

Výukový modul pro předmět MPC: digitálně řízený zvukový procesor

Educational Module for the MPC Course:
Digitally Controlled Audio Processors

Martin Papica

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin PAPICA**
Osobní číslo: **A09143**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Výukový modul pro předmět Programování mikropočítačů: digitálně řízený zvukový procesor**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte hardwarové vlastnosti vývojového kitu M68EVB908GB60 a navrhnete způsob připojení modulu se zvukovým procesorem.
2. Provedte hardwarový návrh modulu digitálně řízeného zvukového procesoru na bázi obvodu TDA7318, ovládaného prostřednictvím IIC sběrnice.
3. Realizujte prototyp modulu a ověřte jeho funkci na vývojovém kitu.
4. Vytvořte podpůrné programové vybavení pro obsluhu modulu ve formě knihovny podprogramů v jazyce symbolických adres a 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. FREESCALE SEMICONDUCTOR. CPU08 Central Processor Unit Reference Manual [online]. 2001. Dostupné z: www.freescale.com
2. FREESCALE SEMICONDUCTOR. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1. [online]. 2003. Dostupné z: www.freescale.com
3. FREESCALE SEMICONDUCTOR. MC9S08GB/GT Data Sheet, Rev.2.3. [online]. 2004. Dostupné z: 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. MANN, Burkhard. C pro mikrokontroléry: ANSI-C, kompilátory C, spojovací programy – linkery, práce s ATMEL AVR a MSC-51, příklady programování v jazyce C, nástroje pro programování, tipy a triky. Vyd. 1. Praha: BEN, 2003, 279 s. ISBN 80-730-0077-6.
6. STMICROELECTRONICS. TDA7318 digital controlled stereo audio processor [online]. 1999. Dostupné z: www.st.com

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Dostálek, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

24. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

8. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit výukový modul s digitálně řízeným zvukovým procesorem. Jako zvukový procesor byl vybrán integrovaný obvod TDA7318, který je s mikropočítačem v učebně schopný komunikovat přes sběrnici IIC. Vzhledem k budoucímu použití ve výuce byl modul obohacen o IR přijímač, díky kterému je modul možné ovládat pomocí dálkového ovládání. Knihovna pro použití modulu byla naprogramována v jazyce symbolických adres a v C jazyce. Ukázková aplikace byla naprogramována v C jazyce a je kompatibilní s oběma verzemi knihoven.

Klíčová slova: TDA7318, M68EVB908GB60, RC5, IIC, Freescale, mikropočítač

ABSTRACT

The aim of this thesis was to create an educational module with digitally controlled audio processor. As an audio processor, an integrated circuit TDA7318 was selected. The circuit is connected to the microcomputer in the classroom and is able to communicate via IIC bus. For future use in the classroom was added to the module an IR receiver. IR receiver is used for remote control of module. The library for using of module was programmed in assembly language and in C language. The demonstration application was programmed in C language and it's compatible with the both library types.

Keywords: TDA7318, M68EVB908GB60, RC5, IIC, Freescale, micro-controller

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

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk 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 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 – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem 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 bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 JEDNOČIPOVÉ MIKROPOČÍTAČE	11
1.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA	11
1.2 ROZDĚLENÍ MIKROPOČÍTAČŮ	11
1.2.1 Podle architektury	11
1.2.2 Podle instrukční sady	13
1.3 VÝVOJOVÝ KIT M68EVB08GB60	13
1.3.1 Parametry kitu	14
1.4 POPIS MIKROPOČÍTAČE MC9S08GB60	15
1.4.1 Parametry	15
1.4.2 Registry	16
1.4.3 Paměť	19
2 ZVUKOVÝ PROCESOR	20
2.1 PARAMETRY TDA7318	20
2.2 POPIS VNITŘNÍ STRUKTURY OBVODU	21
2.3 SBĚRNICE I ² C	23
2.3.1 Základní pojmy sběrnice I ² C	23
2.3.2 Specifikace přenosu dat	23
2.3.3 Organizace dat při přenosu	24
3 IRDA DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ	26
3.1 PROTOKOL RC5	26
4 EAGLE	27
4.1 EDITOR SCHÉMAT	27
4.2 EDITOR NÁVRHU DPS	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	30
5 NÁVRH MODULU	31
5.1 PROPOJENÍ MODULU S VÝVOJOVÝM KITEM	31
5.2 ZVUKOVÝ PROCESOR - TDA7318	32
5.2.1 Napájení obvodu	32
5.2.2 Propojení s mikropočítačem	33
5.2.3 Zapojení vstupů a výstupů	34
5.2.4 Realizace sluchátkového zesilovače	34
5.3 IR DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ	35
6 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ	37
6.1 OVLÁDÁNÍ OBVODU TDA7318 MIKROPOČÍTAČEM	37
6.1.1 Detailní popis datových bytů	38
6.2 UŽIVATELSKÉ FUNKCE	41
6.3 VNITŘNÍ FUNKCE A OBSLUHY PŘERUŠENÍ	44
6.4 UKÁZKOVÁ APLIKACE	46
ZÁVĚR	49

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	50
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	51
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	53
SEZNAM OBRÁZKŮ	54
SEZNAM TABULEK.....	55
SEZNAM PŘÍLOH.....	56

ÚVOD

V dnešní době, jsme ze všech stran obkloповáni zařízeními, která obsahují zvukový procesor, ať už je to televizor, počítač nebo autorádio.

Před několika desítkami let bylo vše řešeno pomocí transistorů nebo elektronek a takřka nikoho nenapadlo, jaké výhody může do světa zvuku přinést zpracování digitálního signálu. Myšlenka, že jeden malý čip bude obsahovat to, co dříve zařízení s hmotností několika kilogramů byla nepředstavitelná.

Vzhledem k potřebě vybavení učebny novými výukovými moduly bylo využito dnešní dostupnosti integrovaných zvukových procesorů a byla navržena tato práce.

Teoretická část se zabývá popisem základních vlastností vývojového kitu obsahujícího mikroprocesor rodiny HCS08, popisem zvukového procesoru a jeho komunikace s mikropočítačem pomocí sběrnice I²C, vysvětlením principu dálkového ovládání pomocí IR přijímače s protokolem RC5 a na závěr popisem programu EAGLE, který slouží k návrhu schémat a desek plošných spojů.

Praktická část je složena ze dvou částí. První část se zabývá výukovým modulem po hardwarové stránce, popisem způsobu jeho připojení k vývojovému kitu a popisem jeho jednotlivých bloků. Druhá část se zabývá softwarovou stránkou kitu, zde je objasněn princip a použití funkcí vytvořené knihovny a její využití v demonstrační aplikaci.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 JEDNOČIPOVÉ MIKROPOČÍTAČE

Jednočipový mikropočítač nebo také anglicky microcontroller (MCU) je ideálním prostředkem pro řešení různých řídicích úkolů a zpracování signálu.

1.1 Základní charakteristika

Jednočipový mikropočítač je integrovaný obvod, který bývá často součástí vestavěných (embedded) systémů. Je určen k vykonávání specifické činnosti a vývoj se jej snaží navrhovat stále menší a jednodušší.

Důležitým kritériem návrhu je udržet nízkou cenu a spotřebu, čehož dnes využívá mnoho návrhářů elektroniky. Mikropočítače jsou dnes součástí např. automatických praček, automobilů nebo měřících a řídicích systémů.

Jde o to, že jeden čip často obsahuje všechno potřebné pro svůj provoz, v jednodušším případě mikropočítač pouze naprogramujete, připojíte napájení a vše funguje bez potřeby dalších součástí.

1.2 Rozdělení mikropočítačů

Mikropočítače se nejčastěji dělí podle těchto dvou kritérií

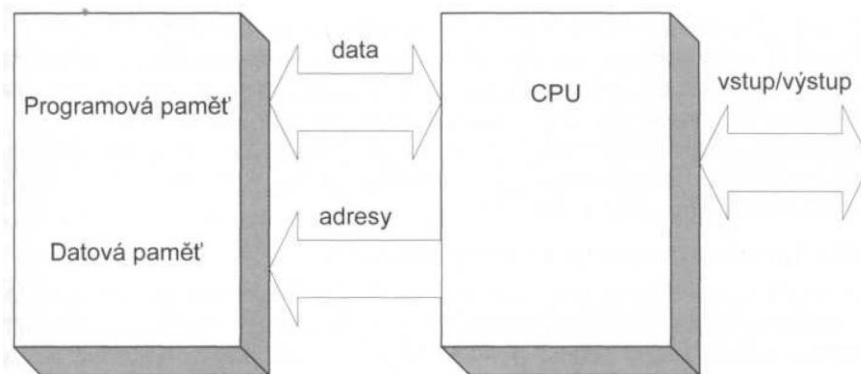
- Architektury
- Instrukční sady

1.2.1 Podle architektury

Jedním z významných aspektů, který značně ovlivňuje výkonnost mikropočítačů je jejich architektura. Doposud se nejvíce používá hlavně Von Neumannova architektura a Harvardská architektura. V poslední době se ale často setkáváme i s jejich kombinacemi.
[1]

Von Neumannova architektura

Von Neumannova architektura je charakterizována tím, že datová a programová paměť využívá společné adresové a datové sběrnice (viz Obr. 1).

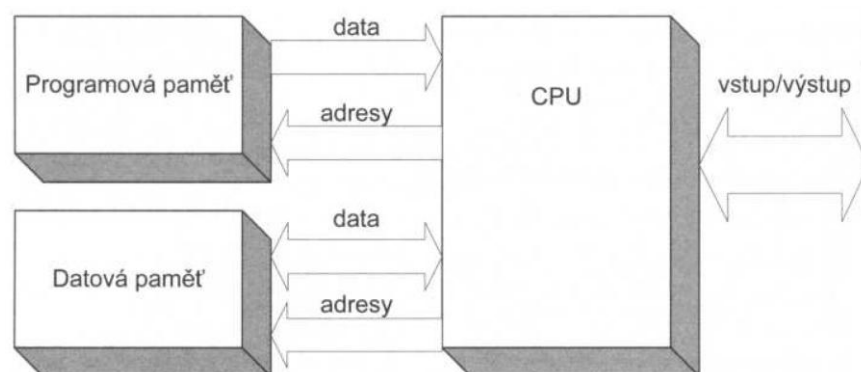


Obr. 1 - Von Neumannova architektura [1]

Výhodou je hospodárné využívání sběrnice systému, jehož výsledkem je snížení počtu vývodů MCU při použití externí paměti. Nevýhodou je však neodvratné snížení rychlosti zpracování, protože obě paměti sdílejí stejné sběrnice. Z paměti tedy můžeme číst buď jen instrukce, nebo data. Datová a programová paměť pokrývá stejnou oblast paměti, o volbě paměti rozhodují pouze řídicí linky.

Harvardská architektura

Harvardská architektura je starší než Von Neumannova. Má oddělené sběrnice systémy pro programovou a datovou paměť (viz Obr. 2). Což umožňuje se současně obracet na data i instrukce, což je základním předpokladem pro vysokou rychlost zpracování. Typická je i rozdílná bitová šířka datové a programové paměti. Programová paměť je navržena tak, že se jedním přístupem může číst instrukci i operand.



Obr. 2 - Harvardská architektura [1]

Z hlediska hospodárnosti existují i modifikované Harvardské architektury. Interně je mikro počítač navržen podle Harvardské architektury a vzhledem k vnějšku, pro přístup do

externí paměti, podle von Neumanovy architektury. Tím se ušetří náklady na výrobu čipu snížením počtu potřebných vývodů. [1]

1.2.2 Podle instrukční sady

Pro druhou výkonnostní charakteristiku, rozsah instrukcí a počet hodinových cyklů na jednu instrukci, je rozhodující druh interpretu instrukcí, RISC nebo CISC:

CISC

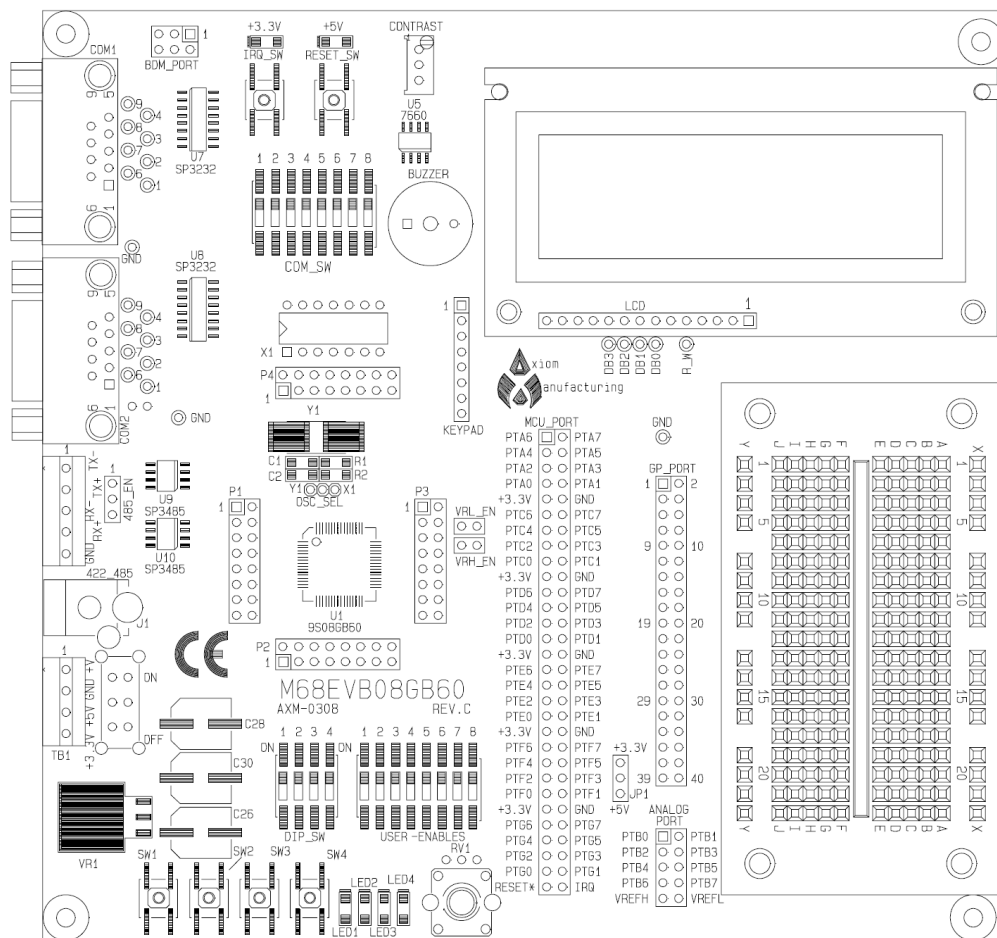
Je to tradiční interpret instrukcí. Existuje mnoho výkonných instrukcí, pomocí kterých můžeme složité operace zpracovat zadáním jedné instrukce a tak ušetřit paměťové místo. To zní zpočátku velmi dobře, ale tyto instrukce vyžadují složitý interpret instrukcí, který příslušná instrukce zpracovává během několika hodinových cyklů.

RISC

Po zkušenostech s architekturou CISC se přešlo k architektuře RISC, tzv. silně redukované sadě instrukcí obsahující většinou asi 50 instrukcí. Všechny instrukce mají stejnou bitovou šířku, jsou méně složité a vyžadují méně složitý interpret instrukcí ve srovnání s CISC. Což umožňuje efektivnější dekódování a zpracovávání, zpravidla v jednom hodinovém cyklu. Což značně zvýšilo rychlost zpracování, ale bohužel také velikost programu při téže prováděné funkci. [1]

1.3 Vývojový kit M68EVB08GB60

M68EVB08GB60 je vývojový kit pro mikropočítač s označením M9S08GB60. Programování s takovýmto kitem je značně rychlejší a snadnější, kit je dodáván se sériovým kabelem na propojení s počítačem, vzorovými softwarovými nástroji, příklady a softwarem pro ladění programu. Dále je vybaven kontaktním nepájivým polem a systémovým konektorem pro přístup k portům mikropočítače (viz Obr. 3). [2]



Obr. 3 - Vývojový kit M68EVB08GB60 [2]

1.3.1 Parametry kitu

- mikropočítač M9S08GB60
- 32 kHz až 4 MHz oscilátor
- nastavitelný generátor hodinového signálu
- stabilizované napájecí napětí 3,3 V a 5 V
- COM1 Sériovou linku s konektorem DB9 – SCIO0 Sériový port
- COM2 Sériovou linku s konektorem DB9 nebo RS422/455 – SCIO1 Sériový port
- Signalizace napájení , vypínač napájení
- Uživatelské periferie
 - 4 led diody (PTF0-3)
 - DIP přepínač (PTB4-7)

- 4 tlačítka (PTA4-7)
- LCD modul 2x16 znaků (PTG3-7, PTE6-7)
- Bzučák (PTD0)
- MCU Port konektor s digitálními vstupy a výstupy
- Analog Port konektor s analogovými vstupy a výstupy
- Kontaktní nepájivé pole 5,08 cm x 12,70 cm

Kit poskytuje operační monitor, který umožňuje uživateli přístup přes sériové rozhraní, pro vývoj a ladění zdrojového kódu. [2]

Napájení kitu

Napájení kitu je realizováno externím zdrojem, který se připojuje ke konektoru J1 nebo ke svorkovnici TB1. Napájecí napětí je stabilizováno stabilizátorem VR1, který je pomocí diody D3 chráněn proti přepólování napětí. Maximální proud je omezen tepelnou pojistkou FZ1. Vstupní napětí +5 V je dodáváno stabilizátorem VR1. Toto napětí je dále regulováno obvodem VR2 na hodnotu +3,3 V. Přítomnost napětí +5 V a +3,3 V je indikována LED diodami. [2]

1.4 Popis mikropočítače MC9S08GB60

MC9S08GB60 patří mezi levné a vysoce výkonné osmibitové mikropočítače rodiny HCS08. Mikropočítače této rodiny jsou dostupné s různými velikostmi a typy paměti, periferiemi a pouzdry. [3]

1.4.1 Parametry

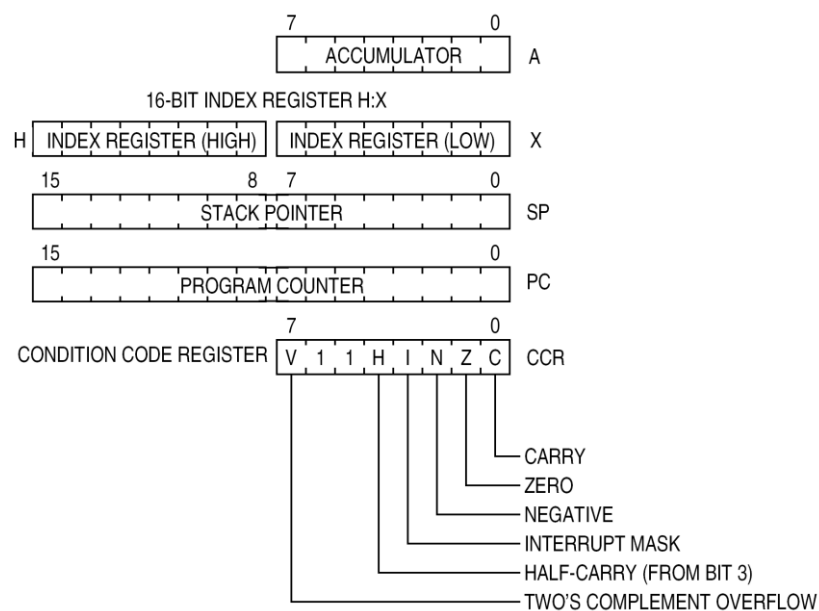
Výše zmiňovaný mikropočítač obsahuje [3,5]:

- 60 KB FLASH paměti
- 4 KB RAM paměti
- 8 kanálový, 10 bitový A/D převodník (ATD)
- 2x Modul sériové linky (SCI)
- Synchronní sériové periferní rozhraní (SPI)
- Nastavitelný interní generátor hodinového kmitočtu
- Interní datová sběrnice I²C
- kanálový TPM1 časovač
- 5 kanálový TPM2 časovač

- 8 pinový klávesnicový přerušovací modul (KBI)
- 16 pinů pro vysoké proudy
- 56 vstupně/výstupních linek na 7 portech (porty A-G)
- COP watchdog systém

1.4.2 Registry

Procesor obsahuje 5 registrů, které nejsou součástí paměťové mapy (viz Obr. 4).



Obr. 4 - Registry procesoru HCS08 [3]

Akumulátor (A)

Akumulátor je univerzální 8 bitový registr. Jeden operand se načte do aritmeticko logické jednotky (ALU), ta se spojí s akumulátorem a po dokončení aritmeticko logické operace uloží výsledek do akumulátoru. Do akumulátoru můžeme načítat z paměti za použití různých způsobů adresování a stejně tak můžeme jeho obsah do paměti uložit. Reset mikropočítače nemá žádný vliv na obsah akumulátoru. [3,4]

Indexový Registr (H:X)

Tento 16 bitový registr je složen ze dvou samostatných osmibitových registrů (H a X), které spolu pracují jako jeden 16 bitový adresní ukazatel, kde H obsahuje vyšší byte adresy a X nižší byte. Nicméně z důvodu zpětné kompatibility se starší M68HC05 rodiny, některé instrukce pracují pouze s polovinou tohoto registru a to s X. Což se projevuje i na nulování registru H po restartu mikropočítače.

Spousta instrukcí používá X jako univerzální 8 bitový registr. S tímto samostatným registrem se mohou provádět operace jako nulování, inkrementace, dekrementace, porovnání, negace, posun nebo rotace. Obsah registru X může být načten do akumulátoru, nebo naopak mohou být načtena data z akumulátoru. [3,4]

Ukazatel zásobníku (SP)

Tento 16 bitový adresový registr ukazuje na další dostupnou pozici v zásobníku. Zásobník je paměť typu LIFO (Last In - First Out). Zásobník může být umístěn kdekoli v celém adresovém prostoru paměti RAM. Zásobník je používán k uložení návratové adresy při volání podprogramu, k uložení CPU registrů během přerušení, pro ukládání lokálních proměnných nebo pro předávání parametrů funkcím.

Instrukce AIS umožňuje přičtení 8 bitového čísla se znaménkem k hodnotě registru SP, což je často používáno pro alokaci nebo uvolnění lokálních proměnných.

Z důvodu zpětné kompatibility je SP po restartu nastaven na hodnotu \$00FF, ale programově tuto hodnotu můžeme změnit. [3,4]

Programový čítač (PC)

Je to 16 bitový registr, který obsahuje adresu další instrukce nebo operandu, který se má vykonat.

Během běžného vykonávání programu se programový čítač inkrementuje vždy po zpracování instrukce či operandu. Při skoku nebo přerušení se do čítače nahraje příslušná adresa skoku či návratu.

Během restartu se do programového čítače uloží vektor na adrese \$FFFE a \$FFFF. Ve vektoru je uložena adresa první instrukce, která se má po restartu provést. [3,4]

Stavový registr (CCR)

8 bitový stavový registr obsahující masku přerušení (I) a pět příznaků indikujících výsledky právě vykonané instrukce.

V – Two's Complement Overflow Flag

Procesor nastaví příznak přetečení, když nastane přetečení dvojkového doplňku. Tento příznak využívají instrukce BGT, BGE, BLE a BLT. [3,4]

H – Half-Carry Flag

Tento příznak je nastaven, při přenosu v akumulátoru z 3 na 4 bit. Využívá se při operacích v BCD kódu. Příkaz DAA podle něj kontroluje stavové registry (H) a (C) a automaticky přidá hodnotu korekce z předchozího součtu pomocí ADD nebo ADC na operandy BCD a opraví je na platnou hodnotu. [3,4]

I — Interrupt Mask Bit

Pokud je tato maska nastavena na 1, všechna maskovatelná přerušení jsou zakázána. Když dojde k přerušení, tak se maska přerušení po uložení registrů na zásobník nastaví na 1. Nastavení této masky probíhá ještě před vykonáním první instrukce obsluhy.

N — Negative Flag

Procesor nastaví tento příznak, když aritmetická, logická nebo přesouvací operace má záporný výsledek. [3,4]

Z — Zero Flag

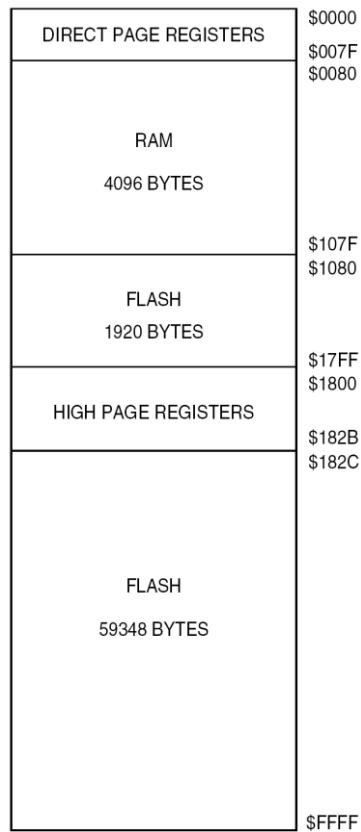
Příznak se nastaví, pokud je provedena aritmetická, logická nebo přesouvací operace s nulovým výsledkem. [3,4]

C — Carry/Borrow Flag

Příznak je nastavován jako výsledek aritmetických instrukcí v případech, kdy dochází k přenosu nebo výpůjčce na nejvýznamnějším bitu. Díky tomu je například možné sčítat nebo odčítat čísla, které nemůže ALU v jednom kroku zpracovat. Nejdříve se provádí operace na nižším bytu slova a poté se provede operace na vyšším bytu, přičemž se bere v úvahu stav tohoto příznaku. [3,4]

1.4.3 Paměť

Paměť mikro počítače bývá často znázorněná pomocí paměťové mapy (viz Obr. 5). U modelu MC9S08GB60 se skládá z paměti RAM, FLASH a registrů pro obsluhu integrovaných periférií. [3]



Obr. 5 - Paměťová mapa mikro počítače MC9S08GB60 [3]

2 ZVUKOVÝ PROCESOR

Zvukový procesor slouží ke zpracovávání zvukového signálu a má za úkol ovládat následující parametry:

- hlasitost
- vyvážení
- tónové korekce
- výběr vstupního signálu

Při návrhu komponent byl vybrán integrovaný obvod společnosti STMicroelectronics, konkrétně typ TDA7318, který tyto požadované vlastnosti a operace s NF signálem slučuje do jedné součástky. Zvukový procesor komunikuje s mikropočítačem pomocí sběrnice I²C.

2.1 Parametry TDA7318

Digitální zvukový procesor disponuje následujícími vlastnostmi [6]:

- vstupní multiplexer – k přepínání 4 stereo kanálů
- vstup a výstup pro externí ekvalizér nebo pro reduktor šumu
- ovladač hlasitosti
- ovladač hloubek a výšek

Vzhledem k těmto vlastnostem byl tento zvukový procesor často používán do autorádií a Hi-Fi systémů. Důležitou vlastností je také možnost nastavit každému kanálu různé zesílení, což se vzhledem ke 4 vstupním kanálům může hodit. V tabulce 1 jsou vypsány podrobnější charakteristické vlastnosti tohoto obvodu. [6]

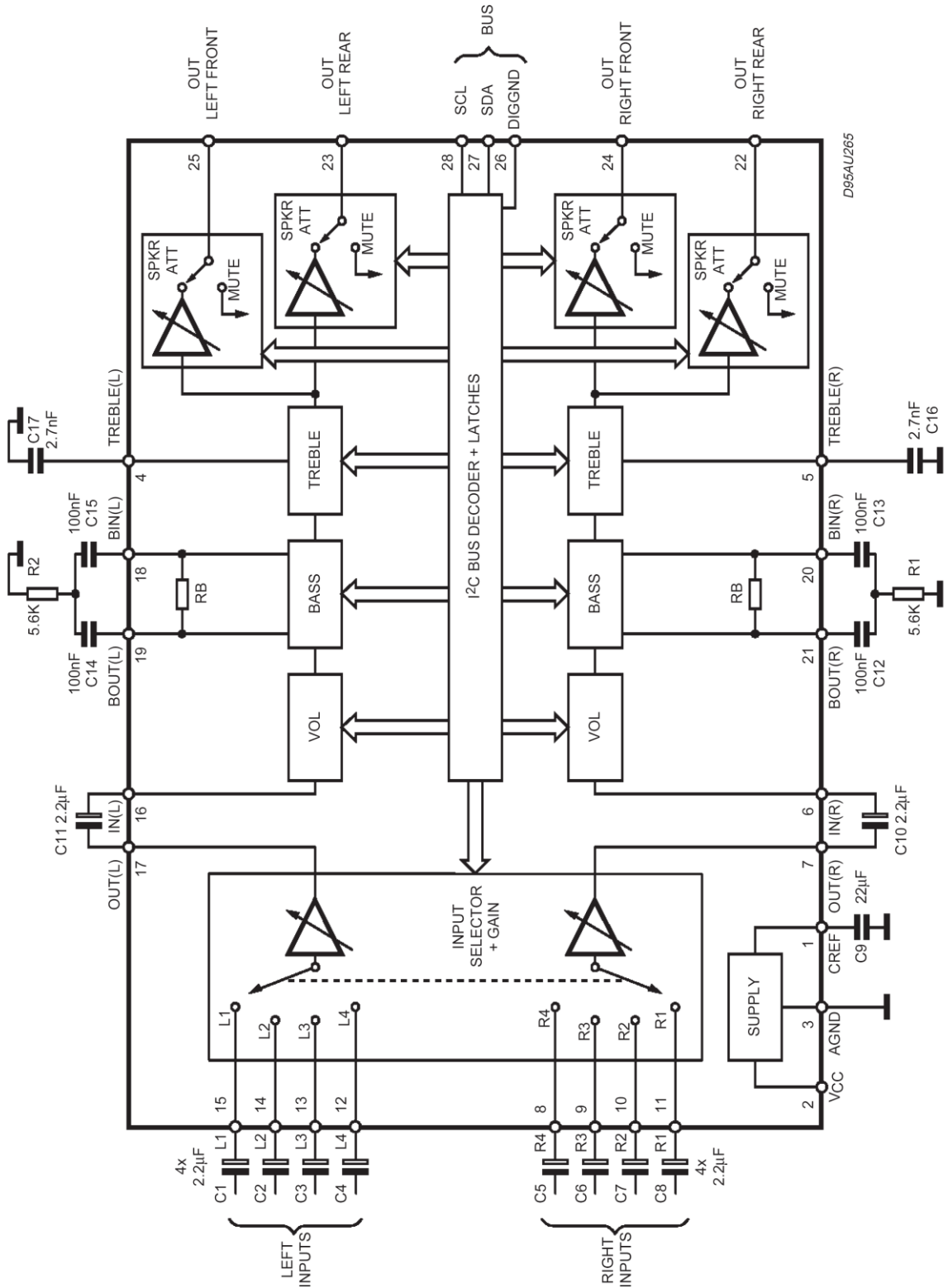
Tab. 1 - Základní charakteristické vlastnosti obvodu TDA7318 [6]

Značka	Parametr	Hodnota	Jednotka
	Počet stereo vstupů	4	-
	Počet stereo výstupů	2	-
V_S	Napájecí napětí	6 až 10	V
I_S	Napájecí proud	8	mA
R_{II}	Vstupní odpor přepínače	20 až 50	k Ω
R_{IV}	Výstupní odpor předzesilovače	2	k Ω
U_{INmax}	Maximální vstupní napětí	2	V_{RMS}
THD	Celkové harmonické zkreslení (při 0dB přenosu)	0,01	%
S/N	Odstup signál/šum	106	dB
S_C	Potlačení přeslechu mezi kanály	103	dB
	Ovládání hlasitosti (krok 1,25dB)	-78,75 až 0	dB
	Ovládání hloubek a výšek	-14 až +14	dB
	Balance a attenuator (krok 1,25dB)	-38,75 až 0	dB
	Vstupní zesílení (krok 6,25dB)	0 až 18,75	dB
	Útlum při funkci MUTE	100	dB
U_{Ocl}	Výstupní úroveň bez ořezání signálu	2	V_{RMS}
R_L	Minimální zatěžovací odpor	2	k Ω
R_{OUT}	Výstupní odpor	75	Ω
V_{IL}	Napětí pro rozpoznání log. 0 na I ² C	max. 1	V
V_{IH}	Napětí pro rozpoznání log. 1 na I ² C	min. 3	V
I_{IN}	Vstupní proud na vstupech I ² C	max. ± 5	μA
V_O	Napětí na výstupu SDA při ACK (při $I_O=1,6mA$)	max. 0,4	V

2.2 Popis vnitřní struktury obvodu

Vnitřní struktura integrovaného obvodu je zřejmá z obrázku 6. Uprostřed schématu je umístěna I²C sběrnice, která ovládá výše zmíněné prvky (znázorněno silnou šipkou). V levé části obrázku jsou vidět dva multiplexery, které přepínají mezi vstupními piny (vždy současně L1 a R1 atd.). V pravé části obrázku jsou znázorněny výstupní útlumové články (attenuatory), pomocí kterých sběrnice ovládá hlasitosti jednotlivých výstupních kanálů. Za výstupním attenuátorem je umístěn přepínač, který umožňuje přepnutí na tzv. MUTE funkci, která výstupní signál utlumí o 100 dB. Na většinu pinů obvodu jsou připojeny pomocné součástky, které slouží jako oddělovací členy nebo RC články pro nastavení hloubek a výšek. Obvod obsahuje i tzv. efektovou smyčku, která se zapojuje mezi výstup ze vstupního předzesilovače a vstup do regulátoru hlasitosti (piny OUT a IN).

Do této smyčky bývají často zapojovány různé efektové obvody jako např. echo, chorus, delay a podobné.



Obr. 6 - Blokové schéma zvukového procesoru TDA7318 [6]

2.3 Sběrnice I²C

I²C je obousměrná sběrnice vyvinutá firmou Philips pro zařízení komerční elektroniky, jako jsou mini-věže nebo televizory. Sběrnice se však rozšířila a dnes ji najdeme i v PC, kde se s její pomocí měří např. teplota procesoru.

Je to multi-masterová sériová sběrnice, která propojuje master a slave zařízení pomocí dvou vodičů. Všechny přenosy pochází z master zařízení a jsou potvrzovány pomocí ACK ze zařízení slave. [12]

2.3.1 Základní pojmy sběrnice I²C

Následující pojmy jsou použity v popisu funkce sběrnice [12]:

- **Vysílač** – Zařízení, které posílá data sběrnici, nebo o ně žádá jiná zařízení.
- **Přijímač** – Zařízení, které přijímá data ze sběrnice.
- **Master** – Komponenta, která inicializuje přenos, generuje hodinový signál a ukončuje přenos. Master může být vysílač i přijímač.
- **Slave** – Zařízení adresované pomocí masteru. Slave může být vysílač i přijímač.
- **Multi-master** – Schopnost současné existence více masterů bez vzniku kolize nebo ztráty dat.
- **SDA** – Sériová datová linka.
- **SCL** – Sériová hodinová linka.

2.3.2 Specifikace přenosu dat

Validita dat

Pokud je na SCL lince logická úroveň H (high), nesmí na lince SDA proběhnout žádná změna úrovně. Pokud by tato změna nastala, jednalo by se o START nebo STOP podmínku. [12]

- START podmínka – změna SDA z úrovně H do úrovně L (low)
- STOP podmínka – změna SDA z úrovně L do úrovně H

Formát dat

Data na SDA lince se vždy skládají z 8 bitů následovaných ACK bitem. Jako první bit se odesílá MSB bit. [12]

Ověření přenosu

Při ověřování přenosu se využívá ACK bitu. Pokud vysílač odešle celý byte, nastaví se do úrovně H a od přijímače očekává, že se nastaví do úrovně L. Nesplnění této posloupnosti znamená, že při přenosu došlo k chybě. [12]

2.3.3 Organizace dat při přenosu

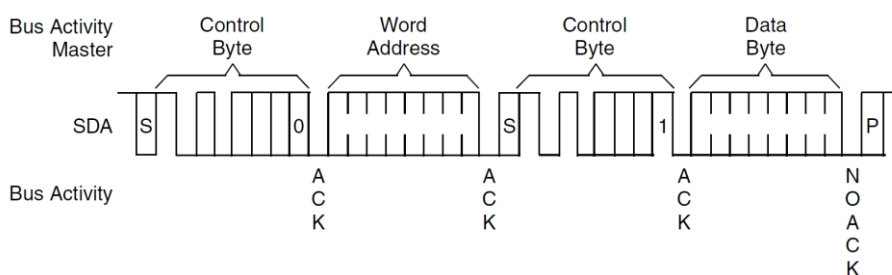
Přenos dat po I²C sběrnici má jednoznačnou organizaci. Jedná se o posloupnost bitů, která musí být pro příslušný typ přenosu dodržena.

Čtení ze slave zařízení

Při požadavku pro čtení vyšle master po START podmínce nejdříve tzv. kontrolní byte (Control Byte), který je složen z adresy zařízení (7 bitů) a RW bitu, který značí, zda se jedná o čtení nebo zápis (při čtení je RW bit v úrovni H). Nyní musíme specifikovat data, která chceme přečíst, tudíž v kontrolním byte nastavíme RW bit do úrovně L.

Dále následuje tzv. Word Address byte, který specifikuje adresu, odkud chceme ze zařízení číst. Po tomto byte opět vyšleme kontrolní byte, ale nyní již s RW bitem nastaveným v úrovni H.

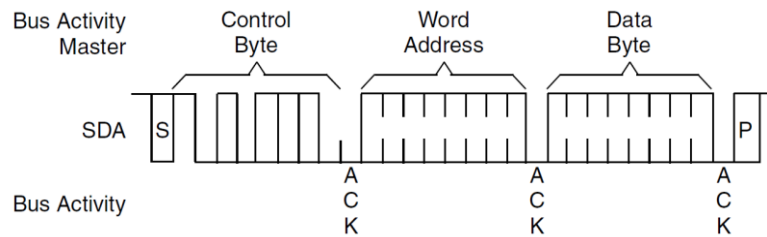
Nyní slave zařízení odešle na sběrnici požadovaný datový byte (Data Byte), který již není následovaný ACK bitem, ale STOP podmínkou. Celková operace je znázorněna na obrázku 7. [12]



Obr. 7 - Organizace dat při čtení ze slave zařízení [12]

Zápis do slave zařízení

Organizace dat při zápisu do zařízení je jednodušší než při čtení. Sběrnici se po vyslání START podmínky vyšle kontrolní byte s RW bitem nastaveným na 0, po něm následuje Word Address byte, který definuje adresu zápisu dat a jako poslední se vyšle datový byte, který je následován ACK bitem a poté STOP podmínkou (viz Obr. 8).



Obr. 8 - Organizace dat při zápisu do slave zařízení [12]

3 IRDA DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ

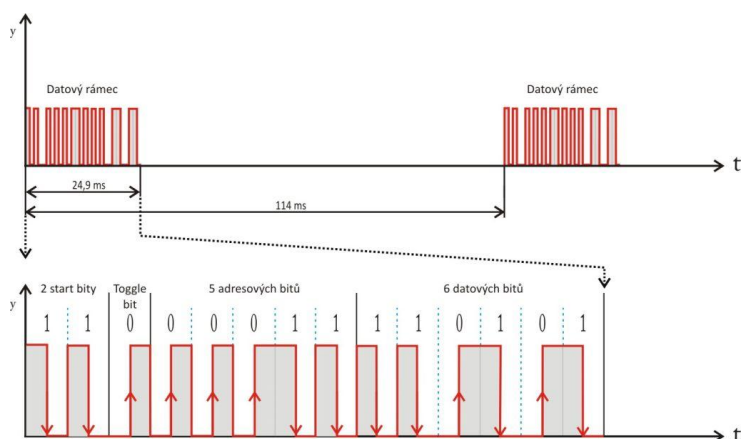
IR komunikace mezi přijímačem a vysílačem probíhá v oblasti neviditelného světelného spektra. Vysílač je zpravidla tvořen infračervenou diodou a modulátorem signálu. Přijímač bývá tvořen fotocitlivou diodou a demodulátorem.

3.1 Protokol RC5

Pro přenos informace po IR komunikaci se využívá řada různých protokolů, které se používají pro potlačení vnějších rušivých vlivů a bezpečné doručení zprávy přijímači. Samotnou modulaci provádí modulátor uvnitř dálkového ovládání.

Protokol RC5 pracuje na principu bi-phase kódování na frekvenci 36 kHz. Každé stisknutí tlačítka ovladače je přenášeno bitovým rámcem o délce 114 ms, což umožňuje za jednu sekundu vyslat téměř devět příkazů dálkového ovládání. Samotná informace o stisku tlačítka je přenášena pouze 24,9 ms, zbytek času slouží k oddělení jednotlivých impulzů. Ukázka kódování je znázorněna na obrázku 9.

První dva bity tvoří START podmínku. Třetí bit určuje, zda je tlačítko stisknuté, nebo zda bylo stisknuto pouze jednou (tzv. Toggle bit). Další čtyři bity jsou adresové a jsou následovány šesti datovými bity. Každý z těchto bitů je přenášen jako 32 impulzů o frekvenci 36 kHz. Perioda jednoho bitu tedy trvá 1778 μ s.



Obr. 9 - RC5 modulace [13]

Samotné vyhodnocování logické úrovně jednotlivých bitů probíhá pomocí náběžných (log. 0) a sestupných hran (log. 1), které se odečítají v polovině periody jednotlivých bitů. [13]

4 EAGLE

Program EAGLE je velice užitečný software pro návrh schémat a desek plošných spojů (DPS). Podporuje platformy Windows, Linux a MAC.

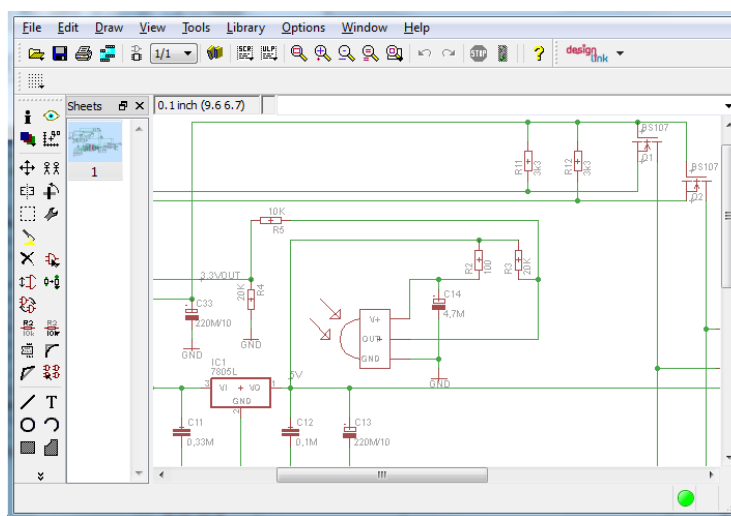
4.1 Editor schémat

Pro vytvoření DPS je nutné vytvoření schématu, které se provádí v editoru schémat (Obr. 10). V tomto editoru je pro návrh důležitý panel nástrojů „Command buttons“, ve kterém se nachází všechna důležitá tlačítka. Popis základních tlačítek:

- **ADD** – přidání součástky na plátno schématu
- **DELETE** – vymaže vybranou součástku z plátna
- **NET** – propojuje mezi sebou vývody součástek
- **MOVE** – přesun součástky po plátně
- **COPY** – naklonuje vybranou součástku

Pomocí výše zmíněných tlačítek není problém vytvořit jednoduché schéma. Je dobré si zvyknout při návrhu označovat elektrické země GND a napájení VCC, tyto značky najdeme v seznamu součástek po kliknutí na tlačítko „ADD“.

Program EAGLE obsahuje funkci pro detekci chyb ve schématu. Detekované chyby jsou zobrazeny v ERC záznamu, který se otvírá tlačítkem „ERRORS“.



Obr. 10 - Editor schémat softwaru EAGLE

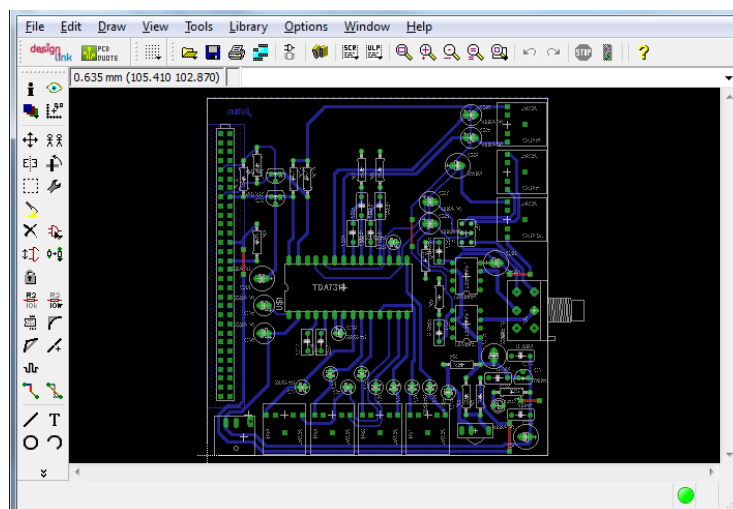
Po dokončení schématu se můžeme přepnout do editoru návrhu desky plošného spoje, který se aktivuje položkou „Switch to board“ nacházející se v nabídce „File“. [7]

4.2 Editor návrhu DPS

Po přechodu do režimu návrhu DPS (Obr. 11) z editoru schémat se nám zobrazí v levé části plátna všechny námi použité součástky. Žluté úsečky, které spojují jednotlivé piny součástek, jsou generovány z propojení součástek ve schématu. V pravé části plátna se nachází obdélník, který symbolizuje konkrétní desku plošného spoje.

Pro návrh takovéto desky je doporučeno aktivovat pomocnou mřížku (GRID), která se nastavuje v okénku „Grid“ (položka „Grid“, uvnitř nabídky „View“). V tomto okénku lze změnit i velikost zobrazované mřížky.

Nyní je možné pomocí tlačítka „MOVE“ přesunout součástky z levé části plátna do obdélníku desky a následně propojit jejich piny cestičkami. Při přesunu součástek můžeme pomocí stisku pravého tlačítka myši otáčet součástkou o 90°. Před samotným spojováním pinů je doporučeno používat tlačítko „RATSNEST“, které znovu vygeneruje co nejjednodušší propojení pinů součástek pomocí žlutých úseček. Návrh cestiček se provádí tlačítkem „ROUTE“. Po kliknutí na tohle tlačítko se v panelu nástrojů „Parameters“ zobrazí další možnosti jako např. nastavení tloušťky cest nebo tvar ohybu cestiček. Nyní již stačí pomocí levého tlačítka myši propojit potřebné piny. Správnost propojení zde můžeme kontrolovat pomocí tlačítka „ERRORS“.



Obr. 11 - Editor DPS softwaru EAGLE

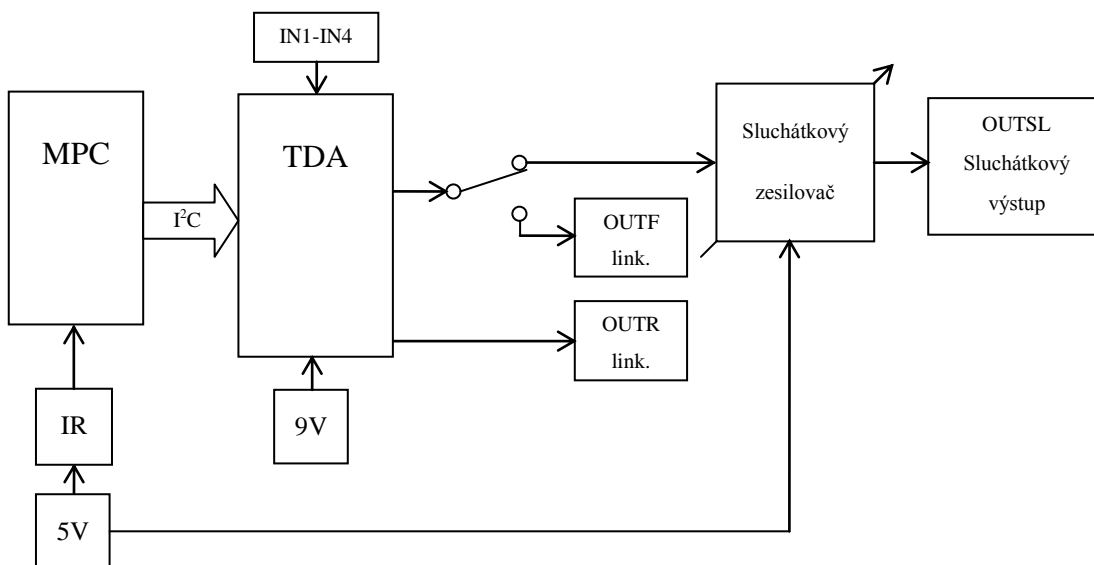
Po dokončení návrhu je možné desku vytisknout nebo vyexportovat jako obrázek. Abychom se vyvarovali špatného otočení předlohy při tvorbě desky, je doporučeno před tiskem pojmenovat desku pomocí tlačítka „TEXT“. [7]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 NÁVRH MODULU

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a vyrobit modul se zvukovým procesorem ovládaným mikropočítačem pomocí sběrnice I²C, který bude sloužit jako výuková pomůcka pro předmět Programování Mikropočítačů.

Na obrázku 12 je zobrazeno blokové schéma výukového modulu. Mezi základní bloky patří mikropočítač (MPC) a zvukový procesor (TDA), komunikace mezi těmito dvěma bloky je realizována sběrnici I²C. Dále se zde nachází blok IR sloužící pro dálkové ovládání modulu, blok IN1-IN4 symbolizující vstupní konektory zvukového procesoru, bloky OUTF a OUTR symbolizující linkové výstupní konektory zvukového procesoru a blok OUTSL symbolizující sluchátkový výstupní konektor. Signál do sluchátkového výstupu OUTSL je zpracováván Sluchátkovým zesilovačem, který zesiluje výstupní signál zvukového procesoru.



Obr. 12 - Blokové schéma výukového modulu

5.1 Propojení modulu s vývojovým kitem

Pro připojení modulu se využívá MCU_port (viz Obr. 13), který poskytuje propojení se vstupně výstupními piny mikropočítače a 3,3 V napětím.

Výukový modul obsahuje dvě řady konektorových kolíků, pomocí kterých se do tohoto portu zasune.

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. 13 - MCU_port s označením pinů [2]

Piny PTA0-7 se využívají jako porty klávesnice a z toho PTA4-7 jsou připojeny k integrovaným tlačítkům kitu (SW1 – SW4). Piny PTF0-3 jsou použity pro integrované LED diody kitu (LED1 – LED4).

Na pinech PTE0-1 se poskytují vstupy a výstupy SCI1 rozhraní pro COM1. Na PTC0-1 se poskytují vstupy a výstupy SCI2 rozhraní pro COM2 nebo pro port 422_485, záleží na tom, co je nastaveno.

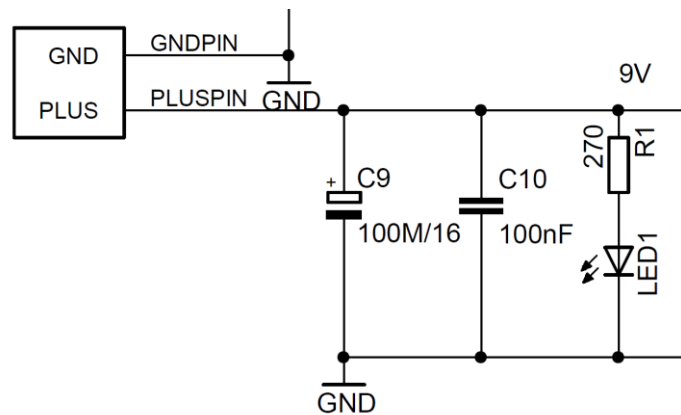
Na pinu PTD0 se poskytuje výstupní signál bzučáku. Piny PTG1-2 jsou Y1 XTAL a EXTAL signály. Pokud je připojeno BDM je pin PTG0 BGND signál.

Piny PTG3-G7 a PTE6-7 jsou využívány pro propojení s dvouřádkovým LCD displejem integrovaným na kitu. [2]

5.2 Zvukový procesor - TDA7318

5.2.1 Napájení obvodu

Napájení obvodu je realizováno pomocí 9 V napětí, které musí být do modulu připojeno z externího zdroje. Pro filtraci napětí bylo využito filtračních kondenzátorů a jako indikátor spuštění modulu slouží připojená LED dioda (viz Obr. 14).

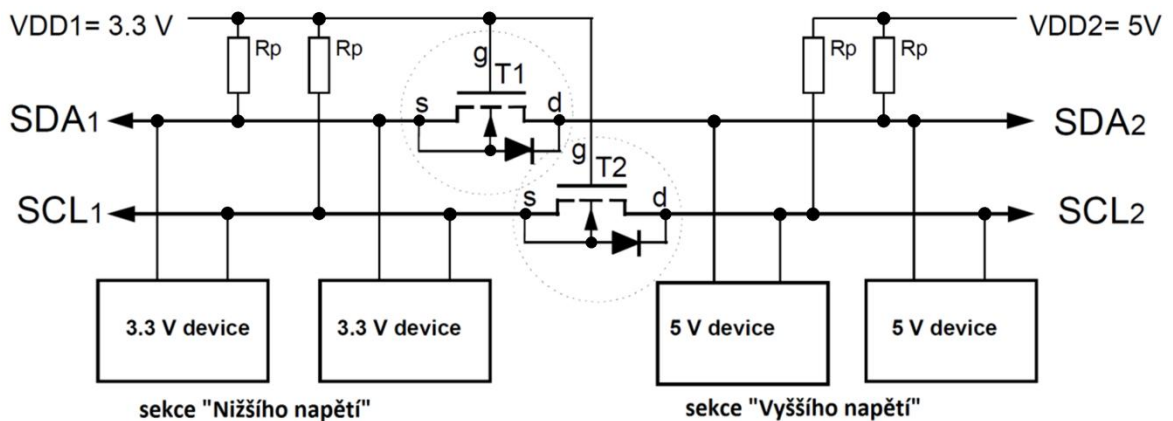


Obr. 14 - Část schématu modulu: napájení obvodu

5.2.2 Propojení s mikropočítačem

Zvukový procesor je s mikropočítačem propojen pomocí PTC2/SDA a PTC3/SCL pinů sběrnice I²C.

Problém zde nastává s komunikačním napětím obou zařízení, protože mikropočítač pracuje jako 3,3 V zařízení a zvukový procesor jako 5 V zařízení. Pro propojení se zde muselo využít obousměrného konvertoru úrovní (viz Obr. 15), který napětí pro každý směr upraví.

Obr. 15 - Obousměrný úroňový posunovač využitý pro I²C komunikaci [11]

Posun napětí je pro každou linku sběrnice vždy stejný. Využívá se zde MOS-FET tranzistorů s indukovaným kanálem, tranzistor T1 využívá datová linka SDA a T2 využívá hodinová linka SCL. Gate (g) musí být připojeny k nejnižší úrovni napětí VDD1, source (s) na linky sběrnice s nižším napětím a drain (d) spojen s linkami sběrnice s vyšším napětím. [11]

5.2.3 Zapojení vstupů a výstupů

Celý obvod byl zapojen dle doporučeného schématu uvedeného v datasheetu. Vstupy a výstupy jsou od dalších obvodů oddělené kondenzátory, které mají malou impedanci pro zpracovávané střídavé napětí. Pro stejnosměrný proud je tedy obvod kondenzátorem přerušen. Vstup a výstup je tak pomocí kondenzátorů oddělen od zdroje stejnosměrného napětí.

Pro připojení vstupů a výstupů byly zvoleny konektory Jack s velikostí 3,5mm. Modul obsahuje tyto vstupní a výstupní konektory:

- 4x stereo vstupní konektor (IN1 – IN4)
- 2x stereo výstupní linkový konektor (OUTF, OUTR)
- 1x stereo výstupní sluchátkový konektor (OUTSL)

Výstupní konektory OUTF a OUTSL jsou mezi sebou přepínatelné pomocí jumperu (JP1). Sluchátkový výstup je realizován zesílením linkového výstupu OUTF pomocí sluchátkového zesilovače.

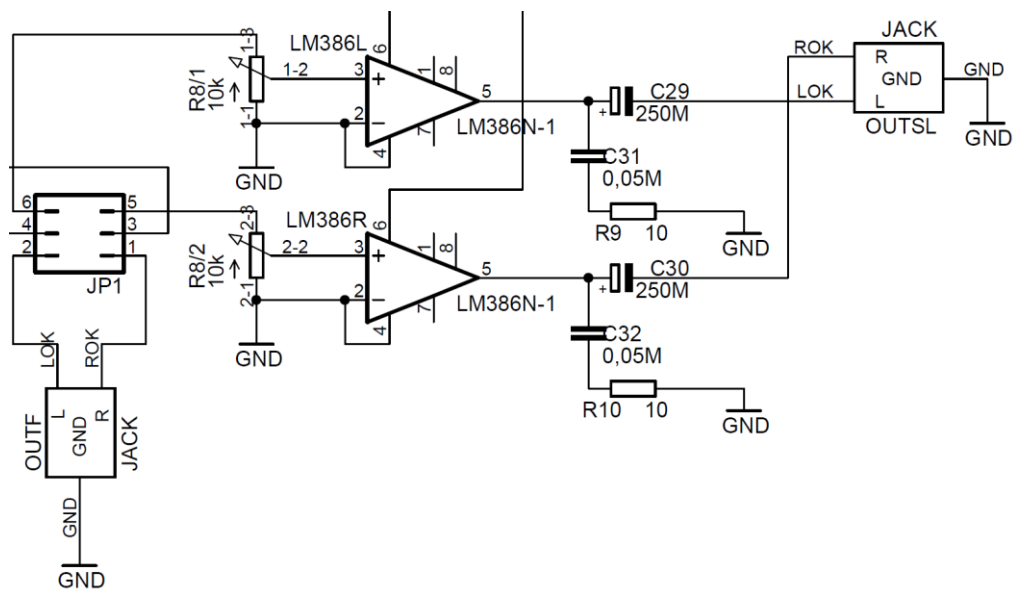
5.2.4 Realizace sluchátkového zesilovače

Sluchátkový zesilovač byl realizován pomocí dvou obvodů integrovaných zesilovačů LM386 s možností regulace úrovně výstupního signálu potenciometrem R8 (viz Obr. 16).

Obvod LM386 je nízkofrekvenční zesilovač, mezi jeho výhody patří nízká spotřeba, široký rozsah napájecího napětí, malé zkreslení a minimální množství externích součástek. Rozsah napájecího napětí se pohybuje v rozmezí 4-12 V. [8]

Pro napájení obvodu je využitý integrovaný stabilizátor 5 V napětí s označením L78L05, který může být zatěžován proudem až 100 mA. [10]

Vzhledem k tomu, že LM386 umí zesilovat pouze monofonní signál, je tento obvod použit pro levý a pravý kanál samostatně. Pro naše vyžití bylo postačující základní zapojení, které má zisk 20 dB.



Obr. 16 - Část schématu modulu: sluchátkový zesilovač

Výběr mezi linkovým a zesíleným výstupem se provádí propojením prostředních pinů jumperu (4 a 3) s horními či dolními piny.

Kombinace propojení:

- Linkový výstup – propojení se spodní dvojicí pinů (2,1)
- Sluchátkový výstup – propojení s horní dvojicí pinů (6,5)

Po propojení pinů na sluchátkový výstup se signál přes potenciometr R8 (regulátor hlasitosti) dostane na vstup zesilovače.

Na výstup zesilovače jsou přidány oddělovací kondenzátory a za nimi je připojen konektor.

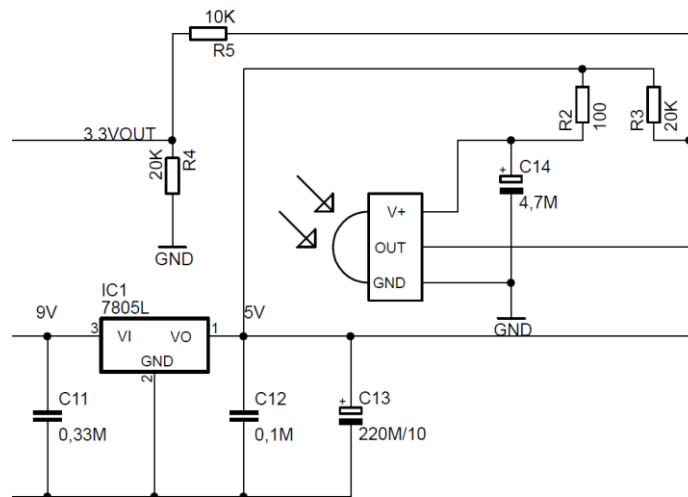
5.3 IR dálkové ovládání

Jako vhodný IR senzor byl vybrán TSOP1736, který 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. [9]

Pro napájení IR senzoru je využito 5 V napětí, které je vyvedeno ze stabilizátoru L78L05.

IR senzor je s mikropočítačem propojen pomocí pinu PTD3/TPM2CH0, což je pin pracující s časovačem mikropočítače. Díky tomuto propojení můžeme při programování využít mód Input capture, který časovač využívá pro detekci nástupných a sestupných hran.

Na výstupu senzoru je v klidovém stavu napětí 5 V, tohle napětí však bez úpravy nemůžeme na vstupní pin mikropočítače přivést. Proto se využilo děliče napětí v poměru 1:2, který nám hodnotu napětí upravit na 3,3 V (viz Obr. 17). Pokud na senzor dopadne IR záření z dálkového ovladače, hodnota tohoto napětí poklesne až k hodnotě 0,2 V.



Obr. 17 - Část schématu modulu: IR senzor se stabilizátorem 5 V napětí

6 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ

Jako programová podpora modulu byla vytvořena knihovna funkcí, která umožňuje jednoduché ovládání modulu se zvukovým procesorem. Knihovna byla naprogramována ve dvou verzích, první verze je naprogramována v C jazyce a druhá verze v jazyce symbolických adres. Obě tyto knihovny jsou mezi sebou kompatibilní, tudíž je možné použít např. knihovnu naprogramovanou v jazyce symbolických adres při programování aplikace v C jazyce. Knihovna obsahuje čtyři soubory nazvané audiomod s příponami c, asm, h a inc.

6.1 Ovládání obvodu TDA7318 mikropočítačem

Mikropočítač se zvukovým procesorem TDA7318 komunikuje pomocí sběrnice I²C. Organizace dat při přenosu je mírně odlišná, než je popsána v kapitole 2.3.3 a využívá se zde pouze zápisu dat do slave zařízení (zvukového procesoru). Master (mikropočítač) na sběrnici vyšle nejdříve START podmínku. Dále vyšle místo kontrolního bytu a Word address bytu pouze byte s jedinečnou adresou zařízení (88H), za kterou následují sekvenčně posílané datové byty. Komunikaci se slave zařízením následně master ukončí STOP podmínkou. [6]

Integrovaný obvod TDA7318 má výrobcem přidělenou pevnou adresu na I²C sběrnici. Znamená to, že na jednu sběrnici nelze současně připojit dva a více modulů TDA7318.

Datový byte má jedinečnou strukturu, která definuje ovládání funkcí zvukového procesoru (viz Tab. 2).

Tab. 2 - Struktura datového bytu TDA7318 [6]

MSB								LSB	FUNKCE
0	0	B2	B1	B0	A2	A1	A0	Ovládání hlasitosti	
1	0	0	B1	B0	A2	A1	A0	Zeslabení výstupu LF	
1	0	1	B1	B0	A2	A1	A0	Zeslabení výstupu RF	
1	1	0	B1	B0	A2	A1	A0	Zeslabení výstupu LR	
1	1	1	B1	B0	A2	A1	A0	Zeslabení výstupu RR	
0	1	0	G1	G0	S2	S1	S0	Nastavení vstupu	
0	1	1	0	C3	C2	C1	C0	Nastavení hloubek	
0	1	1	1	C3	C2	C1	C0	Nastavení výšek	

$Ax = 1,25 \text{ dB krok}$; $Bx = 10 \text{ dB krok}$; $Cx = 2 \text{ dB krok}$; $Gx = 6,25 \text{ dB krok}$

6.1.1 Detailní popis datových bytů

Pro každý ovládací prvek z tabulky 2 je v knihovně realizovaná uživatelská funkce. Uživatelské funkce byly programovány podle níže uvedených tabulek (Tab. 3-6).

Tab. 3 - Nastavení hlasitosti TDA7318 [6]

Funkce	Bity b7 (MSB) až b0 (LSB)						Význam kombinace bitů			
Hlasitost	0	0	B2	B1	B0	A2	A1	A0	Hlasitost vyjádřená v dB vůči vstupnímu signálu: (Hodnoty ve sloupcích H a L se sčítají)	
			0	0	0				0	
			0	0	1				-10	
			0	1	0				-20	
			0	1	1				-30	
			1	0	0				-40	
			1	0	1				-50	
			1	1	0				-60	
			1	1	1				-70	
						0	0	0	0	0
						0	0	1		-1,25
						0	1	0		-2,5
						0	1	1		-3,75
						1	0	0		-5
						1	0	1		-6,25
						1	1	0		-7,5
						1	1	1		-8,75

V tabulce pro nastavení hlasitosti vidíme jednotlivé bitové kombinace pro nastavení konkrétní hlasitosti. Záporné hodnoty v dB znamenají úroveň zeslabení signálu.

Příklad nastavení hlasitosti:

- nastavení hlasitosti na hodnotu -52,5 dB: 00101010B

Tab. 4 - Nastavení úrovně výstupů TDA7318 [6]

Funkce	Bity b7 (MSB) až b0 (LSB)							Význam kombinace bitů	
Úroveň výstupů	1	D1	D0	B1	B0	A2	A1	A0	Hlasitost vyjádřená v dB vůči vstupnímu signálu: (Hodnoty ve sloupcích H a L se sčítají)
		0	0						Levý přední výstup LF
		0	1						Pravý přední výstup RF
		1	0						Levý zadní výstup LR
		1	1						Pravý zadní výstup RR
				0	0				0
				0	1				-10
				1	0				-20
				1	1				-30
						0	0	0	0
						0	0	1	-1,25
						0	1	0	-2,5
						0	1	1	-3,75
						1	0	0	-5
						1	0	1	-6,25
						1	1	0	-7,5
				1	1	1	-8,75		

Příklad nastavení úrovně výstupů:

- zeslabení pravého předního výstupu o 15 dB: 10101100B

Tab. 5 - Nastavení vstupního přepínače a předzesilovače TDA7318 [6]

Funkce	Bity b7 (MSB) až b0 (LSB)							Význam kombinace bitů	
Vstupní přepínač a předzesilovač	0	1	0	G1	G0	0	S1	S0	Hlasitost vyjádřená v dB vůči vstupnímu signálu:
				0	0				+18,75
				0	1				+12,5
				1	0				+6,25
				1	1				0
							0	0	Stereo vstup č. 1
							0	1	Stereo vstup č. 2
							1	0	Stereo vstup č. 3
							1	1	Stereo vstup č. 4

Příklad nastavení vstupního přepínače a úrovně předzesilovače:

- aktivace stereo vstupu č. 2 s 18,75 dB předzesílením: 01000001B

Tab. 6 - Nastavení úrovně tónových korekcí na výstupu TDA7318 [6]

Funkce	Bity b7 (MSB) až b0 (LSB)					Význam kombinace bitů			
	D1	C3	C2	C1	C0				
Úroveň výstupů	0	1	1				Úroveň vyjádřená v dB vůči vstupnímu signálu pro jednotlivá pásma		
				0				Hloubky	
				1				Výšky	
					0	0	0	0	-14
					0	0	0	1	-12
					0	0	1	0	-10
					0	0	1	1	-8
					0	1	0	0	-6
					0	1	0	1	-4
					0	1	1	0	-2
					0	1	1	1	0
					1	1	1	1	0
					1	1	1	0	+2
					1	1	0	1	+4
					1	1	0	0	+6
					1	0	1	1	+8
					1	0	1	0	+10
	1	0	0	1	+12				
	1	0	0	0	+14				

Příklad nastavení vstupního parametru:

- nastavení výšek na úroveň 6 dB: 01111100B

6.2 Uživatelské funkce

Tyto funkce jsou uživateli přístupné a slouží k ovládání výukového modulu.

Audio

Definice funkce: void Audio (void);

Je to inicializační funkce modulu bez návratové hodnoty (void), která se musí spouštět jako první. Neobsahuje žádné vstupní parametry, v jejím těle se provádí inicializace I²C sběrnice a parametrů potřebných pro funkci přerušení od časovače.

Příklad použití: Audio ();

IIC_write_byte

Definice funkce: void IIC_write_byte (byte data)

Je to funkce bez návratové hodnoty, která má definovaný jeden vstupní parametr data. Možnosti nastavení parametru data jsou popsány v kapitole 6.1.

V těle této funkce probíhá odeslání parametru data do zvukového procesoru. Popis přenosu je popsán v kapitole 6.1.

Příklad použití: IIC_write_byte (0b01111100);

- hodnota 01111100B se zapíše do zvukového procesoru

Set_volume

Definice funkce: char Set_volume (byte value)

Funkce, která se používá pro změnu hlasitosti zvukového procesoru. Je to funkce s návratovou hodnotou typu char, která má definovaný jeden vstupní parametr value. Parametr value může nabývat hodnot 0-63, tento rozsah je odvozen z binární kombinace uvedené v tabulce 3, při zadání hodnoty 0 bude hlasitost maximální.

Funkce nejdříve vyhodnotí, zda je číslo zadané v parametru value ve správném rozsahu, pokud je hodnota v pořádku, zapíše tuto hodnotu do zvukového procesoru a nastaví návratovou hodnotu na 1. Pokud byl zadaný parametr neplatný, nastaví návratovou hodnotu na hodnotu 0.

Příklad použití: Set_volume (63);

- hodnota volume se nastaví na úroveň -78,75 dB

Set_input

Definice funkce: char Set_input (byte input_num, byte value)

Funkce, která se používá pro změnu vstupního kanálu a nastavení úrovně předzesilovače. Je to funkce s návratovou hodnotou typu char, která má definované dva vstupní parametry (input_num a value). Parametr input_num obsahuje číslo vstupu, který se má aktivovat a parametr value obsahuje informaci pro nastavení předzesilovače. Hodnoty parametrů jsou odvozeny z binárních hodnot nastavení v tabulce 5.

Funkce nejdříve vyhodnotí, zda jsou oba parametry v rozsahu 0-3 (4 kombinace nastavení), pokud jsou parametry v pořádku, upraví je do požadovaného formátu datového slova, zapíše do zvukového procesoru a nastaví návratovou hodnotu na 1. Pokud byl některý ze zadaných parametrů neplatný, nastaví návratovou hodnotu na 0.

Příklad použití: Set_input (3,3);

- aktivuje se vstup č. 4 a úroveň předzesilovače se nastaví na 18,75 dB

Speaker_attenuators

Definice funkce: char Speaker_attenuators (byte speaker_num, byte value)

Funkce, která se používá pro nastavení úrovně výstupních kanálů. Je to funkce s návratovou hodnotou typu char, která má definované dva vstupní parametry (speaker_num a value). Parametr speaker_num obsahuje číslo výstupu (0-3), který se má nastavit a parametr value obsahuje informaci pro nastavení výstupní úrovně (0-31). Hodnoty parametrů jsou odvozeny z binárních hodnot nastavení v tabulce 4.

Funkce nejdříve vyhodnotí, zda jsou oba parametry ve správném rozsahu, pokud jsou parametry v pořádku, upraví je do požadovaného formátu datového slova, zapíše do zvukového procesoru a nastaví návratovou hodnotu na 1. Pokud byl některý ze zadaných parametrů neplatný, nastaví návratovou hodnotu na 0.

Příklad použití: Speaker_attenuators (3,31);

- pravý zadní výstup se nastaví na úroveň -38,75 dB

Set_bass

Definice funkce: char Set_bass (byte value)

Funkce, která se používá pro změnu úrovně hloubek. Je to funkce s návratovou hodnotou typu char, která má definovaný jeden vstupní parametr value. Parametr value může nabývat hodnot celých čísel v intervalu $\langle -7,7 \rangle$. Tento rozsah je odvozen z úrovně korekcí v dB uvedené v tabulce 6. Hodnota parametru je hodnota úrovně v dB podělená číslem dva.

Funkce nejdříve vyhodnotí, zda je číslo zadané v parametru value ve správném rozsahu, pokud je hodnota v pořádku, upraví ji do požadovaného formátu datového slova, zapíše do zvukového procesoru a nastaví návratovou hodnotu na 1. Pokud byl zadaný parametr neplatný, nastaví návratovou hodnotu na hodnotu 0.

Příklad použití: Set_bass (-7);

- úroveň hloubek se nastaví na hodnotu -14 dB

Set_treble

Definice funkce: char Set_treble (byte value)

Funkce, která se používá pro změnu úrovně výšek. Je to funkce s návratovou hodnotou typu char, která má definovaný jeden vstupní parametr value. Parametr value může nabývat hodnot celých čísel v intervalu $\langle -7,7 \rangle$. Tento rozsah je odvozen z úrovně korekcí v dB uvedené v tabulce 6. Hodnota parametru je hodnota úrovně v dB podělená číslem dva.

Funkce nejdříve vyhodnotí, zda je číslo zadané v parametru value ve správném rozsahu, pokud je hodnota v pořádku, upraví ji do požadovaného formátu datového slova, zapíše do zvukového procesoru a nastaví návratovou hodnotu na 1. Pokud byl zadaný parametr neplatný, nastaví návratovou hodnotu na hodnotu 0.

Příklad použití: Set_treble (-7);

- úroveň výšek se nastaví na hodnotu -14 dB

GET_DATA_RC5

Definice funkce: char GET_DATA_RC5 (char *toggle, char *adresa, char *data)

Funkce, která se používá pro zjištění dat přijatých z dálkového ovládání. Je to funkce s návratovou hodnotou typu char, která má definovaný tři vstupní parametry. Do každého z těchto parametrů se vkládá adresa proměnné typu char, do které chceme uložit přijatá data (viz kapitola 3.1). Informace o tom zda byla přijatá nová data z ovladače, informuje návratová hodnota, která se po detekci nových dat nastaví na hodnotu 1.

Příklad použití: status = GET_DATA_RC5(&toggle1, &adresa1, &data1);

- Po vykonání této funkce se do proměnné toggle1 uloží hodnota naposledy nasnímaného toggle bitu, do proměnné adresa1 se uloží hodnota adresy dálkového ovládání a do proměnné data1 se uloží hodnota dat přijatých z dálkového ovládání.
- Hodnota v proměnné status značí, zda byla právě načtena nová data. Pokud jsou přijata nová data, je hodnota proměnné status rovna 1.

6.3 Vnitřní funkce a obsluhy přerušení

Vnitřní funkce a obsluhy přerušení nejsou uživateli knihovny přístupné.

Init_I2C

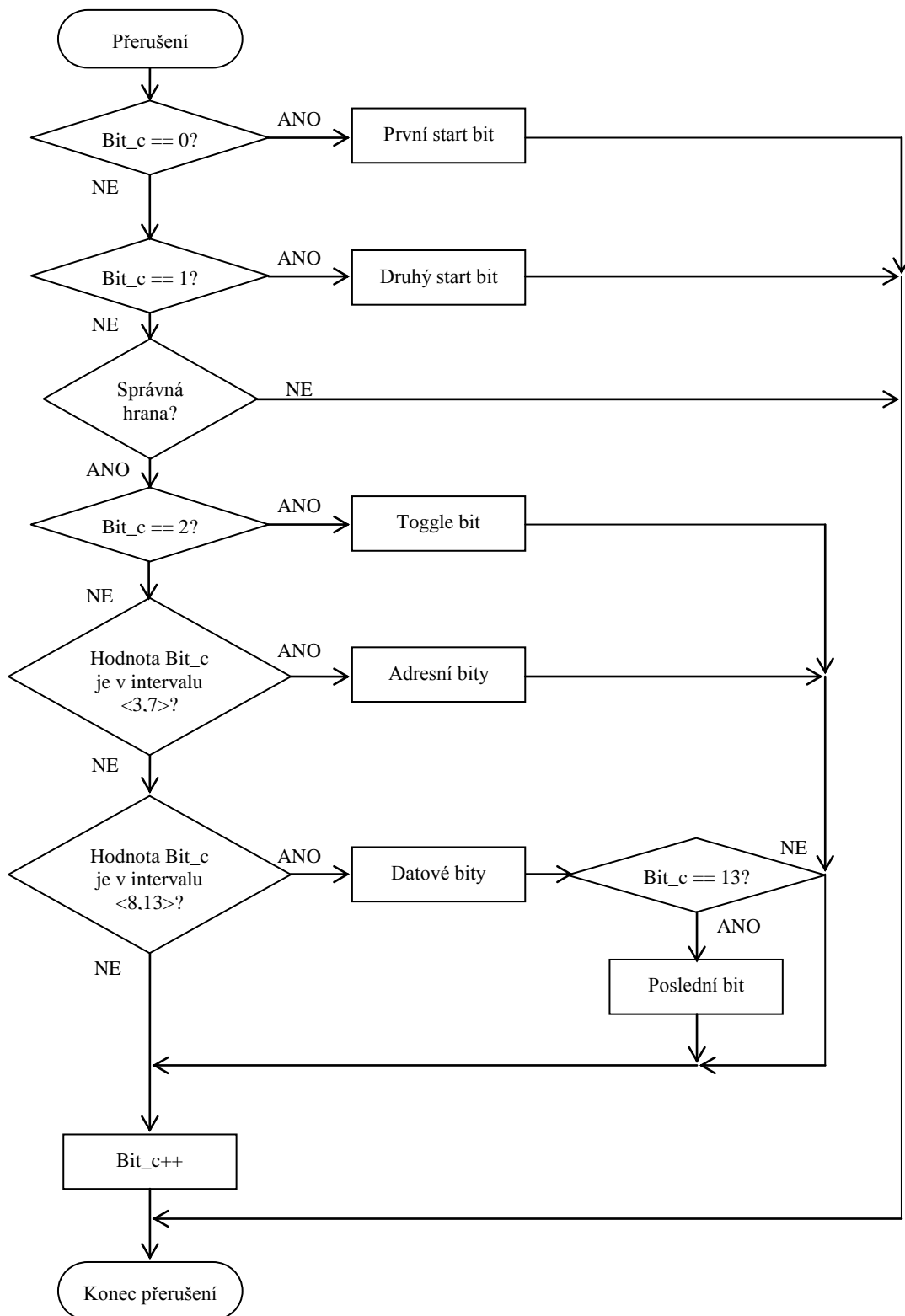
Je to inicializační funkce sběrnice I²C, neobsahuje návratovou hodnotu a žádné vstupní parametry. Tato funkce se při inicializaci modulu volá uvnitř uživatelské funkce Audio.

V této funkci se nejdříve aktivuje sběrnice I²C a poté se nastaví důležité parametry pro správnou komunikaci se zvukovým procesorem.

Obsluha přerušení od časovače (Vtpm2ch0_isr)

V této obsluze přerušení je implementován celý algoritmus pro snímání dat z IR senzoru pomocí protokolu RC5. V registrech časovače je nastaven režim Input Capture a vektor tohoto přerušení se nachází na adrese \$FFEC:FFED.

Při zachycení prvního start bitu je důležité, abychom na časovači měli režim přerušení nastavený na detekci sestupné hrany. Způsob vyhodnocení dat je znázorněn na obrázku 18.



Obr. 18 - Vývojový diagram obsluhy přerušeni

Algoritmus začíná s vynulovanou proměnnou Bit_c (bitový čítač), která slouží k identifikaci aktuálního bitu.

V prvních dvou bitech se odečte perioda snímaného signálu a zapne přerušení od přetečení čítače (TOF). Po zpracování každého start bitu se inkrementuje hodnota čítače Bit_c a při zpracování druhého start bitu se nastaví režim přerušení na detekci libovolné hrany.

Test správné hrany je realizován srovnáváním periody naměřené mezi start bity s periodou naměřenou mezi předchozím bitem a testovanou hranou. Pokud je tato perioda shodná, je testovaná hrana vyhodnocena jako správná.

Nyní se dle čítače Bit_c přiřazují jednotlivé hodnoty bitů protokolu RC5 na své místo. Jakmile algoritmus detekuje poslední bit, vypne se TOF přerušení, uloží se zpracovaná data, čítač Bit_c se nastaví na hodnotu 255, vynulují se pomocné proměnné a přerušení od časovače se opět přepne na detekci sestupné hrany. Během zpracování posledního bitu se také nastaví hodnota proměnné recieved na 1, tato proměnná slouží k označení nově nasnímaných dat. Podle hodnoty této proměnné se nastavuje návratová hodnota uživatelské funkce GET_DATA_RC5.

Obsluha přerušení při přetečení čítače TOF (timer_int)

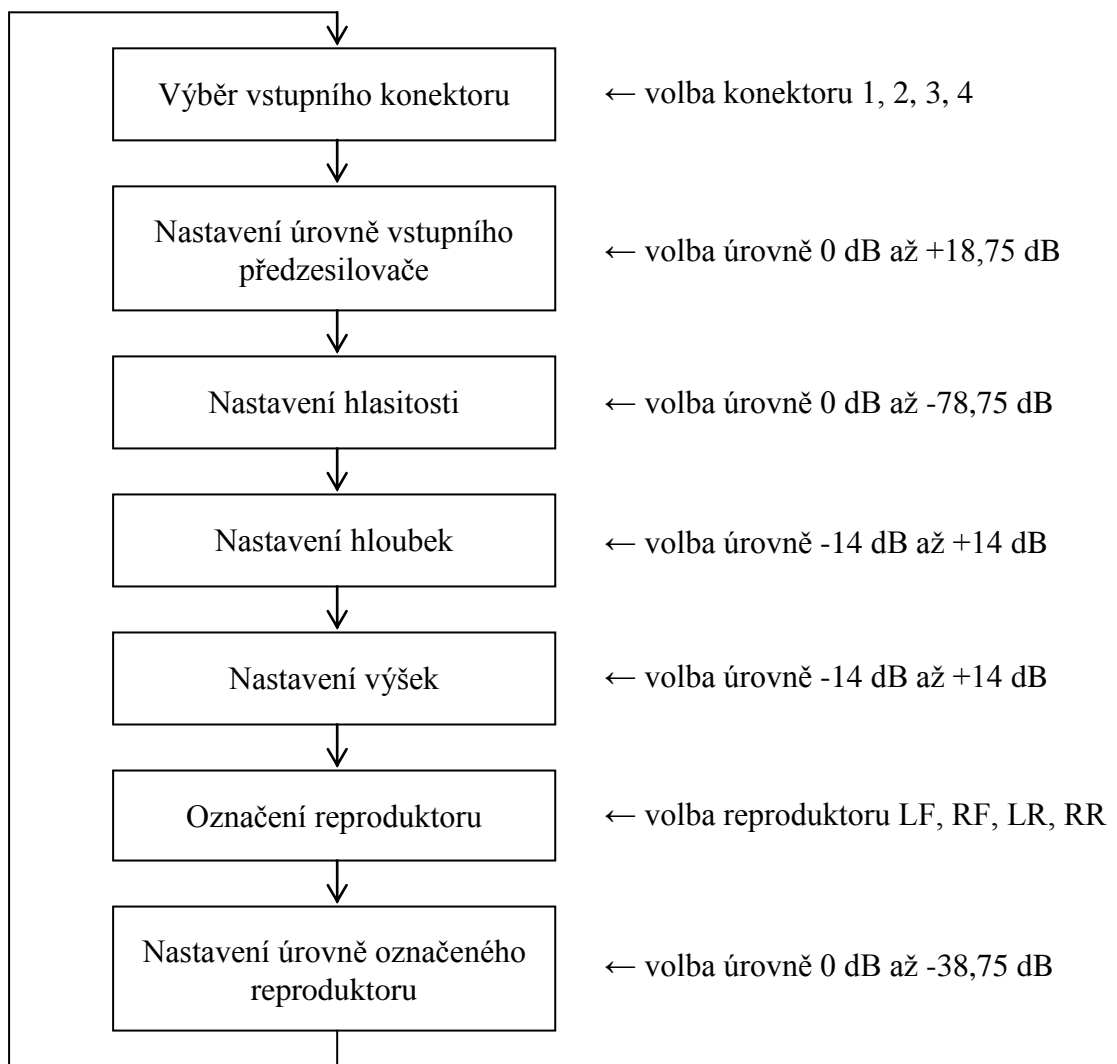
Tato obsluha slouží jako detekce poruchy při snímání dat z dálkového ovladače. Při přijmutí prvního start bitu se vynuluje čítač TMP2CNT a začne se inkrementovat. Pokud se do 30 ms nepřijme dalších 13 bitů, čítač přeteče a spustí se tato obsluha přerušení.

Po spuštění této obsluhy se vynulují pomocné proměnné, dále se vynuluje bitový čítač a přerušení časovače se nastaví na detekci sestupné hrany.

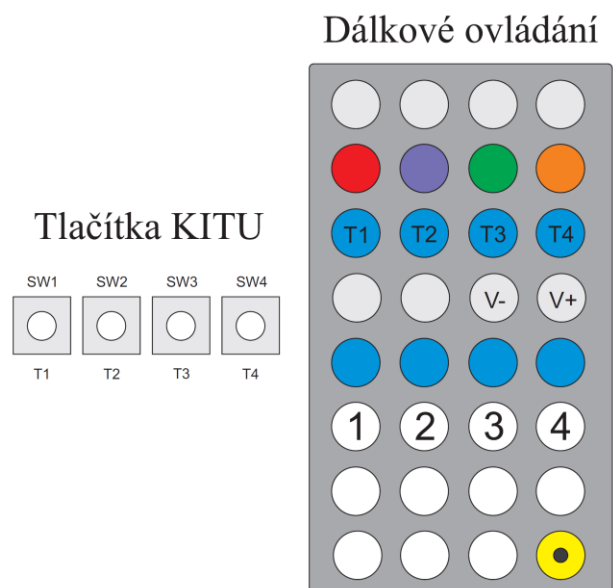
6.4 Ukázková aplikace

Pro ověření správné funkce modulu a naprogramované knihovny podprogramů byla vytvořena ukázková aplikace, která demonstruje všechny možné funkce modulu.

Aplikace obsahuje menu se sedmi volbami nastavení. Struktura tohoto menu je znázorněna na obrázku 19. Pro ovládání aplikace bylo využito tlačítek umístěných na vývojovém kitu a tlačítek dálkového ovládání. Ovládací tlačítka jsou znázorněna na obrázku 20.



Obr. 19 - Struktura menu ukázkové aplikace



Obr. 20 - Znáznornění ovládacích tlačítek ukázkové aplikace

Ovládání aplikace

Ovládání aplikace se provádí tlačítka vyznačenými na obrázku 20. Význam jednotlivých tlačítek je následující:

- T1 a T2 – listování mezi jednotlivými volbami menu
- T3 a T4 – nastavení hodnot parametrů
- V- a V+ – nastavení úrovně hlasitosti
- 1, 2, 3 a 4 – volba aktivního vstupního konektoru

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout koncepci, hardwarové zapojení a realizovat funkční prototyp výukového modulu se zvukovým procesorem TDA7318. Po ověření funkčnosti modulu bylo pro jeho obsluhu potřeba vytvořit knihovnu, se kterou budou moci studenti se zařízením pracovat. Pro ověření správnosti vytvořené knihovny byla naprogramována ukázková aplikace, která demonstruje využití a ovládání modulu.

Prototyp modulu tvoří deska plošného spoje, která se zasune do MCU portu výukového kitu. Tato deska obsahuje konektor pro připojení napájecího napětí, zvukový procesor, IR snímač, čtyři vstupní konektory jack, dva linkové výstupní konektory jack, jeden sluchátkový výstupní konektor jack, potenciometr pro regulaci hlasitosti sluchátkového výstupu a další pomocné obvody.

Knihovna pro obsluhu modulu obsahuje osm uživatelských funkcí a její využití je znázorněno v ukázkové aplikaci.

Pojetí ukázkové aplikace je na principu digitálního předzesilovače ovládaného tlačítka vývojového kitu a dálkového ovládání. Všechny důležité informace jsou zobrazovány na LCD displeji kitu a uživatel tlačítka pouze mění parametry zvukového procesoru. Dálkové ovládání se projevilo jako velice užitečné a funguje bezporuchově. Díky množství jeho tlačítek je uživatel schopen měnit parametry rychleji.

Při tvorbě této práce jsem získal cenné zkušenosti s návrhy elektronických zapojení a jejich praktickou realizací. Během vývoje programového vybavení jsem si ujasnil znalosti získané v předmětu Programování mikropočítačů a posunul je o několik úrovní dále.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this bachelor thesis was to design a hardware concept and develop a functional prototype of educational module with audio processor TDA7318. After verifying the functionality of the module for its service need to create a library. The library will be used by students. To verify the correctness of the library was created a sample application that demonstrates the use and control of module.

The prototype of module consists of printed circuit board, which plugs into port MCU in development kit. This board contains a connector for power supply, audio processor, IR sensor, four input jacks, two line output jacks, one headphone output jack, a volume control potentiometer for headphone output and other auxiliary circuits.

Library for service module contains eight user functions and its use is illustrated in the sample application.

The concept of the sample application is based on the principle of digital preamplifier, which is controlled by buttons of the development kit and the remote control. All important information is displayed on the LCD screen inside the kit and the user changes the parameters of the audio processor by using buttons. The remote control has proved very useful and works properly. With a variety of buttons, the user can change parameters quicker.

During the development of this task I have gained valuable experience in designing of electronic circuits and its practical implementation. During the development of software I have clarified the knowledge gained in the subject of Programming microcomputers and improved knowledge in this area by several levels further.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MANN, Burkhard. *C pro mikrokontroléry*. 1. české vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 37-723-4154-3.
- [2] FREESCALE SEMICONDUCTOR. M68EVB908GB60 User's Manual. [online]. 2005, 2005-12-01 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://cache.freescale.com/files/soft_dev_tools/doc/user_guide/M68EVB908GB60UM.pdf
- [3] FREESCALE SEMICONDUCTOR. MC9S08GB/GT Data Sheet, Rev, Rev.2.3. [online]. 2004, 12/2004 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC9S08GB60.pdf
- [4] FREESCALE SEMICONDUCTOR. CPU08 Central Processor Unit: Reference Manual, Rev.4. [online]. 2006, 2/2006 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/CPU08RM.pdf
- [5] FREESCALE SEMICONDUCTOR. HCS08 Family: Reference Manual, Rev.2. [online]. 2006, 5/2007 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/CPU08RM.pdf
- [6] STMICROELECTRONICS. TDA7318 digital controlled stereo audio processor. [online]. 1999, [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00000150.pdf
- [7] JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. *EAGLE pro začátečníky /: uživatelská a referenční příručka* .: 2. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.
- [8] WING SHING COMPUTER COMPONENTS CO. LM386 - Low Voltage Audio Power Amplifier. [online]. [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/320/50298_DS.pdf
- [9] VISHAY TELEFUNKEN. TSOP17.. Photo Modules for PCM Remote Control Systems, Rev.10. [online]. 2001, 2.4.2001 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/208/301092_DS.pdf

- [10] STMICROELECTRONICS. L78L00 Series - Positive Voltage Regulators. [online]. 1999 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/150/9358_DS.pdf
- [11] PHILIPS SEMICONDUCTORS. Bi-directional level shifter for IIC-bus and other systems: AN97055. [online]. 1997 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://ics.nxp.com/support/documents/interface/pdf/an97055.pdf>
- [12] FREESCALE SEMICONDUCTOR. How to Use IIC Module on HCS08 MCUs: AN3291. [online]. 2007, 4/2007 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://ics.nxp.com/support/documents/interface/pdf/an97055.pdf>
- [13] MCUHOBBY. Ovládání relé pomocí dálkového ovladače s kódem RC5. [online]. 2009, 11.10.2009 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.mcu hobby.cz/2009/11/ovladani-rele-pomoci-dalkoveho-ovladace-s-kodem-rc5/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ACK	Acknowledge
ALU	Arithmetic Logic Unit
ATT	Attenuator
CCR	Condition Code Register
CISC	Complex Instruction Set Computer
DPS	Deska Plošných Spojů
EAGLE	Easily Applicable Graphical Layout Editor
ERC	Electrical Rule Check
IR	Infrared
LED	Light-Emitting Diode
LIFO	Last In – First Out
SCL	Serial Clock
SDA	Serial Data
SP	Stack Pointer
RISC	Reduced Instruction Set Computer

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Von Neumannova architektura [1]	12
Obr. 2 - Harvardská architektura [1]	12
Obr. 3 - Vývojový kit M68EVB08GB60 [2]	14
Obr. 4 - Registry procesoru HCS08 [3]	16
Obr. 5 - Paměťová mapa mikropočítače MC9S08GB60 [3]	19
Obr. 6 - Blokové schéma zvukového procesoru TDA7318 [6]	22
Obr. 7 - Organizace dat při čtení ze slave zařízení [12]	24
Obr. 8 - Organizace dat při zápisu do slave zařízení [12]	25
Obr. 9 - RC5 modulace [13]	26
Obr. 10 - Editor schémat softwaru EAGLE	27
Obr. 11 - Editor DPS softwaru EAGLE	28
Obr. 12 - Blokové schéma výukového modulu	31
Obr. 13 - MCU_port s označením pinů [2]	32
Obr. 14 - Část schématu modulu: napájení obvodu	33
Obr. 15 - Obousměrný úrovnňový posunovač využitý pro I ² C komunikaci [11]	33
Obr. 16 - Část schématu modulu: sluchátkový zesilovač	35
Obr. 17 - Část schématu modulu: IR senzor se stabilizátorem 5 V napětí	36
Obr. 18 - Vývojový diagram obsluhy přerušení	45
Obr. 19 - Struktura menu ukázkové aplikace	47
Obr. 20 - Znázornění ovládacích tlačítek ukázkové aplikace	47

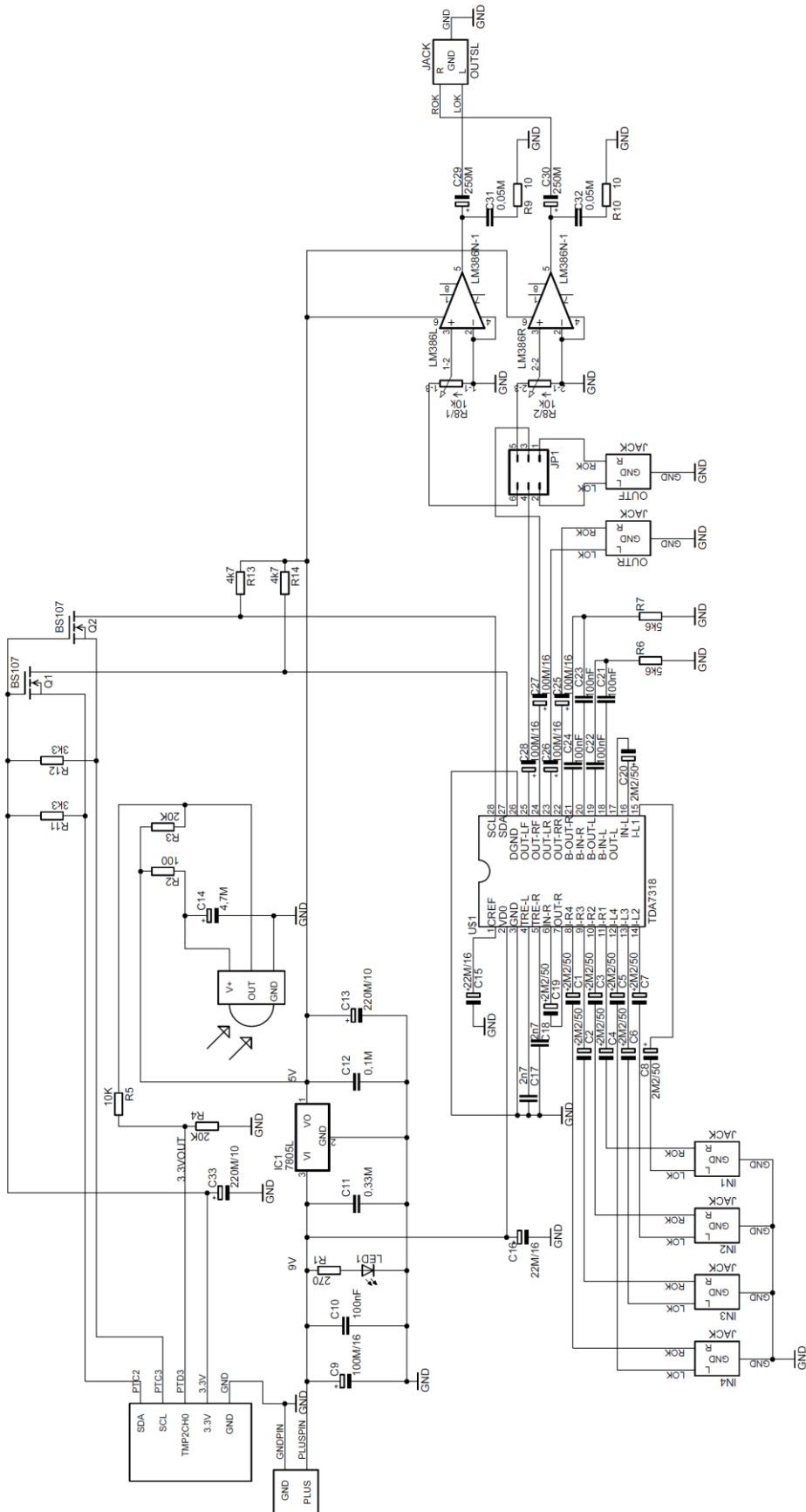
SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Základní charakteristické vlastnosti obvodu TDA7318 [6]	21
Tab. 2 - Struktura datového bytu TDA7318 [6]	37
Tab. 3 - Nastavení hlasitosti TDA7318 [6].....	38
Tab. 4 - Nastavení úrovně výstupů TDA7318 [6]	39
Tab. 5 - Nastavení vstupního přepínače a předzesilovače TDA7318 [6]	39
Tab. 6 - Nastavení úrovně tónových korekcí na výstupu TDA7318 [6].....	40

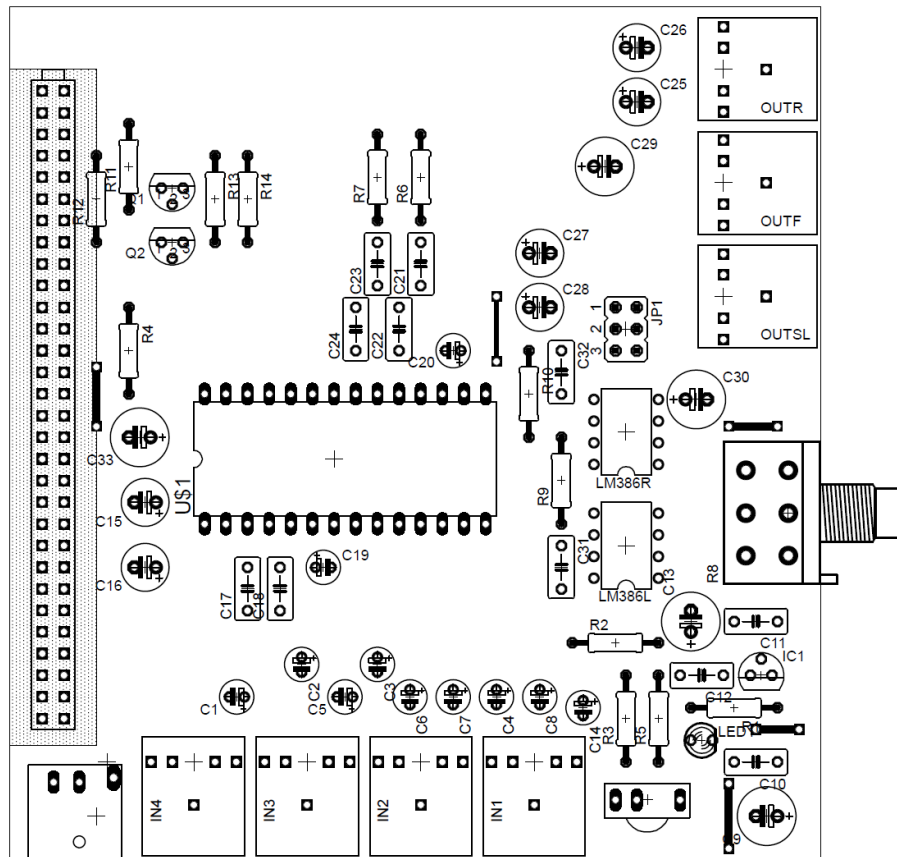
SEZNAM PŘÍLOH

PI	Schéma zapojení
PII	Rozmístění součástek
PIII	Předloha DPS

PŘÍLOHA P I: SCHÉMA ZAPOJENÍ



PŘÍLOHA P II: ROZMÍSTĚNÍ SOUČÁTEK



PŘÍLOHA P III: PŘEDLOHA DPS

