120, 68351

Narozen/a (datum a místo): 17. 1. 1988

(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 děkanka fakulty:

Prof. Ing. Jarmila Dědková, 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: Dálkově řízený analogový multiplexer

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Jiří Vávra

Ústav: Ústav mikroelektroniky

Datum obhajoby VŠKP: .....

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- ☒ tištěné formě – počet exemplářů 2
- ☒ elektronické formě – počet exemplářů 2

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: 3. 6. 2010

…….. ……
Nabyvatel Autor

Abstrakt:

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací dálkově ovládaného analogového multiplexeru a detailním popisem, jakým způsobem je toto zařízení konstruováno a jaké jsou jeho technické parametry. Práce se zabývá jak hardwarem tak i softwarem.

Abstract:

This bechelor thesis is about proposal and realization of remote-controled analogue multiplexer with detailed desription how it is constructed and what are technical parameters. Thesis is both about hardware and about software.

Klíčová slova:

Analogový multiplexer, IR komunikace, mikrokontrolér, I²C, SPI, displej

Keywords:

Analogue multiplexer, IR communication, microcontroller, I²C, SPI, display

Bibliografická citace díla:

CHVÍLA, L. *Dálkově ovládaný analogový multiplexer.* Brno, 2010, 36s. Vedoucí bakalářské práce ing. Jiří Vávra, FEKT VUT v Brně

Prohlášení autora o původnosti díla:

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářké práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené bakalářské 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 3. 6. 2010

…….

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Vávrovi, za profesionální přístup, odbornou pomoc a čas, kterým věnoval mé bakalářské práci

V Brně dne 3. 6. 2010 ……

podpis autora

OBSAH

ÚVOD **9**

HARDWARE **10**
1. KONCEPCE ZAŘÍZENÍ **10**
1.1 návrh zařízení **10**
2. MIKROKONTROLÉR **11**
2.1 Úvod **11**
2.2 Vlastnosti **11**
3. ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA **14**
3.1 Programování řídící jednotky **15**
4. AUDIOPROCESOR **16**
4.1 Parametry TDA7439 ..... **16**
4.2 Modul audioprocesoru **18**
4.3 Sběrnice I2C **20**
4.4 Organizace dat při přenosu **21**
5. IR KOMUNIKACE **23**
5.1 TSOP1736 ..... **23**
5.2 Protokol RC-5 ..... **23**
6. ZOBRAZOVACÍ JEDNOTKA **25**
6.1 MC1602E-SBL/H **25**

SOFTWARE **27**
7. PROGRAM ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY **27**
7.1 Knihovny programu **27**
7.2 Funkce **29**

8. ZÁVĚR **32**

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ **33**
SEZNAM OBRÁZKŮ **35**
SEZNAM TABULEK **35**
SEZNAM PŘÍLOH **35**
Příloha 1 – DPS audioprocesoru **36**
Příloha 2 – Osazovací plán DPS audioprocesoru **36**

Úvod

Dálkově ovládaný analogový multiplexer bývá dnes samozřejmou součástí téměř všech audio zařízení. Obvykle je integrován uvnitř reproduktorové soustavy, v přehrávači audia či složitěji zakomponován v televizním zařízení.

Právě důvod, že analogové multiplexery jsou nedílnou součástí zařízení a není možné vyjmout pouze modul s multiplexerem pro jiné využití, byl hlavním motivem realizace této bakalářské práce.

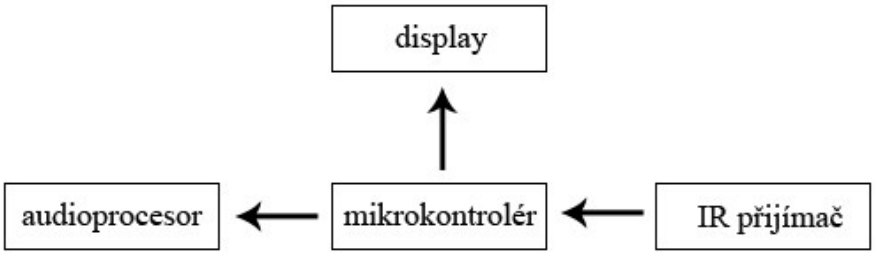
Zařízení bude sloužit v situaci, kdy jsou k dispozici tři a více zdrojů NF signálů, může se jednat například o audio z počítače, televize, rádia atd., a jako výstup je k dispozici pouze jedna kvalitní reprosoustava se zesilovačem s jedním vstupem. Změna vstupního signálu znamená manuální přepojení vstupních kabelových propojů, která je v kombinaci s dispozičně oddáleným umístěním od obsluhy, značným narušením požadovaného komfortu. Je tedy nabízen způsob doplnění stávajícího audiozařízení s velmi kvalitním audioprocesorem a dálkovým ovládáním a tím zvýšení komfortu ovládání systému, zvětšením nabízených možností a kvality při reprodukci hudby.

Text bakalářské práce je rozdělen na dvě hlavní části, hardware a software. První část hardware se zabývá technickými parametry zařízení, obvodovými řešení a realizací zařízení. Druhá část software je koncipována jako popis programu s vysvětlením použitých funkcí, objasnění struktury a posloupností příkazů.

Hardware

1. Koncepce zařízení

Jádrem celého zařízení a hlavní řídící jednotkou je mikrokontrolér. Z něj je řízena výkonová část, tj. audioprocesor. K mikrokontroléru jsou dále připojeny všechny ostatní periferie – display a IR přijímač. Vše je připojeno přímo k mikrokontroléru na vstupně výstupní porty. Volba jednotlivých portů (pinů) byla určena při realizaci a je znázorněna ve schématu, obr. 3.1. Blokové schéma zařízení zobrazuje obr. 1.1.



Obr. 1.1 – Blokové schéma zařízení

1.1 návrh zařízení

Důležitou roli při návrhu zařízení hraje správné zapojení všech komponent. Musí se dodržet vhodná volba rozmístění součástek na desce plošných spojů, optimalizace velikosti desky, dodržení návrhových pravidel. Rozmístění součástek musí být logicky uspořádáno v souladu s blokovým schématem - obr. 1.1.

Další důležitý úkon je volba zdroje, který bude napájet všechny součástky. V zařízení jsou celkem 4 aktivní prvky vyžadující zdroj napájení. Jsou to mikrokontrolér, audioprocesor, display a IR přijímač. Přehled provozních napětí a odběr proudů součástek znázorňuje tab 1.1.

Tab. 1.1 – Napájecí napětí součástek

Součástka	Napájecí napětí [V]	Odběr proudu [mA]
MC1602E-SBL/H (display)	4,7 - 5,5	2,5
TSOP 1736 (IR přijímač)	4,5 - 5,5	5
TDA7439 (audioprocesor)	6 - 10,2	10
ATmega8 (uPC)	4,5 - 5,5	11

Podle tab. 1.1 jsou všechny součástky napájeny 5 V, pouze audioprocesor potřebuje vyšší napětí, které není kompatibilní s ostatními součástkami. Z tohoto důvodu bude použit pouze jeden stejnosměrný napájecí zdroj s napětím 9 V. Napájení 5 V pro displej, IR přijímač a mikrokontrolér bude dosaženo využitím stabilizátoru 7805.

Výkonové zatížení se pohybuje řádově v desítkách mA (podle údajů z katalogových listů přesně 28,5 mA), proto nebude potřeba zvláštní chlazení tohoto obvodu.

Jako zdroj bude použit síťový adaptér 9 V DC při proudovém zatížení do 500 mA. Na trhu je dostatečně velký výběr vhodných modelů.

2. Mikrokontrolér

2.1 Úvod

Existuje celá řada výrobců s mikrokontroléry, viz. [8]. Jedni z nejrozšířenějších jsou společnosti Atmel a Microchip Technology. Na tento projekt byl vybrán produkt společnosti Atmel, konkrétně ATmega8.

Důvodem volby mikrokontroléru Atmel je větší objem a dostupnost literatury týkající se dané problematiky. ATmega8 (ATmega8-16PU) byl také zvolen z důvodu vyhovujících parametrů, dostatečně velké paměti - 8kB, typu pouzdra a cenové dostupnosti. Dalším důležitým kriteriem výběru tohoto mikrokontroléru je možnost programování pomocí ISP.

Při konstrukci se tato volba osvědčila. Počet portů a velikost paměti je dostatečná, paměť je nyní využívána méně než z poloviny. Rychlost mikrokontroléru (Atmega8 pracuje do 16 MHz) je pro tuto aplikaci také dostačující.

2.2 Vlastnosti

Základní vlastnosti ATmega8 jsou následující [1]:

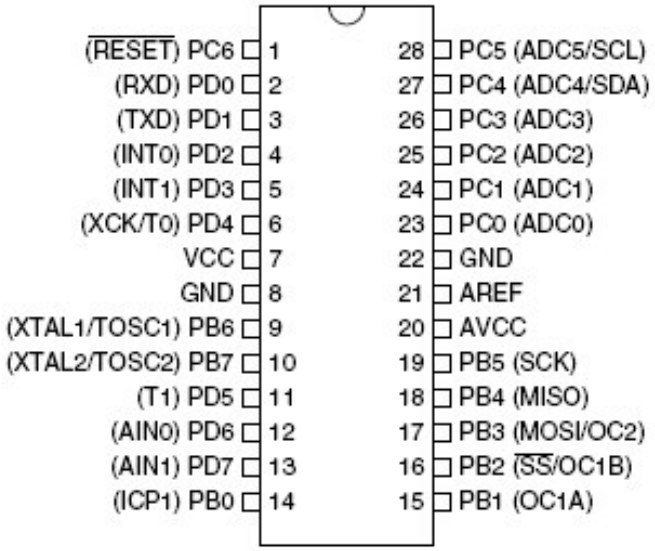
- 130 instrukcí
- 8 kB flash paměti
- 512 B EEPROM paměť
- vnitřní oscilátor
- napájení 4,5 - 5,5 V (proudový odběr činí 11mA při 5 V a 8 MHz)
- SPI programování

Periferie:

- dvakrát 8-bitový časovač/čítač s oddělenou předděličkou, komparátor mód
- 16-bitový časovač/čítač s oddělenou předděličkou, komparátor mód
- Watchdog s vnitřním oscilátorem
- 6 kanálový ADC (analogově digitální převodník)
- analogový komparátor
- SPI, USART, TWI

- PORT B (8 bit), PORT C (7 bit), PORT D (8 bit)
- 3 kanály PWM (pulzně šířková modulace)

Rozložení pinů pro ATmega8 v pouzdře PDIP viz. obr 2.1 :



Obr. 2.1 – Rozložení pinů [1]

Popis pinů:

VCC - napájecí napětí (5 V)

GND – zem

Port B (PB7..PB0) - 8-bitový duplexní I/O port s vnitřními pull-up rezistory. Zahrnuje možnost použití vnějšího oscilátoru

Port C (PC5..PC0) - 7-bitový duplexní I/O port s vnitřními pull-up rezistory.

PC6/RESET - pokud není naprogramováno jinak, pin PC6 zastává funkci resetu. Při dosažení úrovně L na dobu delší, než je minimální délka pulzu hodinového taktu, je proveden reset.

Port D (PD7..PD0) - 8-bitový duplexní I/O port s vnitřními pull-up rezistory.

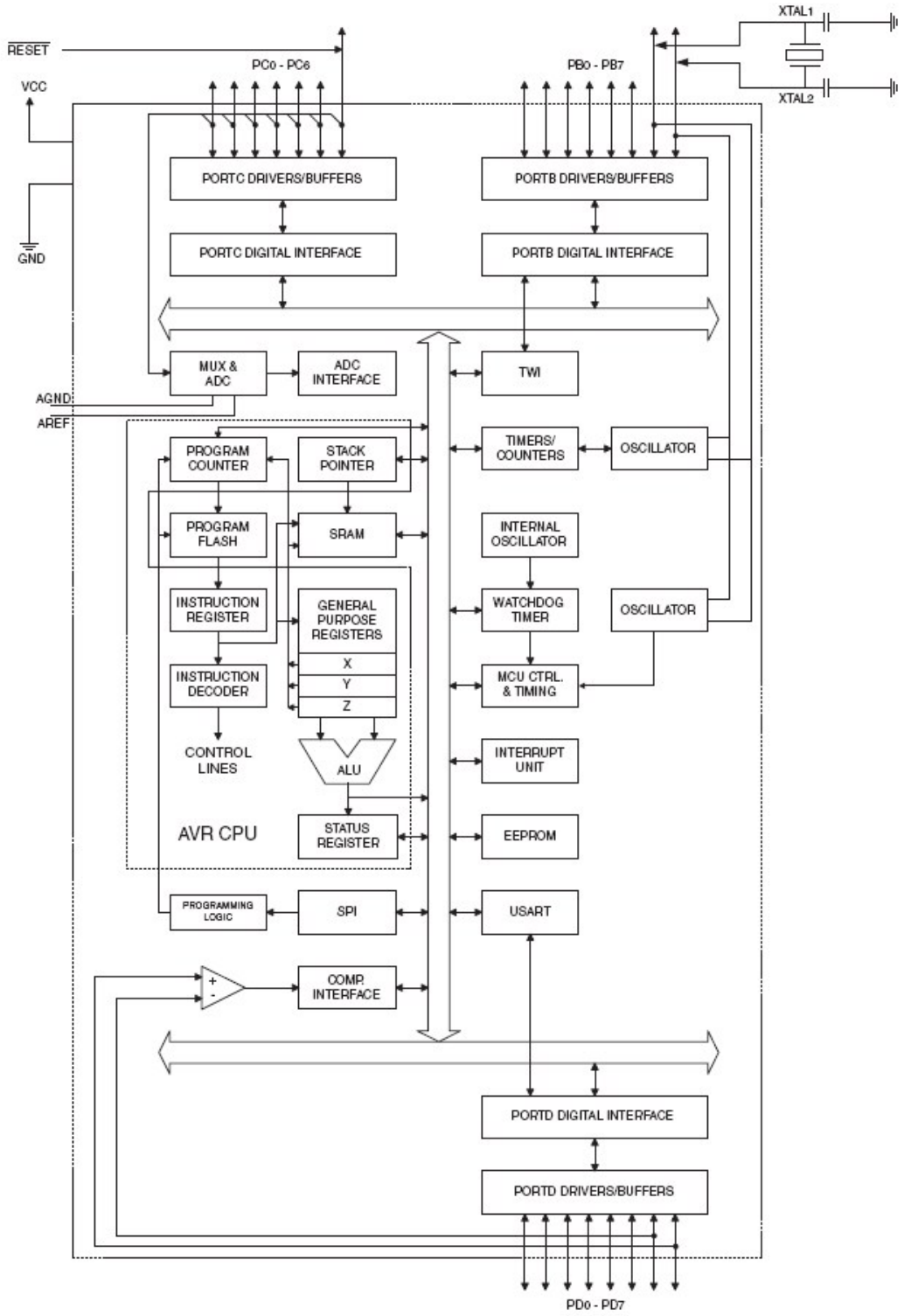
RESET - Při dosažení úrovně L na dobu delší, než je minimální délka pulzu hodinového taktu, dojde k resetu, i v případě, kdy je odpojen hodinový signál.

AV_{CC} - napájecí napětípro A/D převodník, port C a ADC. Pin by měl být externě přiveden na Vcc, i v případě, že ADC není použit.

AREF - analogová reference pro A/D převodník

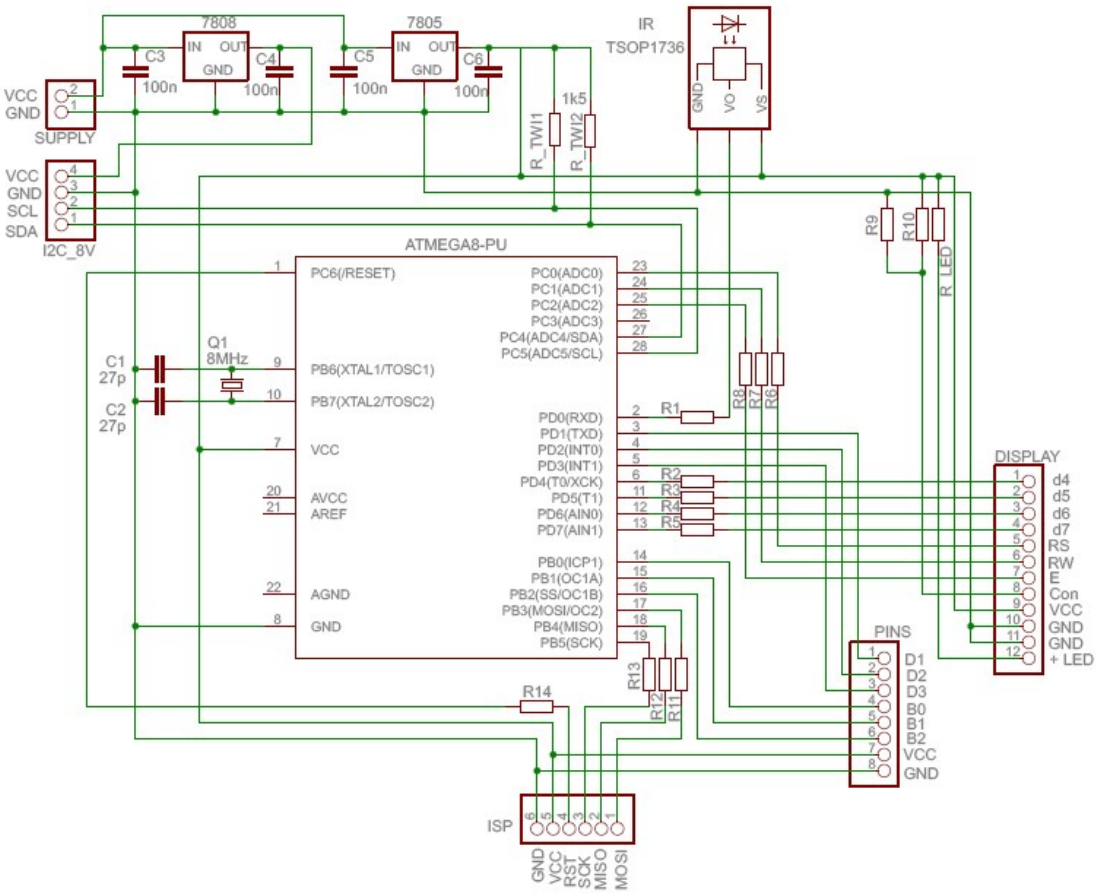
ADC7..6 - analogový vstup pro A/D převodník (obsahuje pouze TQFP pouzdro).

Blokové schéma vnitřní struktury mikrokontroléru se znázorněním vývodů součástky, obr. 2.2 :



Obr. 2.2 – Blokové schéma Atmega8 [1]

3. Řídící jednotka



Obr. 3.1 – schéma řídící jednotky

Na obr. 3.1 je zobrazeno zapojení mikrokontroléru, napájení a všech použitých periferií. Následující odstavce se týkají popisu tohoto schématu.

Jak již bylo uvedeno výše, jako zdroj napájení celého zařízení je použit adaptér s výstupem 9 V stejnosměrného napětí. Pro mikrokontrolér a IR senzor je 5 V dosaženo použitím stabilizátoru 7805 a pro audioprocesor je použit stabilizátor 7808 s výstupem 8 V. Oba stabilizátory mají připojeny filtrační kondenzátory (C_3 - C_6) aby nedošlo k rozkmitání celého obvodu. [13]

Kromě rezistorů R_LED, R_TWI1, R_TWI2, R9 a R10 mají všechny rezistory hodnotu 4,7 kΩ. Tato hodnota byla určena především na základě max. povoleného proudového odběru na pin, který činí 40 mA. Protože pro ovládání displeje a ostatních periferií je dostačující proud 1 mA, při 5 V tomu odpovídá rezistor 4,7 kΩ.

Sběrnice I^2C ke své funkci vyžaduje připojení externích pull - up rezistorů. Podle vzorce uvedeného v katalogovém listu je hodnota těchto rezistorů 1,5 kΩ. [3]

Rezistor R_LED je zvolen v závisloti na použité LED diodě u podsvícení displeje. V testovacím obvodu je použita vysokosvítivá LED a jako předřadný odpor je zapojen rezistor 250 Ω, takže nebude překročeno 20 mA maximálního proudu LED diodou.

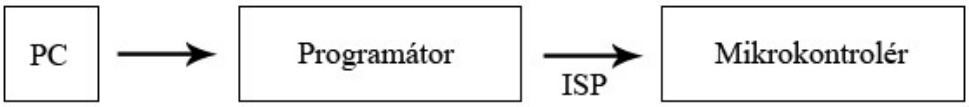
3.1 Programování řídící jednotky

Uživatelský program do mikrokontroléru se nahrává pomocí ISP rozhraní. Toto rozhraní umožňuje programovat mikrokontrolér přímo na desce plošných spojů, aniž by musela být součástka vyjmuta a programována v externím programátoru. Protože je velmi vhodné, aby bylo umožněno ladit program i v situaci, kdy už je celé zařízení hotové, nebo z důvodu aktualizace lepším software, deska obsahuje konektory ISP rozhraní (obr. 3.1), které jsou:

Vodiče ISP

- V_{CC} - napájení (5 V)
- GND - zem
- MOSI - vodič pro sériový zápis dat
- MISO - vodič pro sériové čtení obsahu interních pamětí mikrokontroléru
- SCK - synchronizace přenosu dat, vodič s hodinovým taktem
- RESET - nepovinný vodič pro restart mikrokontroléru

Na obr. 3.2 je znázorněna posloupnost programování a přesun dat.



Obr. 3.2 – Blokové schéma programování mikrokontroléru

První část programování se zabývá sestavením programu. Program je psán v jazyce C (GCC), v prostředí AVRStudia, verze 4.17.

Po zkompilování do souboru .hex nebo .asm je soubor s programem odeslán do programátoru. V projektu byl použit programátor Biprog [4]. Jedná se o programátor komunikující s PC pomocí RS232 nebo po úpravě USB. S AVRStudiem je plně kompatabilní, simuluje programátor STK 500 a AVR prog, oba programátory jsou ve vývojovém prostředí podporovány.

Programátor svojí funkcí zprostředkuje přenos dat mezi PC a mikrokontrolérem, takže po odeslání do programátoru data ihned putují pomocí ISP rozhraní přímo do mikrokontroléru.

Program nahraný v mikrokontroléru jako projekt AVRStudia je součástí elektronické přílohy.

4. Audioprocesor

Digitálně řízený stereo audioprocesor má za úkol ovládat následující parametry:

- hlasitost
- vyvážení
- zesílení oblasti vyšších kmitočtů
- zesílení oblasti středních kmitočtů
- zesílení oblasti nižších kmitočtů
- výběr vstupního signálu

Při návrhu komponent se nabízely v podstatě dvě možná řešení. První řešení sestávalo z návrhu použít multiplexer, který by byl do obvodu zařazen jako samostatný prvek. Multiplexer by byl řízen přímo mikrokontrolérem. Další operace, které zajišťuje audioprocesor - hlasitost, vyvážení atd., by měl na starosti další samostatný diskrétní prvek - korekční zesilovač. Protože korekční zesilovač, který by byl ovládán digitálně a vyhovoval by daným parametrům se na trhu nevyskytuje, přišlo na řadu následující řešení.

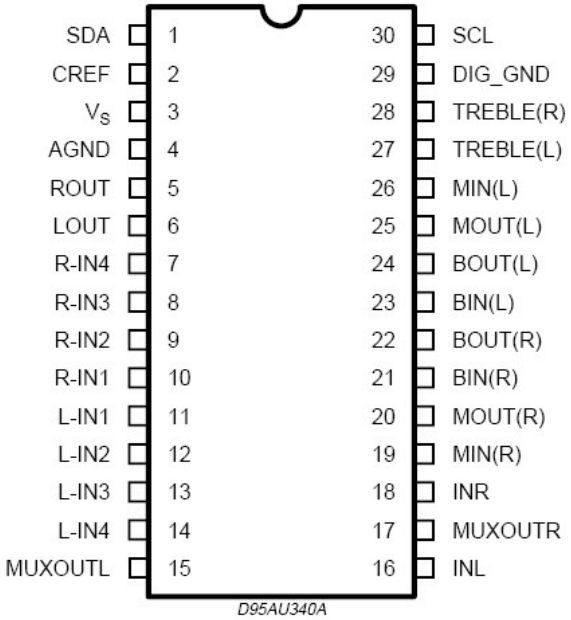
Druhé řešení sestává s použitím pouze jednoho audioprocesoru, který slučuje všechny požadované vlastnosti a operace s NF signálem do jediné součástky. Audioprocesor je řízen mikrokontrolérem sběrnicí I^2C. Toto řešení je mnohem výhodnější, i za předpokladu existence možnosti použití korekčního zesilovače řízeného digitálně, jak je nastíněno v prvním návrhu. První řešení je bezpochyby složitější s dalším obvodem v cestě signálu a tím s větší náchylností ke zkreslením a šumům. Je tedy použito druhé řešení s audioprocesorem, konkrétně typ TDA7439, který vyvinula společnost STMicroelectronics.

4.1 Parametry TDA7439

Digitální audioprocesor disponuje následnujícími vlastnostmi [12]:

- multiplexer pro 4 stereo signály
- ovládání hlasitosti s krokem 1 dB, 0 až -40dB
- vyvážení levého a pravého kanálu s krokem 1 dB (utlumení)

- korekce vysokých, středních a nízkých kmitočtů
- všechny funkce programovatelné I^2C sběrnicí
- napájení je v rozsahu 6 - 10,2 V, maximální proudový odběr 10 mA
- THD zkreslení nabývá hodnot od 0,01 až 0,1 % při f = 1 kHz , U_{vst} = 1 V_{rms}



Obr. 4.1 – Rozložení pinů pro TDA7439, pouzdro SDIP30

Pouzdro součástky TDA 7439 se vyrábí v provedení DIP28, SDIP30 a SO28. V testovací konstrukci je použito provedení s pouzdrem SDIP30 (obr. 4.1). Jedná se o ne zcela rozšířený typ pouzdra, proto je v příloze přidána předloha pro výrobu desky (negativní filmová předloha, ozrcadlená), viz. příloha č. 1. V elektronické příloze jsou přiloženy soubory s návrhem desky vytvořené v programu Eagle.

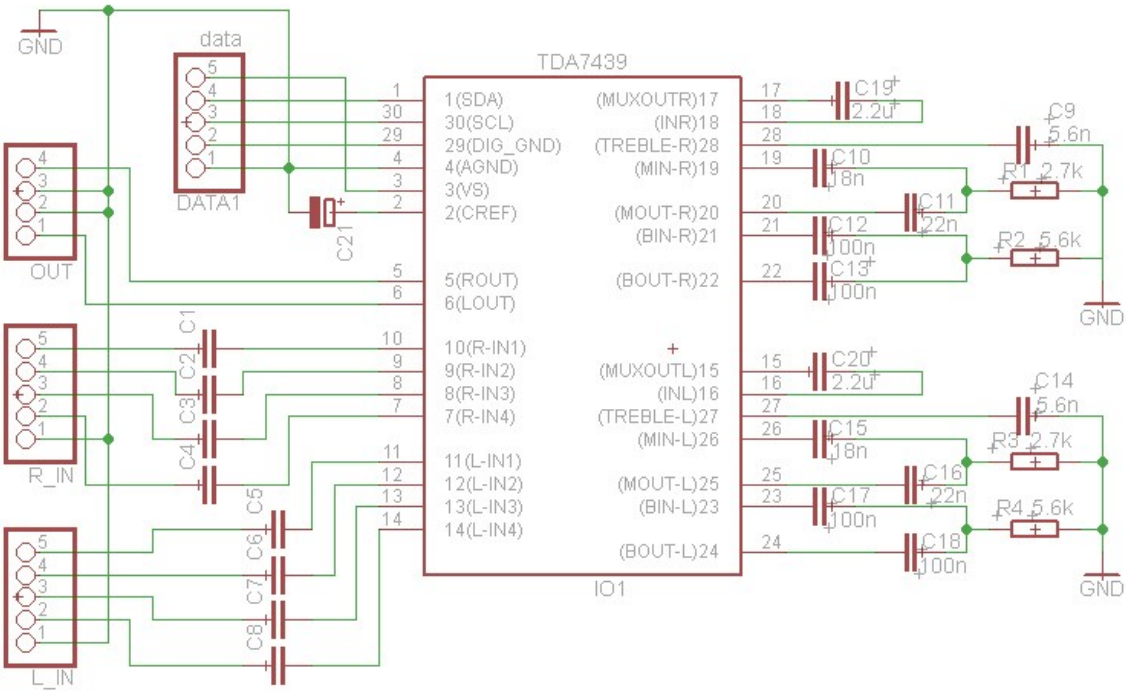
Parametry kmitočtových filtrů, zesílení, ovládání hlasitosti a vyvážení:

Tab. 4.1 – Parametry funkcí audioprocesoru

	Rozsah		
	min [dB]	max [dB]	krok [dB]
hlasitost	-47	0	1(8)
zesílení	0	30	2
vyvážení	-79	0	1(8)
výšky	-14	14	2
středy	-14	14	2
basy	-14	14	2

V tabulce 4.1 jsou udány rozsahy zesílení či zeslabení pro jednotlivé funkce audioprocesoru, avšak je vhodné doplnit, že zde uvedené kroky nejsou konstantní v celém rozsahu od minima po maximum. Hlasitost a vyvážení od hodnoty -8 dB postupuje po 8 dB krocích. Při nastavování hlasitosti lze tedy slyšet velký skok, když dojdeme k -8 dB a dále při snižování hlasitosti zaznamenáme velký spád v útlumu, což je způsobeno právě krokem 8 dB.

4.2 Modul audioprocesoru



Obr. 4.2 – schéma zapojení audioprocesoru TDA7439

Schéma zapojení na obr. 4.2 je vytvořeno podle technické dokumentace TDA 7439 [12]. Protože výrobce neudává blíže, byly v testovacím zapojení použity keramické kondenzátory. Pouze C_{ref} (ve schématu označený jako C_{21}) je elektrolytický a C_{19} s C_{20} jsou i přes svoji relativně velkou kapacitu 2,2 µF nepolarizované (fóliové).

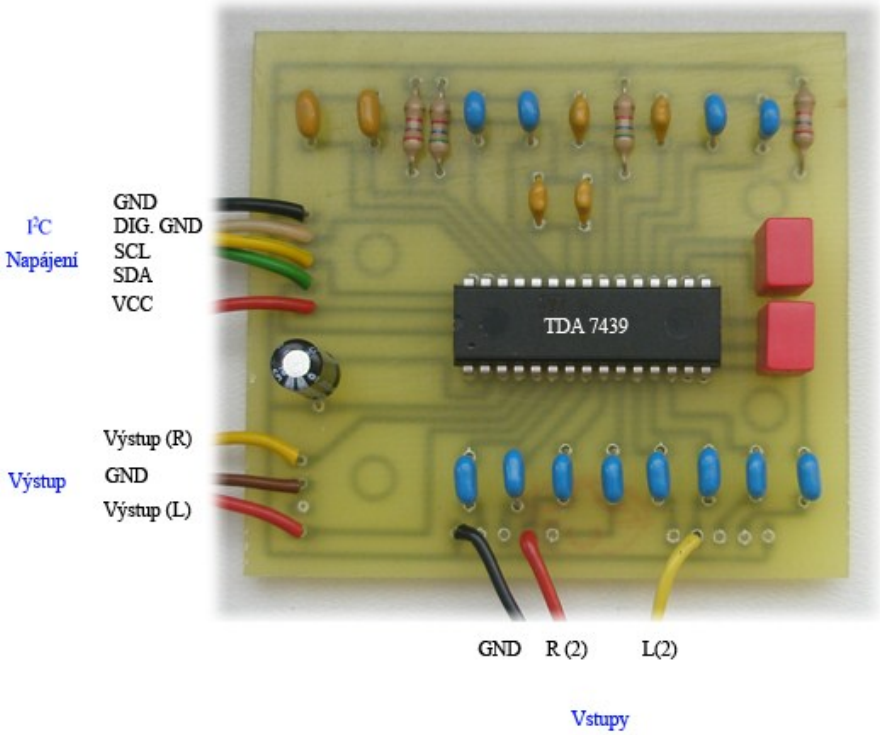
Kondenzátor C_{ref} má standardně kapacitu 10 µF, výrobce udává pro rychlejší spouštění jako dostatečnou kapacitu 4,7 µF. V testovacím obvodu, s kapacitou 10 µF, se obvod zapnul během asi 1 až 2 vteřin.

Kondenzátory C_1 až C_8 mají shodně kapacitu 470 nF. Jedná se o kondenzátory oddělující vstup audioprocesoru a jsou zde také k zamezení přenosu stejnosměrné složky. Jejich vynechání by mohlo způsobit poškození vstupních obvodů uvnitř audioprocesoru.

Obvod TDA7439 obsahuje pseudo-diferenciální vstupy [9]. Pseudo-deiferenciální vstupy jsou zapojeny ke společné zemi, spojení s další zemí je obvykle provedeno vložením rezistoru nízké hodnoty. Toto zapojení je výhodnější pro kvalitu signálu, dochází k menším šumům, nevznikají zemní smyčky.

Ve schématu ani při realizaci však nebyl mezi zem audioprocesoru a mikrokontroléru vložen žádný rezistor, země byly spojeny pouze vodičem protože i tak nedocházelo k šumům ani jiným nežádoucím vlivům.

Testovací desku s TDA 7439 spolu se znázorněním vstupních a výstupních vodičů zobrazuje obr. 4.3. Přesný popis součástek, jejich hodnot a názvy vodičů jsou uvedeny v příloze č. 2, v osazovacím plánu.



Obr. 4.3 – testovací zapojení audioprocesoru

Nastavení kmitočtových filtrů:

Výrobce udává, jakým způsobem lze korigovat nastavení středního kmitočtu filtru, tj kmitočtu, kde zesílení a zeslabení dosahuje maximální citlivosti. [12].

Výpočet středního kmitočtu pro filtr nízkých a středních kmitočtů je dán vzorcem (1):

$$F_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{R_1 \cdot R_2 \cdot C_1 \cdot C_2}} \qquad (1)$$

kde C_1, C_2, R_2 jsou zapojené ke svorkám audioprocesoru označených jako MIN, MOUT pro střední kmitočty a BIN, BOUT pro nízké kmitočty. Levý a pravý kanál je vždy zapojen samostatně, viz. obr. 4.1, piny 19 až 26 nebo ve schématu na obr. 4.2.

Hodnoty součástek C_1, C_2, a R_2 lze přizpůsobit požadovaným vlastnostem, v testovacím zapojení byly použity hodnoty které udává výrobce ve schématu. Jako R_1 se bere fixní hodnota, pro střední kmitočty činí 25 kΩ, pro nízké kmitočty 44 kΩ.

F_c pro nízké kmitočty:

Ze schématu (obr. 4.2), C_1 = 100 nF, C_2= 100 nF, R_2 = 5,6 kΩ.

F_c = 101 Hz.

F_c pro střední kmitočty:

Ze schématu (obr. 4.2), C_1 = 18 nF, C_2= 22 nF, R_2 = 2,7 kΩ.

F_c = 973 Hz.

Nastavení středního kmitočtu pro vysoké kmitočty není v technické dokumentaci audioprocesoru uvedeno, lze předpokládat ovlivnitelnost F_c pomocí kondenzátorů připojených mezi zem a piny 27 a 28, které jsou označeny podobnou konvencí jako v případě zbylých kmitočtových filtrů - TREBLE (R,L).

4.3 Sběrnice I^2C

Komunikace mezi mikrokontrolérem a audioprocesorem probíhá pomocí dvou vodičů sběrnice I^2C. První vodič SDA slouží k přenosu dat, druhý vodič nazývaný SCL přenáší hodinové pulzy. Pro správnou funkci musí být zapojeny pull-up rezistory na kladné napětí.

Specifikace přenosu dat:

Validita dat - změna bitu na SDA lince může proběhnout pouze v případě, je-li úroveň hodinového pulzu na vodiči SCL je L (low). Pokud nastane změna je-li na vodiči SCL úroveň H, jedná se o START nebo STOP podmínku.

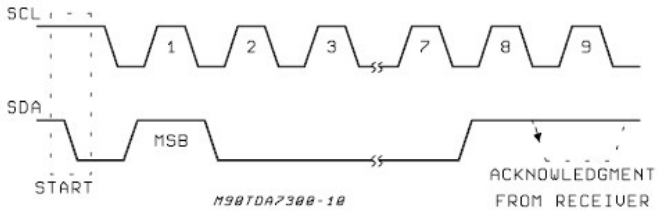
START podmínka - změna SDA z úrovně H (high) do úrovně L.

STOP podmínka - změna SDA z úrovně L do úrovně H.

Formát dat - každý bajt poslaný na lince SDA se musí skládat z právě 8 bitů a jednoho bitu ACK. Nejdříve se posílá MSB bit.

Ověření přenosu - tuto funkci zprostředkuje devátý vysílaný bit ACK. Pokud vysílač odešle bajt, nastaví se do úrovně H a od příjmače očekává, že se nastaví do úrovně L. Pokud nedojde k nastavení přijímače na úroveň H, došlo k chybě přenosu. Ověření přenosu lze vynechat, avšak potom nelze kontrolovat správnost přenosu dat.

Pro větší názornost je přiložen časový průběh signálu na sběrnici I^2C, obr 4.4. V levé části je znázorněna podmínka START, následuje přenos dat. Na konci průběhu je znázorněno ověření přenosu ACK bitem.



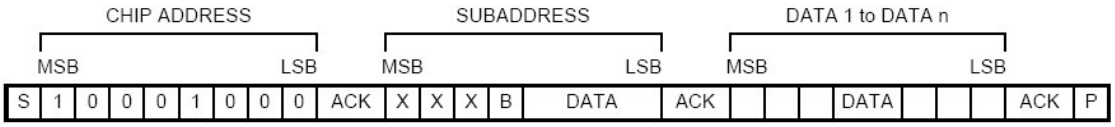
Obr. 4.4 – Časový průběh signálu I^2C [12]

4.4 Organizace dat při přenosu

Přenos dat mezi mikrokontrolérem a audioprocesorem musí být jednoznačně organizován. Jedná se o posloupnost přenesených bitů, která musí být dodržena. Mikrokontrolér je naprogramován tak, aby posílal data v definovaném pořadí, které se v našem případě dělí do tří částí:

- adresa audioprocesoru
- adresa funkční části auduoprocesoru (subadresa)
- data odpovídající dílčím stavům zvolené funkce (vstupní parametr funkce)

Každý z těchto bloků dat je utvořen jedním bajtem, tj. 8 bity a za každým bajtem je vyslán jeden ACK bit. Posloupnost dat je znázorněna na obr. 4.5.



Obr. 4.5 – Organizace dat [12]

Adresa audioprocesoru je dána pevně - 10001000, subadresa a data se mění v závislosti na požadované operaci. [12].

Subadresy funkcí udává tabulka 4.2. . První tři bity mohou být libovolné, čtvrtý bit nese informaci o tom, zda bude použito automatické inkrementace. V případě, že D4 = 0, není využito následného automatického inkrementování a naopak při D4 = 1 bude v každém dalším přijetí subadresy automaticky inkrementováno v nekonečné

smyčce, tzn. na dalších bitech, D3, D2 a D1 opět nebude záležet dokud se neodešle jiná subadresa.

Tab. 4.2 – Subadresy funkcí

Subadresa	MSB							LSB
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
výběr vstupu	x	x	x	B	0	0	0	0
vstup. zesílení	x	x	x	B	0	0	0	1
hlasitost	x	x	x	B	0	0	1	0
basy	x	x	x	B	0	0	1	1
středy	x	x	x	B	0	1	0	0
výšky	x	x	x	B	0	1	0	1
utlumení L	x	x	x	B	0	1	1	0
utlumení R	x	x	x	B	0	1	1	1

Po připojení audioprocesoru k napájení se nastaví defaultní hodnoty (Power on condition), které jsou vždy stejné, protože jakékoliv přenastavení se po odpojení napájení opět smaže. Protože defaultní nastavení je pro okamžité použití nevhodné - hlasitost a útlum levého i pravého kanálu jsou na minimu a zesílení na maximu, je ihned po zapnutí z mikrokontroléru vysláno inicializační nastavení. Všechny parametry jsou nastaveny na 0 dB, aktivní je vstup č.2.

Vstupní parametr funkce - po přenesení *adresy* audioprocesoru a *subadresy* zvolené funkce pomocí sběrnice I^2C je poslána třetí, poslední část dat, a to bajt nesoucí informaci, která slouží jako *vstupní parametr funkce.*

Pro všechny funkce, kromě basů, středů a výšek se se zvyšováním zesílení či zeslabení hodnota bajtu vždy inkrementuje, od minima po maximum.

Pro kmitočtové filtry se od záporných hodnot zesílení (-14 dB) inkrementuje od nuly a od 0 dB naopak dekrementuje. Nastavení 0 dB je možno provést dvěma rozdílnými hodnotami. Znamená to tedy, že vstupní parametr pro -14 dB až 0 dB bitově roste od 0 do 7 (xxxx0000 - xxxx0111) a pro 0 dB až +14 dB bitově klesá, od 15 do 8 (xxxx1111 - xxxx1000).

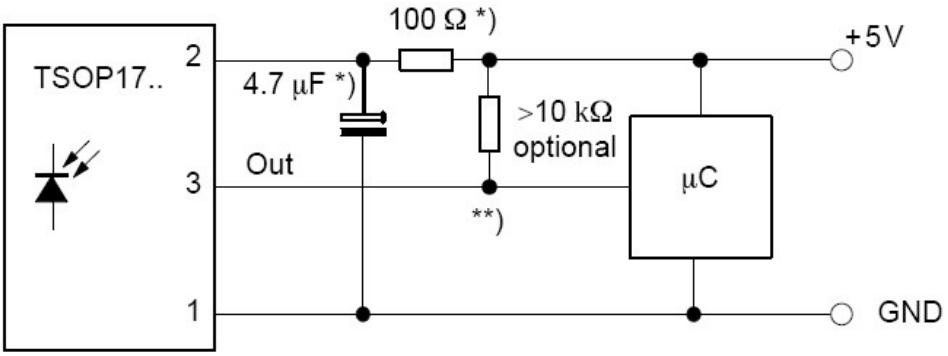
Na tuto zvláštnost je nutné upozornit z toho důvodu, aby každý kmitočtový filtr byl ovládán korektně. Kdyby bylo opomenuto, že nastavení minimálního a maximálního zesílení není pouze intuitivně, jako podle ostatních funkcí bitová inkrementace od nuly po nějaké maximum, docházelo by ke špatnému nastavení. Audioprocesor by dostával instrukce, které by neodpovídaly očekávanému výstupu.

5. IR komunikace

IR komunikace probíhá v oblasti neviditelného spektra světla mezi přijímačem a vysílačem. Vysílač bývá obvykle tvořen infračervenou diodou a zdrojem modulovaného signálu (dálkové ovládání spotřební elektroniky). Přijímač je tvořen fotocitlivou diodou a demodulátorem. Jako vhodný IR přijímač (senzor) byla zvolena součástka TSOP 1736.

5.1 TSOP1736

Tato diskrétní součástka je produktem společnosti Vishay. Obsahuje v sobě zabudovaný demodulátor pracující s modulačním kmitočtem 36 kHz. Součástka TSOP17xx se vyrábí ve více variantách lišících se modulační frekvencí. Modulační frekvence jsou 30, 33, 36, 36,7, 38, 40 a 56 kHz. Byla zvolena frekvence 36 kHz, protože většina dálkových ovladačů pracuje právě s touto frekvencí, zvolený ovladač pracuje s touto frekvencí.



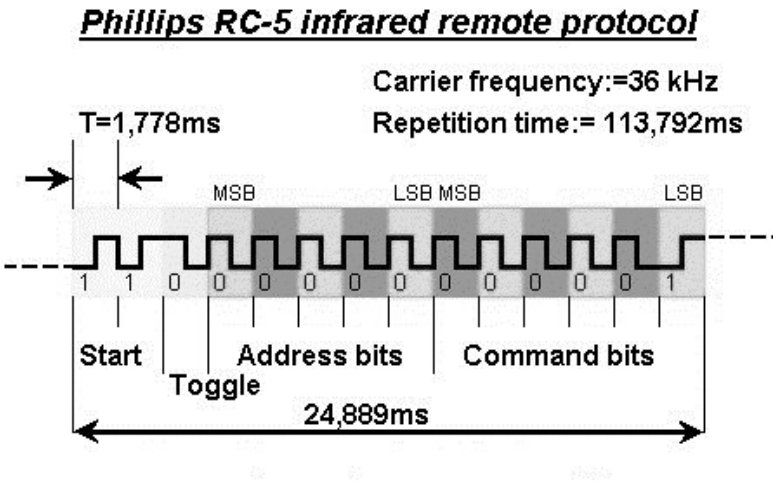
Obr. 5.1 – Schéma zapojení TSOP17xx

Připojení součástky k mikrokontroléru demonstruje obr 6.1. Rezistory a kapacitor znázorněné ve schématu jsou doplňkové a jsou zde v případě, kdy napájecí napětí může kolísat [16].

5.2 Protokol RC-5

Důvodem, proč se při IR komunkaci používá modulace je fakt, že je nutno potlačit vliv rušivých signálů (tepelné zdroje) vyskytujících se v okolí přijímače. Při použití modulace je přijímač lépe schopen odfiltrovat nežádoucí složky signálu. Jedním ze standardů pro dálkové ovladače je protokol společnosti Phillips RC - 5. Tento protokol se skládá z celkem 14 bitů, obr. 5.2. První dva bity tvoří podmínku START. Třetí bit určuje, zda je tlačítko stisknuté, či zda bylo stisknuto pouze jednou (tzv. Toggle bit). Následují čtyři bity adresy a čtyři datové bity. Poslední bit je podmínka ukončení přenosu [10].

Logická úroveň 1 je vyhodnocena, když je detekována vzestupná hrana, Logická 0 nastane při sestupné hraně.



Obr. 5.2 – Protokol RC – 5 [10]

Trvání celé série 14 bitů odpovídá 113,79 ms, to znamené, že perioda 1 bitu trvá 1,778 ms. Tato informace je nepostradatelná pro nastavení UARTu mikrokontroléru, kde se musí při programování zadat rychlost přenosu v baudech.

Výpočet rychlosti v baudech:

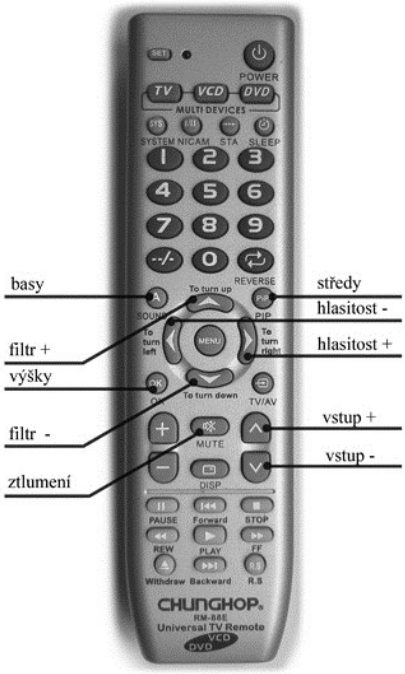
1 bit = 1,778 ms

rychlost UARTu = 1 / 1,778 ms = 562 Bd

Maximální chyba pro nastavení rychlosti UARTu nesmí přesáhnout 3 % [1].

Jako dálkový univerzální ovladač je použit CHUNGHOP RM-88E. Jedná se o běžně dostupný ovladač, který lze koupit ve specializované prodejně s elektronikou. Popis přiřazených funkcí k tlačítkům zobrazuje obr. 5.3.

Tlačítka filtr +, filtr – ovládají kmitočtový filtr, který je předem zvolen pomocí jednoho ze tří tlačítek – basy, středy a výšky. Po startu zařízení je vždy aktivní filtr nízkých kmitočtů.



Obr. 5.3 – Dálkový ovladač

6. Zobrazovací jednotka

Mezi uživatele a vlastní zařízení je potřeba umístit rozhraní zprostředkující informaci o aktuálním stavu zařízení. K tomuto účelu slouží inteligentní zobrazovací jednotka - displej MC1602E-SBL/H. Na displeji se zobrazuje informace o prováděné operaci či jiný důležitý stav zařízení, který je potřeba nějakým způsobem indikovat.

6.1 MC1602E-SBL/H

Do projektu byl vybrán displej MC1602E-SBL/H (obr. 6.1). Jedná se o dvouřádkový inteligentní LCD zobrazovač s řadičem. Každý řádek umožňuje zobrazit až 16 znaků. Jednotlivé znaky jsou tvořeny maticí 5 x 8 bodů.

Elektrické specifikace [5]:

- napájecí napětí 4,7 - 5,5 V
- vstupní proud 1,5 mA, max. 2,5 mA
- napětí podsvícení 4,2 - 4,5 V

Význam pinů displeje:

+ (A) - anoda podsvícení
- (K) - katoda podsvícení

1 - V_{SS} - zem

2 - V_{DD} - +5 V

3 - V_0 - nastavení kontrastu

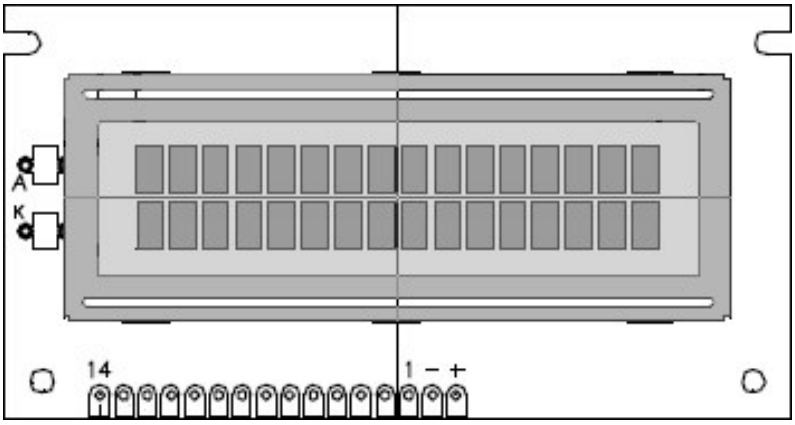
4 - RS - register select, výběr registru

5 - R/W - read/write, volba čtení nebo zápisu

6 - E - enable, povolení

7 až 10 - DB0-3 - data, nejsou použity pokud je použito 4-bitové rozhraní

11 až 14 - DB4-7 – data



Obr. 6.1 – Display MC1602E-SBL/H

Přenos dat mezi displejem a mikrokontrolérem zprostředkují vodiče DB0-3 a DB4-7 (pin 7 až 14). Display umožňuje komunikaci buď 8-bitovou nebo 4-bitovou. Pro 8-bitovou jsou použity všechny vodiče DB0-7 . V případě 4-bitové komunikace jsou použity vodiče DB4-7, data se posílají ve dvou částech, nejdříve horní a pak dolní půlbyte [6]. V této bakalářské práci je použita 4-bitová komunikace, z důvodu minimalizace počtu potřebných vodičů.

Připojení displeje k mikrokontroléru je znázorněno na obr. 4.1. Vodiče DB0 až DB3 jsou nevyužity a jsou uzeměny, přímo na displeji je veden vodič připojený k zemi.

Kontrast displeje určuje odporový dělič složený z rezistorů R9 a R10 (obr. 4.1). V technické dokumentaci displeje není uvedeno jaké napětí je optimální, proto bylo experimentálně zjištěno, že při R9 = 380 Ω a R10 = 6,8 kΩ je napětí na výstupu děliče 0,43 V, kontrast pro toto napětí je vyhovující.

Software

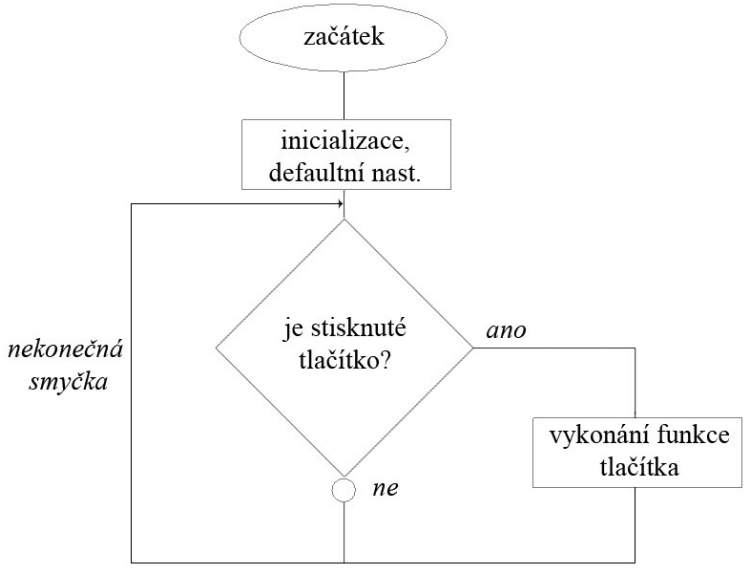
7. Program řídící jednotky

Celé zařízení je ovládáno programem který je nahrán v mikrokontroléru. Program je napsán v jazyce C, vytvořen a zkompilován v AVRStudiu verzi 4.17. Způsob jakým se program nahrává do mikrokontroléru je stručně popsán v kapitole 3.2

Struktura a běh programu je následující. Po spuštění zařízení jsou vykonány inicializace displeje, UARTu (zapnutí přerušení), TWI a odeslání defaultního nastavení pro audioprocesor. V dalším chodu programu už jen pouze běží nekonečná smyčka, která reaguje na vnější podněty přijaté z dálkového ovladače. Každý podnět je okamžitě vyhodnocen a program pokračuje v nekonečné smyčce a čeká na další příkazy jak uvádí obr 7.1. V praxi to znamená, že při stisku tlačítka ovladače se zobrazí na displeji stisknutá funkce a pokud je potřeba, jsou zpracovaná data přenesena z mikrokontroléru do audioprocesoru.

Při tvorbě programu se nebízela možnost využít funkcí přerušení, takže by program nemusel běžet v nekonečné smyčce. Toto řešení je také realizovatelné, ale protože je testován pouze stav IR senzoru, je vhodnější využít nekonečné smyčky, která je jednodušší.

Vývojový diagram programu:



Obr. 7.1 – Vývojový diagram programu

7.1 Knihovny programu

V programu jsou použity knihovny které jsou přímou součástí AVRStudia a další tři knihovny, které byly staženy z internetu. Knihovna LCD (lcd_lib) pochází ze zdroje [2] a knihovny TWI a UART (twi_lib, uart) pochází ze zdroje [3].

Následuje seznam použitých knihoven se stručnou charakteristikou:

interní knihovny AVRStudia:

#include <stdlib.h>	standardní knihovna, konverze datových typů
#include <avr/io.h>	definice IO registrů mikrokontroléru
#include <avr/interrupt.h>	operace s přerušením
#include <avr/pgmspace.h>	utilita pro práci s datovými typy a organizací pamětí
#include <string.h>	operace s textem
#include <util/twi.h>	utilita pro práci s TWI
#include <util/delay.h>	zpožďovací funkce

externí knihovny:

#include "twi_lib.h"	funkce zprostředkující přenosy dat na sběrnici I^2C
#include "uart.h"	funkce pro práci s UARTem
#include "lcd_lib.h"	funkce pro ovládání LCD displeje

Po seznamu knihoven je nedílnou součástí programu definice globálních proměnných, které se vztahují k těmto knihovnám.

#define F_CPU 8000000UL	konstanta určující frekvenci externího krystalu [Hz], součástí knihovny util/delay
#define	UART_BAUD_RATE 562 def. rychlosti v baudech pro správný chod UARTu, výpočet viz 6, součást knihovny uart
#define TDA7439 0x88	adresa audioprocesoru, viz. 4.4, součást knihovny twi_lib
#define SCL_CLOCK 100000L	rychlost I^2C sběrnice [Hz], nachází se v twi_lib.h

Poslední definice globálních proměnných se nachází v hlavičkovém souboru LCD knihovny lcd_lib.h. Zde je nutné přiřadit pin mikrokontroléru ke zvolenému vodiči LCD. Nastavení má omezení pouze v tom, aby datové vodiče zaujímaly jeden port a stejně tak řídící vodiče, aby byly všechny na jednom stejném portu.

7.2 Funkce

Zobrazovací jednotka LCD je ovládána pomocí funkcí obsažených v knihovně lcd_lib. Kompletní seznam funkcí je vypsán v hlavičkovém souboru lcd_lib.h. V programu byly použity tyto funkce s těmito vlastnostmi:

Funkce pro ovládání LCD:

void LCDinit(void);	- inicializace displeje
void LCDsendChar(uint8_t);	- poslání znaku na displej. Každý další poslaný znak je umístěn za předchozí, dochází k posunu kurzoru.
void LCDcursorOFF(void);	- po zavolání této funkce je kurzor permanentně skryt
void LCDclr(void);	- smazání celého obsahu displeje
void LCDGotoXY(uint8_t, uint8_t)	- souřadnice pro pohyb kurzoru, v pořadí znak, řádek
void CopyStringtoLCD(const int8_t*, uint8_t, uint8_t);	- zkopíruje řetězec uložený v paměti flash, řetězec musí být předem nadefinován, další vstupní parametry určují pozici textu

Funkce pro posílání dat pomocí sběrnice I^2C:

Typický přenos dat po sběrnici I^2C odpovídá stejnému pořadí volání funkcí, jak je uvedeno zde. Inicializační funkce se volá pouze jednou.

void i2c_init(void);	- inicializace sběrnice I^2C
unsigned char i2c_start (unsigned char addr);	-podmínka START, odeslání adresy a určení směru přenosu, při správném přenosu vrací 0, při chybném 1
unsigned char i2c_write(unsigned char data);	- odešle data, při správném přenosu vrací 0, při chybném 1

```
void i2c_stop(void);                    - ukončení přenosu, podmínka STOP
```

Ukázka kódu pro odeslání dat po sběrnici I^2C, jedná se o nastavení zeslabení na 0 dB :

```
i2c_start(0b10001000+I2C_WRITE);  // podmínka START, zadání adresy
                                  audioprocesoru 0b10001000, konstanta
                                  I2C_WRITE určující směr toku dat (je
                                  definována v knihovně twi_lib)
i2c_write(0b00000001);             // adresa funkce GAIN (zesílení)
i2c_write(0x00);                  // vstupní parametr zvolené funkce (0 dB)
i2c_stop();                       // podmínka STOP
```

Funkce pro ovládání UARTu:

Pro práci s UARTem je využito pouze jedné funkce sloužící pro příjem bajtu, který je zachycen z IR senzoru.

```
unsigned int uart_getc(void)            - příjem bajtu z UART
```

Rozpoznání stiskuného tlačítka

využitím funkce uart_getc je přiřazena do pomocné proměnné hodnota zachyceného bajtu z IR senzoru. Následuje převod na znak (funkce itoa, integer to ASCII). A dále využitím podmínky je tato neznámá hodnota porovnána s uloženými, již známými hodnotami a pokud dojde ke shodě s jednou z uložených hodnot, je vykonána funkce stisknutého tlačítka. Pro názornost ukázka kódu:

```
u = uart_getc();          // získání bajtu z UART a přiřazení jeho hodnoty
                          do pomocné proměnné u
itoa(u, buf, 10);         // převod na znak
if(u==661)                //testuje se tlačítko, kterému odpovídá hodnota
                          znaku 661
{                         // tělo funkce, která se vykoná při splnění
                          podmínky
}
```

Další tlačítka jsou testována stejným způsobem. Jak již bylo zmíněno, chod programu znamená nekonečnou smyčku, ve které se neustále testují a vyhodnocují přijatá data z UARTu. Hodnoty tlačítek byly stanoveny experimentálně, při použití jiného ovladače by zařízení nefungovalo. Univerzální ovladač je nastaven pro ovládání televizoru SONY.

V manuálu dálkového ovladače, který je součástí při zakoupení, je tento televizor zastoupen specifickou trojicí čísel, které se zadají při programování ovladače.

Ovládání kmitočtových filtrů je realizováno tak, že se ovladačem nejdříve vybere kmitočtový filtr, který chceme ovládat (defaultně po startu jsou nastaveny basy) a poté tlačítkami "filter +" a "filtr -" viz obr. 5.3, přidáváme nebo ubíráme zesílení. V řeči programu to znamená uložit do pomocné proměnné volbu filtru a při stisku tlačítek zvyšující nebo snižující zesílení ovládat zvolený filtr. Zvolený filtr zde slouží jako parametr určující která adresa funkce pro mikrokontrolér má být odeslána (basy, středy, výšky). Nesmí se však opomenout ukládat jednotlivé hodnoty nastavených kmitočtových filtrů. Pokud bychom např. ovládali basy, přepnuli se na ovládání středů a poté zpátky na basy, došlo by k nesouladu v nastavení. Program by u basů navazoval na poslední hodnotu zvolenou u středů.

Součástí každé funkce která reaguje na stisknuté tlačítko je zobrazení odezvy na displeji. Je vyvolán příkaz zkopírování uloženého textu z paměti a po doběhnutí nekonečné smyčky na konec, je tento text přidržen zpožděním 500 ms a poté smazán a kurzor vynulován. Toto řešení je úspornější oproti tomu, aby ke každému stisknutému tlačítku bylo uvnitř příslušné funkce zvlášť připsáno mazání a nulování kurzoru.

Další záležitosti které program obsluhuje, jsou tvořeny pomocí běžných podmínek if. Například aby program při vícenásobném stisknutí tlačítka hlasitosti neustále nezvyšoval některou svoji hodnotu a neposílal neopodstatněné příkazy audioprocesoru, je hned na začátku funkce obsluhující hlasitost vytvořena podmínka, která zaznamenává počet stisknutí (inkrementuje se) a vyhodnocuje se, zda nebylo tlačítko stisknuto vícekrát, než je povolená mez. Stejný princip je využit i v dalších funkcích, kde je nutné ošetřit maximální počet stisknutí tlačítka.

8. Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací dálkově ovládaného multiplexeru. K dosažení zadaných cílů bylo nutné důkladně se seznámit s danou problematikou a dle vhodnosti jednotlivých technických možností uskutečňovat dílčí rozhodnutí a následně z těchto částí utvořit jeden celek.

Výsledkem práce je návrh a sestavení kompletního funkčního zařízení, které potvrzuje správnost návrhu, určuje reálné parametry a vymezuje možnosti použití navrhovaného zařízení.

Tento funkční model umožňuje přepínání mezi třemi vstupy, ovládání hlasitosti a korekcí pomocí kmitočtových filtrů na nízkých, středních a vysokých kmitočtech. Na sestaveném testovacím modelu byly úspěšně vyzkoušeny všechny zadané a zde popsané funkce. Pro jednoduchost a větší komfort obsluhy je využito displeje, kde jsou indikovány funkční stavy chodu zařízení. Vše je ovladatelné pomocí univerzálního dálkového ovladače, který je nastaven pro ovládání televizoru SONY. V případě, že je zařízení umístěno v místnosti, kde je současně používáno jiné zařízení SONY, je možno upravit software tak, aby bylo zamezeno paralelnímu ovládání dvou zařízení současně. K zajištění minimálního zkreslení pro kmitočty do 20 kHz bylo dosaženo použitím audioprocesoru TDA7439, který má v tomto ohledu vynikající vlastnosti.

Součástí tištěného dokumentu bakalářské práce jsou elektronické podklady pro výrobu desky tištěných spojů s audioprocesorem. Vše je uloženo ve formátu projektu návrhového programu Eagle, nebo jako obrázková příloha.

Sestavené zařízení je možno rozšířit o další, čtvrtý vstup, mezi kterým lze přepínat. Vstup je na desce plošných spojů navržen, avšak programově je zamezeno jeho aktivaci. Dalším možným rozšířením, které lze uskutečnit, je připojení tlačítek. V případě, že by uživatel nebyl spokojen pouze s dálkovým ovladačem, byl do návrhu a schématu desky plošných spojů řídící jednotky zahrnut konektor pro snadné připojení tlačítek, který vyžaduje jednoduchou softwarovou úpravu.

Cíle práce byly splněny v plném rozsahu.

Seznam použitých zdrojů

[1] Atmel [online], *ATmega8 datasheet*, 2009, 308s Dostupné z WWW: <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8159.pdf> [cit. 2010-1-4].

[2] AVR-GCC 4bit and 8 bit LCD library [online]. Dostupné z WWW: < http://winavr.scienceprog.com/example-avr-projects/avr-gcc-4-bit-and-8-bit-lcd-library.html>. [cit. 2010-5-4].

[3] AVR-GCC libraries [online]. Dostupné z WWW: < http://homepage.hispeed.ch/peterfleury/avr-software.html>. [cit. 2010-5-4].

[4] Biprog [online]. Dostupný z WWW:<http://web.quick.cz/ruckl/biprog/biprog.html> [cit. 2010-1-4]

[5] Hebeiltd [online] ATM1602B User's Guide, Dostupné z WWW: <www.hebeiltd.com.cn/lcm.datasheet/ATM1602B.pdf > [cit. 2009-12-16].

[6] HRBÁČEK, J.: *Komunikace mikrokontroléru s okolím*, Praha, BEN, 2002, 160s.

[7] HW.cz [online] Normy pro IR datový přenos, Dostupný z WWW: <http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART753-Normy-pro-IR-datovy-prenos.html> [cit. 2009-12-16].

[8] List of common microcontrollers [online]. Dostupné z WWW:<http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_common_microcontrollers>. [cit. 2010-1-4].

[9] Pseudodiffeerential inputs [online]. Dostupé z WWW: <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/2670>. [cit. 2009-12-16].

[10] RC5 Code [online]. Dostupné z WWW: <http://users.telenet.be/davshomepage/index.htm>. [cit. 2010-3-4].

[11] STMicroelectronics [online], *HCF4001B datasheet*, 2004, 8s. Dostupné z WWW: < http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/H/C/F/4/HCF4001B.shtml> [cit. 2010-5-5].

[12] STMicroelectronics [online], *TDA7439 datasheet*, 2002, 17s. Dostupné z WWW <http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/4291/tda7439.pdf>. [cit 2010-1-4].

[13] STMicroelectronics [online], TDA7805 datasheet Dostupné z WWW:<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/243596/STMICROELECTRONICS/TDA7801.html>.

[14] VALSA, J., SEDLÁČEK, J.: *Teoretická elektrotechnika II*, VUTIUM Brno, 2000, 241s.

[15] VÁŇA, V. *Popis procesoru a instrukční soubor.* Praha, 2003, 327s.

[16] Vishay [online], *TSOP17xx datasheet*, 2002, 8s. Dostupné z WWW: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/208/301092_DS.pdf>.

Seznam obrázků

Obr. 1.1 – Blokové schéma zařízení....10
Obr. 2.1 – Rozložení pinů....12
Obr. 2.2 – Blokové schéma Atmega8....13
Obr. 3.1 – schéma řídící jednotky....14
Obr. 3.2 – Blokové schéma programování mikrokontroléru....15
Obr. 4.1 – Rozložení pinů pro TDA7439, pouzdro SDIP30....16
Obr. 4.2 – schéma zapojení audioprocesoru TDA7439....18
Obr. 4.3 – testovací zapojení audioprocesoru....19
Obr. 4.4 – Časový průběh signálu I^2C....20
Obr. 4.5 – Organizace dat....21
Obr. 5.1 – Schéma zapojení TSOP17xx....23
Obr. 5.2 – Protokol RC – 5....24
Obr. 5.3 – Dálkový ovladač....25
Obr. 6.1 – Display MC1602E-SBL/H....26
Obr. 7.1 – Vývojový diagram programu....27

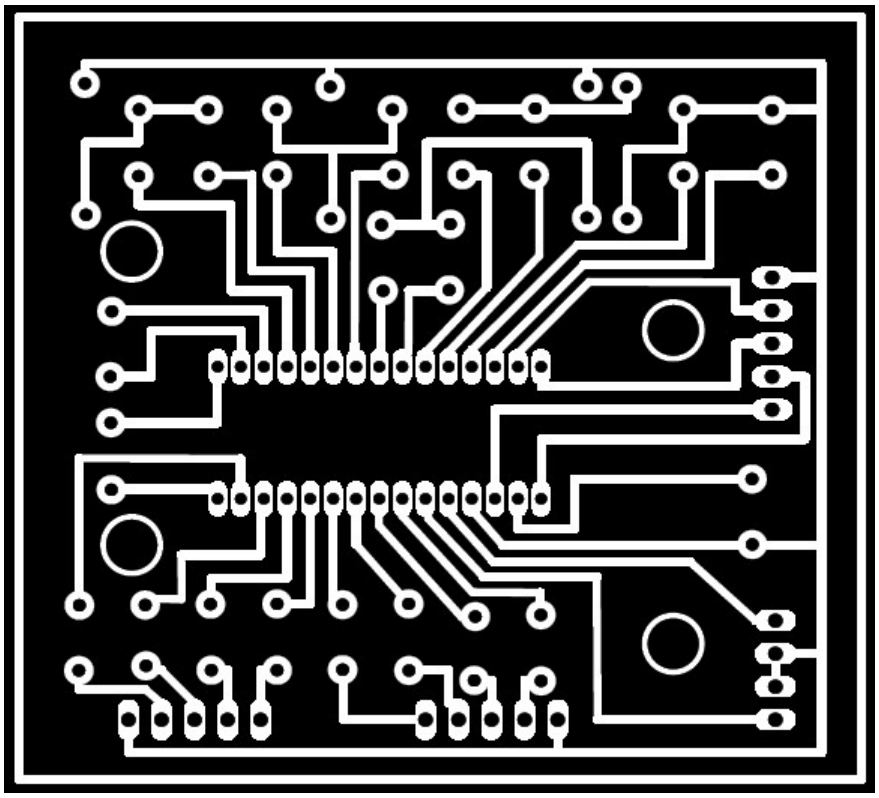
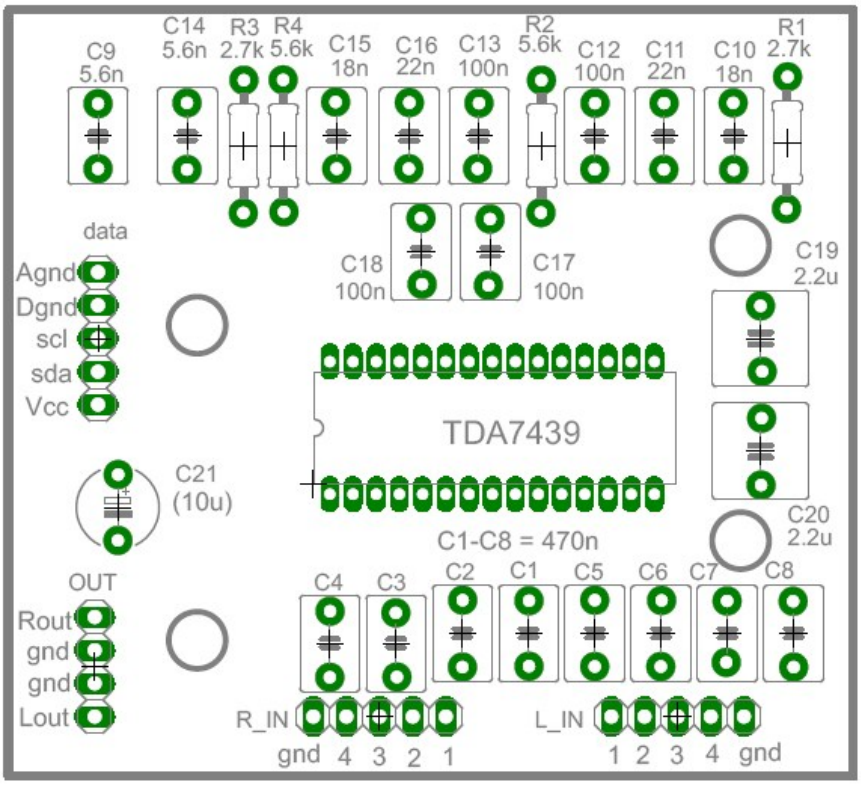
Seznam tabulek

Tab. 1.1 – Napájecí napětí součástek....10
Tab. 4.1 – Parametry funkcí audioprocesoru....17
Tab. 4.2 – Subadresy funkcí....22

Seznam příloh

Příloha 1 – DPS audioprocesoru....36
Příloha 2 – osazovací plán DPS audioprocesoru....36

Příloha 1 – DPS audioprocesoru



Příloha 2 – Osazovací plán DPS audioprocesoru