

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

KYTAROVÝ PROCESOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

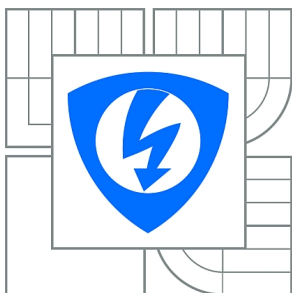
JAKUB NOVÁK

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

KYTAROVÝ PROCESOR

GUITAR PROCESSOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

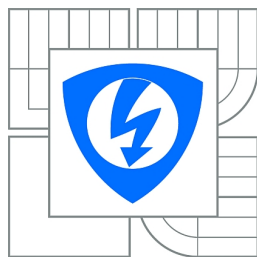
JAKUB NOVÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARTIN FRIEDL

BRNO 2011



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Jakub Novák

ID: 97971

Ročník: 3

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Kytarový procesor

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s principy činnosti kytarových procesorů a multiektů. Porovnejte výhody a nevýhody analogových a digitálních efektů. Prostudujte principy stávajících metod a navrhnete nové uspořádání multiektu a jeho obvodového řešení.

Pomocí vhodného programu odsimulujte navržené efekty. Realizujte funkční vzorek a ověřte jeho parametry měřením.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Smrckaeffects [online]. 2010 [cit. 2010-05-20]. Kytarové efekty, pedalboardy, zdroje. Dostupné z WWW: <<http://www.smrckaeffects.com/>>

[2] Line6 [online]. 2010 [cit. 2010-05-20]. Stompboxmodelers. Dostupné z WWW: <<http://line6.com/stompboxmodelers/>>

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 27.5.2011

Vedoucí práce: Ing. Martin Friedl

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
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.

Abstrakt

Analogové efekty jsou nedílnou součástí moderního muzikanta. Postupující doba nutí hráče na kytaru obměňovat a vytvářet nové tóny linoucí se z jejich hudebních aparatur. To se bohužel nepodaří pomocí pouze jednoho efektu, ale je potřeba zapojit kombinaci vybraných a vhodných efektů. Nástupem moderních digitálních multiektů došlo v porovnání se staršími analogovými k nárůstu kvantity zvukových efektů, ale zároveň k poklesu jejich kvality. Tato bakalářská práce, kytarový procesor, spojuje kvalitu analogových efektů s jednoduchou obsluhou pomocí mikroprocesoru. Zapnutí hned několika efektů současně je jistě velkou výhodou. Oproti původním analogovým sestavám, které se skládají z několika jednotlivých efektů, nabízí tento projekt zapojení vybraných efektů v jeden celek. Ušetří se tak nejen čas ale i prostor.

Klíčová slova: Analogový efekt, Digitální multiekt, Mikroprocesor, Kytarový procesor

Abstract

Analog effects are an integral part of modern musician. Advancing time makes players change and create new sounds emanating from the sound system. Unfortunately, it is not possible with one effect, but necessary to connect a combination of selected and appropriate effects. With the coming of digital multi-effect, in compared with an older analog effects, the quantity of sound effects increased, on the other hand, the quality decreased. This bachelor thesis, guitar processor, links the quality of analog effects with simple operation via microprocessor. Turn several effects at once is certainly great advantage. In comparison with the original analog equipment, which consists of several individual units, the project offers connection of selected effects in one unit. The processor saves not only time but also space.

Keywords: Analog effect, Digital multi-effect, Microprocessor, Guitar Processor

Bibliografická citace

NOVÁK, J. Kytarový procesor. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav teoretické a experimentální elektroniky, 2010. 40 stran. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Friedl.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma Kytarový procesor jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu 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 27. května 2011

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Friedlovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 27. května 2011

.....
podpis autora

Obsah

1 Úvod	- 1 -
2 Kytarové efekty	- 2 -
2.1 Digitální efekty	- 2 -
2.2 Analogové efekty	- 3 -
3 Návrh kytarového procesoru	- 7 -
3.1 Blokové schéma	- 7 -
3.2 Externí zdroj	- 8 -
3.3 MCU – Mikroprocesor Atmega8	- 9 -
3.4 Popis ovládání kytarového procesoru	- 10 -
3.4.1 Popis řídicí desky	- 10 -
3.4.2 AVR Studio 4	- 12 -
3.4.3 Program	- 13 -
4 Výběr analogových efektů	- 15 -
4.1 E1 – Flanger	- 15 -
4.2 E2 – Chorus	- 16 -
4.3 E3 – Tremolo	- 18 -
4.4 E4 – Overdrive	- 19 -
4.5 E5 – Delay	- 21 -
5. Konstrukční části	- 23 -
5.1 Krabice pro kytarový procesor	- 23 -
5.2 Tlačítka pro přepínání	- 25 -
6 Simulace měření, porovnání s naměřenými hodnotami	- 26 -
6.1 Nastavení ovládacích prvků – Level – 100 %, Drive, Tone – 50 %	- 26 -
6.2 Nastavení ovládacích prvků – Level, Drive, Tone – 100 %	- 28 -
6.3 Spektrální analýza	- 30 -
7 Závěr	- 31 -
8 Rejstříky a seznamy	- 32 -
8.1 Seznam použité literatury	- 32 -
8.2 Abecední seznam zkratk	- 32 -

Seznam obrázků

OBR. 1 UKÁZKA DIGITÁLNÍHO KYTAROVÉHO PROCESORU.	- 2 -
OBR. 2 TOADWORKS BARRACUDA TREMOLO EFEKT.	- 3 -
OBR. 3 BEHRINGER CO600 CHORUS EFEKT.	- 4 -
OBR. 4 ROGUE TREMOLO EFEKT.	- 5 -
OBR. 5 TOADWORKS JOHN BULL JR BRITISH OVERDRIVE.	- 5 -
OBR. 6 BEHRINGER VD400 VINTAGE.	- 6 -
OBR. 7 BLOKOVÉ SCHÉMA NAVRŽENÉHO KYTAROVÉHO PROCESORU.	- 7 -
OBR. 8 EXTERNÍ ZDROJ MW0910GS 2.1.	- 8 -
OBR. 9 OZNAČENÍ PINŮ PROCESORU ATMEGA8 [4].	- 9 -
OBR. 10 DPS OVLÁDACÍ PANEL – TOP.	- 11 -
OBR. 11 DPS OVLÁDACÍ PANEL – BOTTOM.	- 11 -
OBR. 12 DPS OVLÁDACÍ PANEL – FOTOGRAFIE.	- 12 -
OBR. 13 BLOKOVÉ SCHÉMA – VÝVOJOVÝ DIAGRAM.	- 13 -
OBR. 14 BLOKOVÉ SCHÉMA – FLANGER EFEKT.	- 15 -
OBR. 15 BLOKOVÉ SCHÉMA – CHORUS EFEKT.	- 16 -
OBR. 16 DPS CHORUS – TOP.	- 17 -
OBR. 17 DPS CHORUS – BOTTOM.	- 17 -
OBR. 18 DPS CHORUS – FOTOGRAFIE.	- 18 -
OBR. 19 BLOKOVÉ SCHÉMA – TREMOLO EFEKT.	- 18 -
OBR. 20 BLOKOVÉ SCHÉMA – OVERDRIVE EFEKT.	- 19 -
OBR. 21 DPS OVERDRIVE – TOP.	- 20 -
OBR. 22 DPS OVERDRIVE – BOTTOM.	- 20 -
OBR. 23 DPS OVERDRIVE - FOTOGRAFIE.	- 21 -
OBR. 24 SCHÉMA – DELAY EFEKT.	- 21 -
OBR. 25 KYTAROVÝ PROCESOR – CELKOVÝ POHLED.	- 23 -
OBR. 26 KYTAROVÝ PROCESOR – POHLED ZEPŘEDU.	- 24 -
OBR. 27 KYTAROVÝ PROCESOR – POHLED Z VRCHU.	- 24 -
OBR. 28 KYTAROVÝ PROCESOR – POHLED ZE ZADU.	- 24 -
OBR. 29 KOLÉBKOVÉ TLAČÍTKO POUŽITÉ PRO NAVRŽENÝ KYTAROVÝ PROCESOR.	- 25 -
OBR. 30 NAMĚŘENÉ VSTUP. A VÝSTUP. SIGNÁLY PRO HODNOTY LEVEL 100%, DRIVE 50%, TONE 50%.	- 26 -
OBR. 31 SIMULOVANÉ VSTUP. A VÝSTUP. SIGNÁLY PRO HODNOTY LEVEL 100 %, DRIVE 50 %, TONE 50 %.	- 27 -
OBR. 32 NAMĚŘENÉ VSTUP. A VÝSTUP. SIGNÁLY PRO HODNOTY LEVEL 100 %, DRIVE 100 %, TONE 100 %.	- 28 -
OBR. 33 SIMULOVANÉ VSTUP. A VÝSTUP. SIGNÁLY PRO HODNOTY LEVEL 100 %, DRIVE 100 %, TONE 100 %.	- 29 -
OBR. 34 SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA.	- 30 -

Seznam příloh

Příloha A: Schéma zapojení ovládání kytarového procesoru	- 33 -
Příloha B: Zdrojový kód programu pro ovládání kytarového procesoru	- 34 -
Příloha C: Schéma zapojení efektu Chorus	- 38 -
Příloha D: Schéma zapojení efektu Overdrive	- 39 -
Příloha E: Schéma zapojení efektu Delay	- 40 -

1 Úvod

Bakalářská práce zpracovává návrh kytarového procesoru. Současný trh nabízí mnoho druhů různých kytarových procesorů, které obsahují stovky efektů, nahrávání, opakování skladeb a nesčetné množství dalších vlastností a funkcí. Všechny tyto procesory jsou však řešeny v digitálním provedení. Výstupní signál je nepatrně zkreslený a nenabývá takových syrových a čistých podob, jako u jednotlivých analogových efektů. Je to způsobené především A/D a D/A převodníky, které vstupní signál znehodnotí. Proto dodnes ti nejlepší kytaroví hráči dávají přednost analogovým efektům před digitálními. Důvodem, proč i přesto digitální provedení efektů přetlačuje v produkci provedení analogové je zejména cena.

Cílem této práce je navrhnout, takový kytarový procesor, u něhož budou skloubeny základní přednosti analogových a digitálních efektů. Sestava několika analogových efektů, které nebudou zkresleny A/D a D/A převodem, bude ovládána mikroprocesorem, který umožní rychlé předvolby (zapojení několika efektů najednou). Přepínání efektů bude ovládáno, pro snazší obsluhu při hraní na elektrickou kytaru, nohou.

Zároveň nebude vynecháno sólové zapojování jednotlivých efektů.

2 Kytarové efekty

Kytarové efekty zásadně ovlivňují zvuk kytary. V dnešní době se bez těchto efektů moderní hudebník téměř neobejde. Efekty jako takové můžeme rozdělit do dvou základních skupin - analogové a digitální.

2.1 Digitální efekty

U digitálních efektů je vstupní analogový signál přiveden do A/D převodníku, kde je následovně upraven do digitální podoby. S tímto signálem je poté manipulováno pomocí softwaru, v podstatě programu, který signál upraví do požadované podoby a následně přes D/A převodník převede zpět do analogové podoby. Díky programovému zpracování signálu, nám tato možnost nabízí simulovat jednotlivé analogové efekty v podstatě v jedné aparatuře. To jsou pozitivní vlastnosti, protože díky tomuto faktu se snižuje cena i hmotnost, které ocení muzikanti na svých cestách. Mohou si vybrat typy efektů, které jím vyhovují. Ukázka digitálního kytarového procesoru je na obr. 1.



Obr. 1 Ukázka digitálního kytarového procesoru.

2.2 Analogové efekty

Analogové efekty jsou dodnes velice ceněny pro svou kvalitu. Stále se vyrábí nové upravené verze starých klasických efektů, které používali takové legendy, jako byl například Jimi Hendrix, který rozhoukává pomocí zpětné vazby tón neuvěřitelným způsobem. V 50. letech se objevují jedny z prvních delay, vibrato a tremolo efektů, vše zatím jako zabudované komponenty v kombo zesilovačích firem Vox, Fender, Raye Butse a Echoplex a dalších. V následujících letech se objevují první fuzz efekty. Roku 1971 je uveden proslulý booster The Big Muff B. Tento fuzz měl výborný dozvuk, krémový tón a používali jej třeba Carlos Santana, Syd Barrett či David Gilmour. V polovině 70. let se objevují modulační efekty chorus a flanger. [3]

Dále se budu podrobněji věnovat efektům flanger, chorus, tremolo, overdrive a delay.

Flanger

Charakter zvuku efektu je dán přimícháním rozladěného a zpožděného signálu k původnímu. Hlavním prvkem flangeru je zpožďovací článek s rozsahem 1-10 ms. Při technické realizaci se už upustilo od používání hrubých ručních technik a řízení tohoto článku převzal nízkofrekvenční oscilátor (dále jako LFO - Low Frequency Oscillator). Ten kmitá řádově v jednotkách Hz. Běžný rozsah je někde mezi 0,5 až 3 Hz. Průběh LFO bývá možné měnit, častý je pilový nebo sinusový průběh.



Obr. 2 ToadWorks Barracuda Tremolo efekt.

Aby bylo dosaženo požadovaného efektu, je třeba signál zpožďovat nejen o proměnnou danou LFO, ale též o konstantní čas. Do obvodu je zavedena zpětná vazba (ZV), která je důležitá pro výsledný "plechový" charakter zvuku. Při nastavení velkých hodnot ZV a nasycením flangeru dostatečně silným signálem, může dojít k nestabilitě systému (začne oscilovat). Podle výrobců by to mělo být využitelné při vytváření nových zvuků. V praxi to má spíše za následek nečitelné rozmazání tónu na "plechové hraní".

Zpožděný signál má posunutou fázi a dochází k jeho interferenci se vstupem. Frekvenční charakteristika celého obvodu vykazuje hřebenový průběh. Na některých pásmech dochází k úplnému útlumu, přičemž počet pásem je přímo úměrný celkovému nastavení zpoždění. Počet pásem je řádově v jednotkách. Stereofonní Flanger se realizuje umístěním

nezávislých zpožďovacích obvodů do každého kanálu zvlášť. Například Lexicon MPX 200 má na jednom kanálu konstantní zpoždění, na druhém kanálu pak pracuje člen řízený LFO.

Příklady: EHX Deluxe Electric Mistress, ToadWorks Barracuda,
MXR M-117R Flanger, Boss BF-3 Stereo Flanger,

Chorus

Základním prvkem chorusu je zpožďovací členek. Doba nastavení se pohybuje mezi 20 ms až 50 ms (uchem rozlišitelné zpoždění je 50 ms až 70 ms). Charakter zvuku je díky tomu měkčí než u flangeru. Hlavní vliv na charakter zvuku zde nemá rozladění, ale zpoždění signálu. Špičkové chorusy mohou obsahovat i více zpožďovacích obvodů, jsou zapojeny paralelně a na výstupu přimíchány k původnímu zvuku. Doba zpoždění je řízena LFO, u přístrojů vyšší třídy bývá nastavení nezávislé. Frekvence kmitání je opět v jednotkách Hz.



Obr. 3 Behringer CO600 Chorus efekt.

Průběh LFO je možné měnit, charakteristickým je sinusový průběh. Dobré výsledky je možné dosáhnout pomocí LFO s "náhodným" průběhem, který simuluje reálné chování muzikanta. Někdy lze nalézt další LFO, který ovládá množství efektovaného zvuku přiváděného do součtového členu na konci řetězce. Do charakteru zvuku to přináší prvek jemného kolísání hlasitosti jednotlivých hlasů, stejně jako je tomu v reálném sboru.

Chorus obecně nemívá zpětnou vazbu, přesto jí u některých přístrojů najdeme. Panoramatickým umístěním zpožďovacích členů lze dosáhnout velmi kvalitního stereofonního efektu. Hlavní význam má chorus při zapojení do stereo, ale i při mono zapojení je výsledek vynikající.

Příklady: Boss CH-1 Super Chorus, EHX Small Clone, Ibanez CF-7 Chorus,
Behringer CO600 Chorus

Tremolo

V principu se jedná o velmi jednoduchý obvod, který býval jedním z prvních efektů vůbec. Jeho funkce může být postavena na fotorezistoru. Na něj střídavě bliká zdroj světla, řízený LFO. Další praktickou realizací může být střídavá změna biasu lampy v předzesilovači.

Bias je potenciál řídící mřížky, jeho pokles umožní přenos menšího počtu elektronů, a tím menší zesílení a více versa. V současnosti se tremolo realizuje optočleny nebo digitálně.



Obr. 4 Rogue Tremolo efekt.

Útlum tremola bývá v rozsahu od 0dB až do cca 6 dB. Rychlost oscilátoru je v rozmezí 0,5 Hz až 20 Hz. K dispozici je klasický signál sinus, ale také obdélník, trojúhelník nebo pila. Zajímavého zvuku lze dosáhnout při ovládání LFO vstupní obálkou (dynamikou hry). Silnější hra tak má za následek například rychlejší kmitání tremola, slabá pak jeho zpomalení. Zvukový výraz díky tomu může nabýt na dramatickosti. Je zřejmé, že fáze výstupního signálu se nemění, pouze amplituda. Stereofonní tremola umožňují nejen nastavení kmitání každého kanálu zvlášť, ale též synchronizovat oba LFO, což může vytvářet zajímavé efekty.

Příklady: Line 6 Tap Tremolo, Boss TR-2 Tremolo, Rogue Tremolo, Electro Harmonix Pulsar

Overdrive

Overdrive lze řadit ke klasice mezi analogovými efekty. Jeho funkcí je simulovat přebuzený elektronkový zesilovač. Výsledkem tedy není agresivní, metalický typ zkreslení. Jde o poměrně jemnou úpravu sinusoidy, křivce se pouze více zakulatí vrcholy, a to bez výraznějšího dynamického ovlivnění tónu a základní barvy nástroje.



Obr. 5 ToadWorks John Bull Jr British Overdrive.

Ovládacími prvky jde pohodlně a detailně tvarovat vstupní signál.

Frekvenčně je tento efekt posazen spíše ve střední části spektra a okrajové kmitočty jsou zvýrazňovány. Středové frekvence mohou lépe prosadit při hraní právě díky své výsledné jasnosti a čitelnosti.

Příklady: Ibanez Tube Screamer, Boss SD-1, Boss OD-3,
ToadWorks John Bull Jr British Overdrive

Delay

Vytváří zpožděnou kopii původního signálu. Je zde velký rozdíl mezi analogovými a digitálními delay efekty; u analogových se čas zpoždění pohybuje maximálně do několika stovek milisekund, digitální jsou schopny dosáhnout zpoždění i několika vteřin (u kompaktních pedálů např. i přes 5 sekund, studiové delay efekty zvládnou i více).



Obr. 6 Behringer VD400 Vintage.

Příklady: MXR Analog Delay, EHX Memory Man, Ibanez AD-9,
Behringer VD400 Vintage

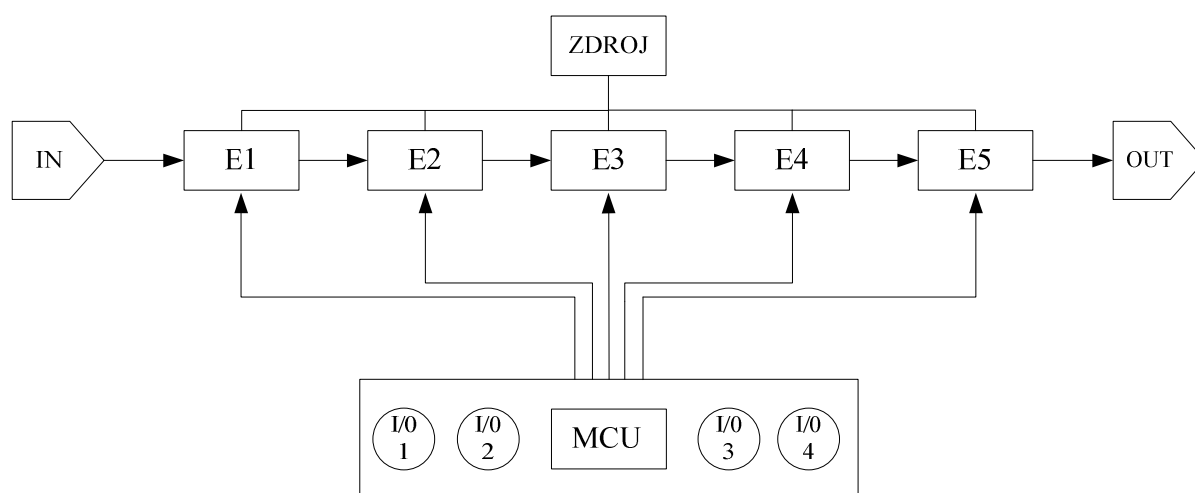
3 Návrh kytarového procesoru

Pro úpravu signálu vytvořeného hudebním nástrojem se používají efekty různých druhů. Jedná se o zkreslovací, modulační nebo dozvukové efekty. Především pro elektrické kytary se vyrábějí podlahové kytarové multiefekty, které slučují několik těchto jednotlivých efektů do jednoho kompaktního celku.

Po příchodu digitálních efektů (Digitech, Zoom, Line6, ...) se začaly pomalu vytrácet klasické analogové multiefekty, které neobsahovaly procesory, ale jednalo se o kombinaci několika analogových efektů v jednom celku. V tomto návrhu se k těmto analogovým návrhům vrátíme. Připojíme však mikroprocesor, kterým usnadníme ovládání a přepínání jednotlivých efektů nebo dokonce zapínání skupin efektů najednou, podle potřeby při hraní různorodých skladeb. Pro lepší přehled o aktuálním stavu zapnutí/vypnutí efektů nám poslouží kontrolní LED diody, které budou ukazovat na momentální stav efektu. Do mikroprocesoru si naprogramujeme předvolby, předem promyslíme, které efekty budeme chtít, aby se nám sepnuly ve stejný moment. Avšak není to poslední volba, protože mikroprocesor budeme moci snadno v aplikaci přeprogramovat, což nám umožní neustálé inovace.

Desky plošných spojů budou řešeny pro každý efekt zvlášť. Vnitřní struktura panelu kytarového procesoru bude uzpůsobena tak, aby se daly jednotlivé hardwarové části vyjmout. A to z důvodu možné výměny. Stane se mnohokrát, že se nám některý z efektů přestane líbit a potřebujeme zařadit starý efekt za nový. Díky vnějšímu rozčlenění celého procesoru do jednotlivých pevně upevněných bloků to bude možné.

3.1 Blokové schéma



Obr. 7 Blokové schéma navrženého kytarového procesoru.

Bloky E1 – E5 představují vybrané efekty. Vstup a výstup z kytarového procesoru znázorňují bloky IN a OUT. Řídící jádro tvoří jednotka MCU, která svojí logikou a zapsaným programem ovládá jednotlivé efekty pomocí tlačítka I/O.

3.2 Externí zdroj

Napájení celého multieffektu volíme externí společné pro všechny jednotlivé efekty, které jsou navrženy s vnitřním elektronickým (non-true bypass) spínáním, což nám umožní snazší navržení celého multieffektu.

Všechny efekty jsou napájeny 9 V s uzemněným záporným pólem zdroje. Vybraný zdroj by měl být schopen dodat minimálně součet proudových odběrů jednotlivých efektů. Po sečtení proudových odběrů efektů nám vyšla hodnota 49 mA, odběr sedmisegmentového displeje a LED dosahuje až 260 mA, záleží na aktuálním stavu jednotlivých indikačních LED a sedmisegmentového displeje. Součet těchto odběrů je minimální hodnota, na kterou by měl být náš společný zdroj dimenzován. Přesto v praxi vždy zvolíme určitou rezervu, takže vybereme 9V adaptér s proudovým rozsahem 1000 mA. Zdroj díky předdimenzovanému výkonu pracuje třeba jen na 10-30 %, a tím pádem se zbytečně nepřehřívá a můžeme předpokládat jeho dlouhou životnost.

Použijeme stabilizovaný zdroj. Má tu výhodu, že při kolísání síťového napětí je schopen dodávat konstantní hodnotu výstupního napětí s velikostí podle typu použitého vnitřního stabilizátoru. Obecně můžeme tyto stabilizované zdroje považovat za kvalitnější a osobně bych je doporučoval.

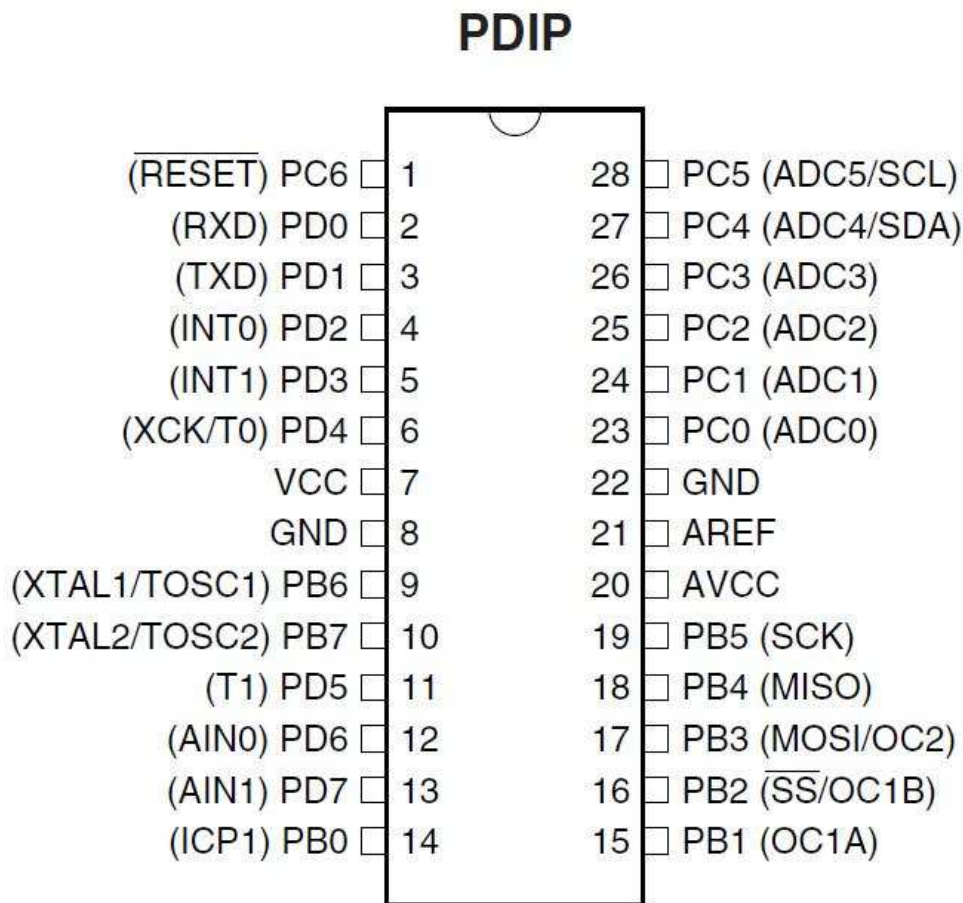
Nevhodné jsou naopak spínané stabilizované zdroje. Jsou sice lehké a nemají snahu indukovat 50 Hz do snímačů elektrické kytary, ale mají různé jiné negativní vlastnosti, jako jsou nedostatečně vyfiltrované vyšší harmonické složky, které se přes napájení dostávají do zvuku některých citlivých efektů.



Obr. 8 Externí zdroj MW0910GS 2.1.

3.3 MCU – Mikroprocesor Atmega8

Jedná se o osmibitový nízkopříkonový mikrokontrolér s 8 kB programovatelné FLASH paměti. Je založen na pokročilé AVR RISC architektuře. Tyto mikrokontroléry mají Harwardskou architekturu, tedy mají oddělené paměti programu a dat. Paměť programu je typu FLASH, paměť dat je typu EEPROM. Mikroprocesor implementuje množství IO periférií, například 3 čítače/časovače, které lze využít jako nezávislé PWM kanály. Osmi kanálový AD převodník s přesností 8÷10 bitů. Implementované rozhraní TWI, prakticky odpovídá protokolu I²C. Ke komunikaci dále může být využito sériové rozhraní USART. Pracovní frekvence procesoru je maximálně 16 MHz při napájecím napětí 5V. Pouzdro procesoru pro ovládací panel ke kytarovému procesoru bylo zvoleno DIL28 a to pro jeho snazší pájení a přehlednost. K programování bylo využito softwaru AVR Studio 4.



Obr. 9 Označení pinů procesoru ATmega8 [4].

3.4 Popis ovládání kytarového procesoru

Ovládání jsme se pokusili navrhnout co možná nejjednodušší. Základními ovládacími prvky jsou čtyři spínací tlačítka.

Tlačítko číslo 1 – RESET, slouží k uvedení nastavení do počátečního stavu. To znamená, že na výstupu bude po jeho stisknutí (sešlápnutí) originální zvuk, který je zvukem čisté kytary bez jakéhokoliv zkreslení. K vypnutí několika efektů nám tak stačí jediné tlačítko.

Dalším tlačítkem číslo 2 – MODE, volíme mezi dvěma režimy. Aktivní režim jedna nám oznamuje rozsvícená pomlčka na sedmisegmentovém displeji. Funkcí tohoto režimu je zapojení a vypojení jednotlivých efektů tak jak jsou zařazeny na panelu kytarového procesoru. Toto listování v seznamu efektů ovládáme tlačítka číslo 1 a 2 – RIGHT a LEFT. Jak už název napoví, lze výběr provádět v obou směrech, jak zleva doprava tak i naopak. Tato možnost nám urychlí výběr potřebného efektu.

Funkcí režimu dva je spínání skupin efektů. Předem vybrané skupiny efektů jsou zařazeny pod číslicemi 1-9 ve vytvořeném seznamu. K přehledu o tom, jakou skupinu máme právě sepnutou, nám slouží zobrazení čísel skupiny na sedmisegmentovém displeji. Každé číslo nám představuje jednu skupinu efektů. A stejně jako v režimu jedna je možnost listovat v seznamu skupin nahoru a dolů tlačítka RIGHT a LEFT. Tím se urychlí volba. Pokud máme sepnutou skupinu číslo 5 a chceme sepnout skupinu číslo 4, nemusíme prolistovat celý seznam až na požadovanou skupinu 4, ale stačí se pouze vrátit zpět tlačítkem LEFT.

Během provozu kytarového procesoru lze přepínat mezi jednotlivými režimy jedna a dvě. Nastavení režimu zůstane v paměti procesoru a při zpětném přepnutí režimu se nastavení vrátí do předešlého stavu.

3.4.1 Popis řídicí desky

Samotné přepínání je realizováno formou elektromagnetických spínačů – relé, které negativně neovlivňují výstupní signál zvukového efektu. Na rozdíl od bipolárních či unipolárních tranzistorů, které výstupní efekt ovlivnit mohou, neboť představují v cestě užitečného signálu určitou parazitní kapacitu, indukčnost a odpor. Jedna z výhod oproti relé je jejich vyšší rychlost spínání. Avšak pro naši potřebu je doba sepnutí a rozepnutí relé dostačující, proto jsou v aplikaci s výhodou využity.

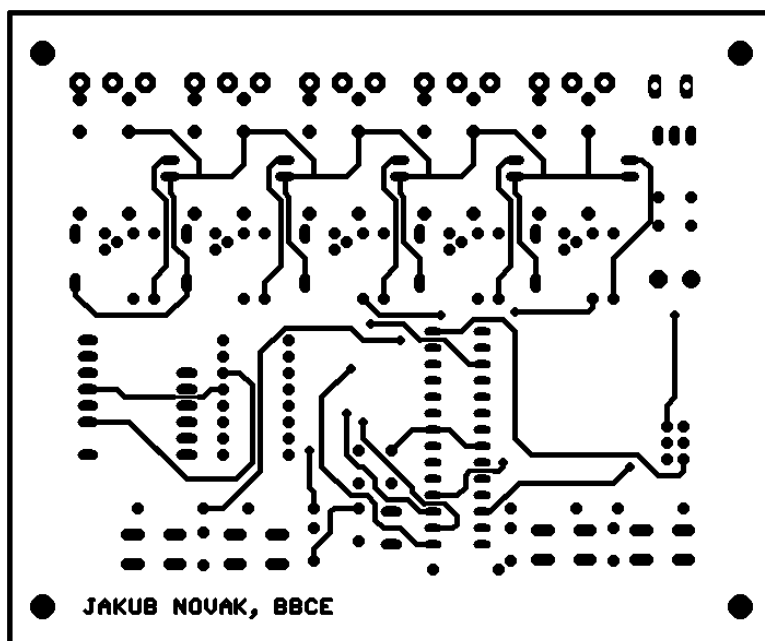
Řídicím centrem je již zmiňovaný mikrokontrolér ATmega8, jehož naprogramováním budeme ovládat sepnutí a vypnutí vybraných kytarových efektů pomocí elektromagnetických relé spínačů. Aktivní stav každého efektu bude signalizovat rozsvícená LED dioda. Tyto diody nám budou sloužit pro lepší orientaci především v režimu číslo jedna, ve kterém budeme spínat pouze jednotlivé efekty.

Pro orientaci v režimu dva nám slouží zařazený sedmisegmentový displej. Na něm budeme rozsvěcet číslice, které budou přiřazené určitým skupinám efektů. Listování v seznamu pomocí tlačítek RIGHT a LEFT nám budou znázorňovat právě číslice na display. Zároveň se u zapojených efektů rozsvítí dioda pro potvrzení aktivního zapojení.

Schéma zapojení

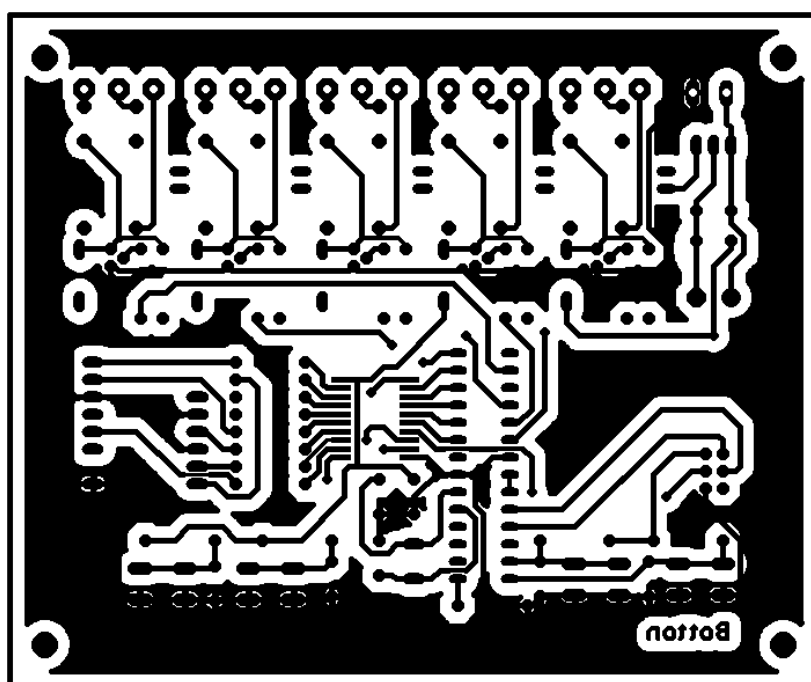
Viz příloha A na str. 31.

Deska plošného spoje – top (strana součástek)



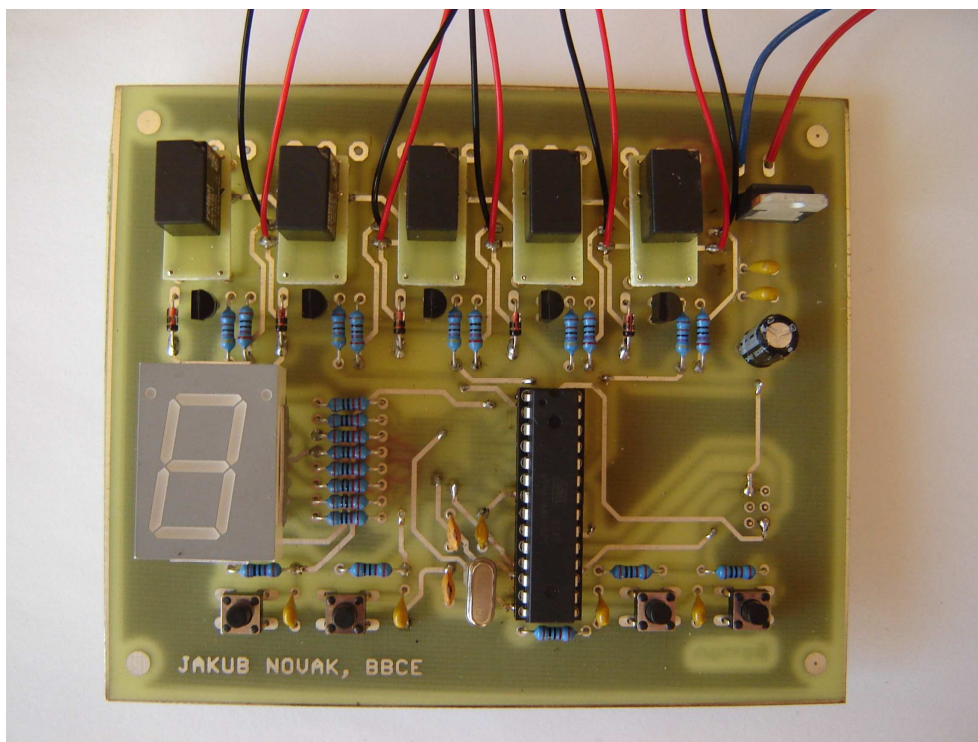
Obr. 10 DPS ovládací panel – top.

Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)



Obr. 11 DPS ovládací panel – bottom.

Deska plošného spoje – fotografie



Obr. 12 DPS ovládací panel – fotografie.

3.4.2 AVR Studio 4

K programování bylo využito softwaru AVR Studio 4. Tento software umožňuje vytváření programových projektů, které zapouzdřují jeho jednotlivé části (soubory s programovými kódy, informace o projektu, textové soubory, ...). Toto je velmi účelné při tvorbě složitějších projektů. Vývojové prostředí obsahuje textový editor, ve kterém se vytváří programový kód. Editor automaticky rozeznává části kódu (instrukce, komentář, čísla atd.) a barevně jej zvýrazňuje pro zvýšení přehlednosti. Okno editoru je používáno i při ladění kódu, kdy je možné program trasovat a přidávat do něj breakpointy.

Paleta nástrojů obsahuje velké množství ikon pro rychlé provádění nejpoužívanějších akcí. AVR studio také umožňuje ladění externích kódů, takže je možné využít jeho schopností pro ladění již zkompileovaných programů např. z jiných vývojových prostředí. Zpracovává formáty UBROF (IAR), Noric (AVR Assembler), COFF (GCC, ImageCraft, Codevision, ELAB, atd.) a Intel-HEX.

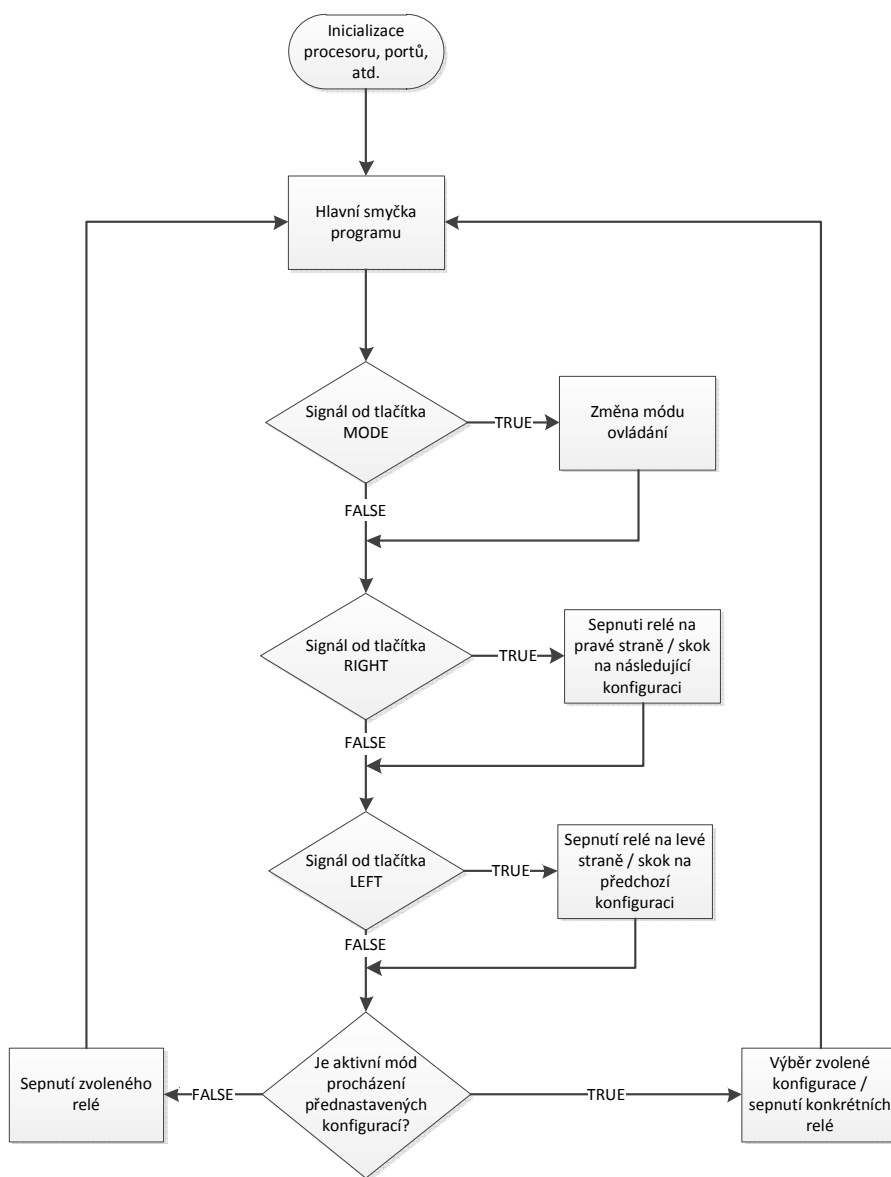
Kromě editace a ladění programu umožňuje prostředí i samotné programování mikrokontroléru. Podporovány jsou systémy ICE50, JTAGICE, STK500/5001 a AVRISP. Vývojové prostředí je velmi přehledné, účelné a velmi zvyšuje pracovní komfort a tím také pracovní výkonnost při tvorbě a ladění projektu. [6]

3.4.3 Program

Pro funkčnost ovládání kytarového procesoru byl navržen jednoduchý program, který nám zajistí požadovanou funkci ovládacího panelu, která byla popisována na úvod této podkapitoly. Jedná se o program umožňující snadné nastavení mikrokontroléru pro naše požadavky.

Vývojový diagram

První věc, která byla navržena, pro úspěšné vytvoření zdrojového kódu byl vývojový diagram. Ujasnění si základních požadavků, pro konečnou funkci kytarového procesoru, velice usnadňuje sestavení zdrojového kódu.



Obr. 13 Blokové schéma – vývojový diagram.

Zdrojový kód

Program vytvořený pro ovládání kytarového procesoru pomocí mikroprocesoru ATMEL ATmega8.

Viz příloha B na str. 32.

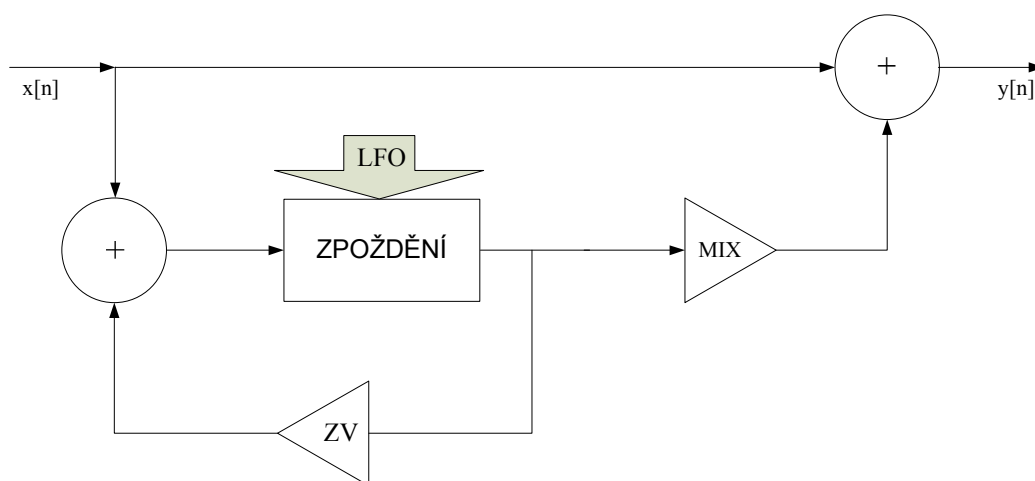
4 Výběr analogových efektů

Následující analogové efekty byly vybrány, protože kombinují starší prvky hudebního zkreslení s novými. Jejich kombinací se dají vytvořit zajímavé efekty a kreativně tak vytvářet nové tóny.

4.1 E1 – Flanger

Blokové schéma

Flanger je nepatrně podobný efektu typu Chorus. Používá však kratší dobu zpoždění. Toto zpoždění se vrací přes zpětnou vazbu (ZV) do sčítacího členu a je opětovně zpožděno. Zpoždění je řízeno LFO, ovládacím prvkem Rate and Resonance. Signál je dále přiveden do frekvenčního filtru (MIX). Zpracovaný signál je následně sečten s původním signálem. A přiveden na výstup.



Obr. 14 Blokové schéma – Flanger efekt.

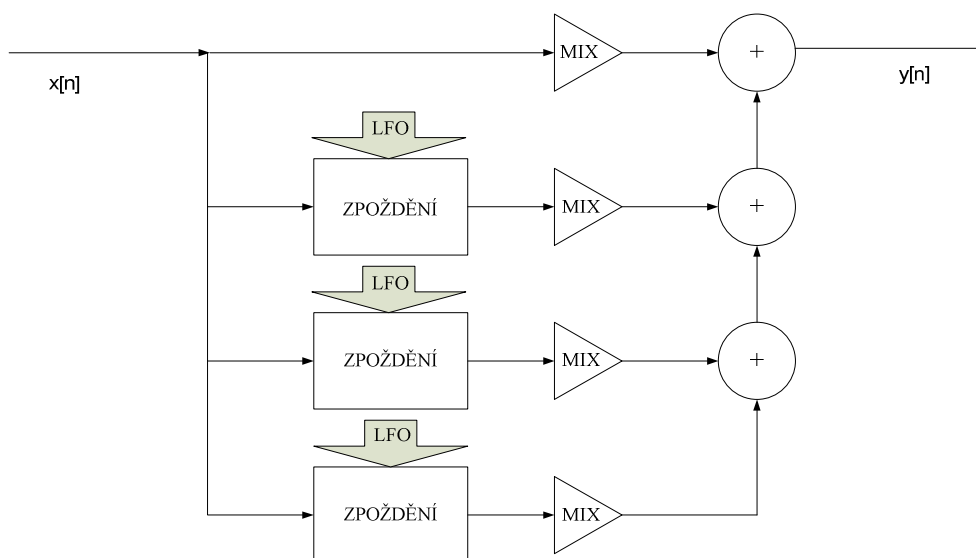
Základní parametry:

- Ovládací prvky:
 - Manual (manuální) – ruční ovládání zpoždění
 - Depth (hloubka) – nastaví maximální zpoždění
 - Rate and Resonance (hodnota a rezonance) – řídí frekvenci LFO
- Vstupní impedance: 470 k Ω
- Výstupní impedance: > 10 k Ω
- Zbytková úroveň šumu: -95dBm
- Doba zpoždění: 1 ms - 13ms
- LFO rychlost: 100ms - 16s
- Proudový odběr: 15 mA
- Napájecí napětí: 9 V DC

4.2 E2 – Chorus

Blokové schéma

Chorus v překladu znamená chór nebo také sbor. Podle názvu jde tedy odvodit princip tohoto efektu. Vstupní signál je přiveden do jednotlivých zpožďovacích bloků, které řídí LFO. Následně ve frekvenčním filtru (MIX) upraveny a jeden k druhému přičteny. Všechny zpožděné linky jsou přičteny k původnímu signálu. Celkový výsledek na nás působí tak, jakoby hrálo několik nástrojů najednou.



Obr. 15 Blokové schéma – Chorus efekt.

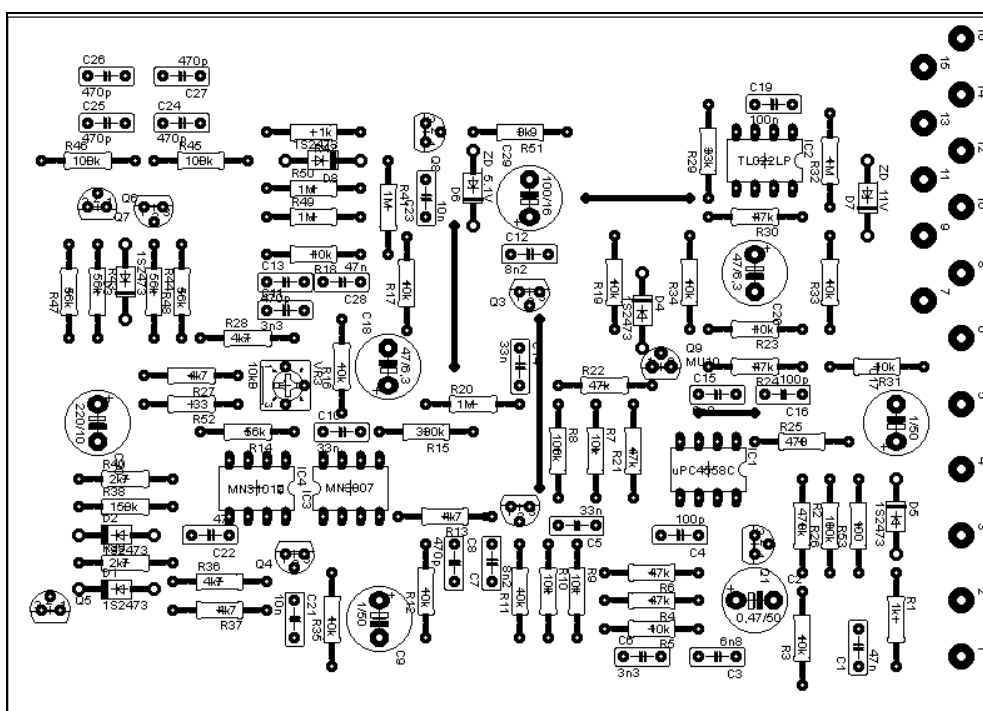
Základní parametry:

- Ovládací prvky:
 - Rate (Hodnota) – nastavuje frekvenci LFO
 - Depth (Hloubka) – nastaví maximální zpoždění
- Vstupní impedance: 470 k Ω
- Výstupní Impedance: > 10 k Ω
- Odstup signál / šum: > 90 dB
- Maximální přípustný vstup: 0dBm (100Hz), -10dBm (1 kHz)
- Odběr proudu: 9 mA
- Napájecí napětí: 9 V DC

Schéma zapojení

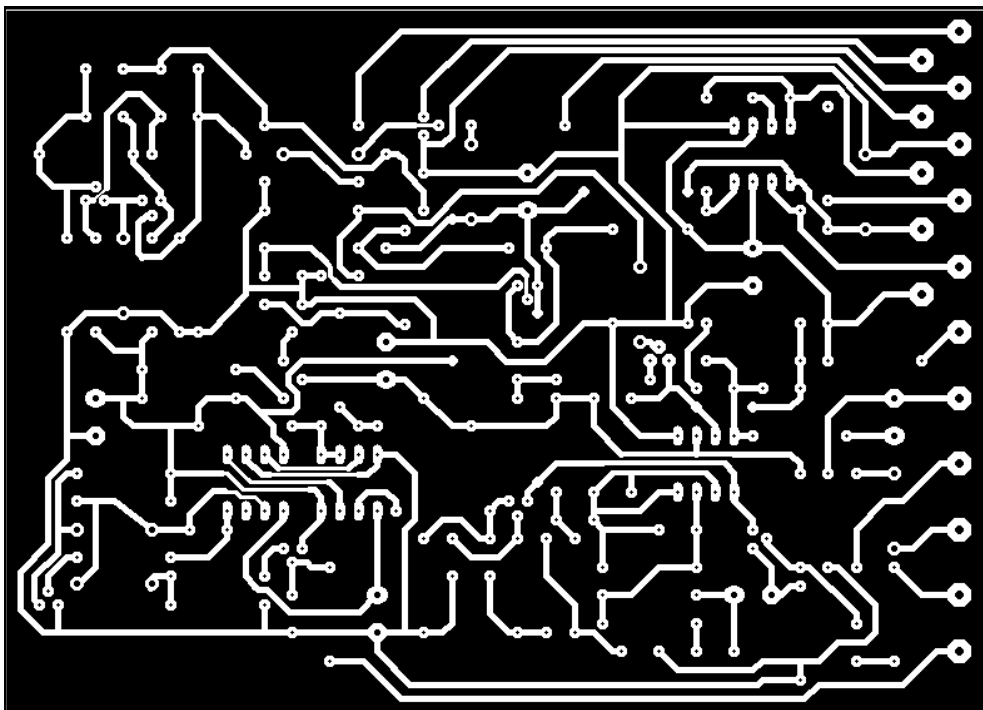
Viz příloha C na str. 36.

Deska plošného spoje – top (strana součástek)



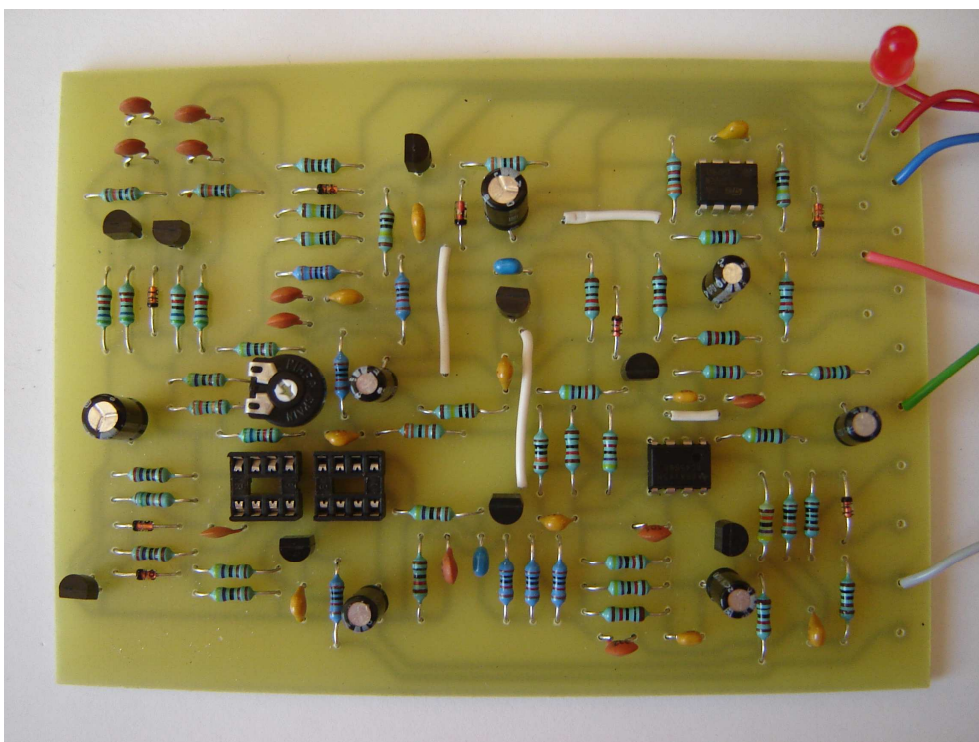
Obr. 16 DPS Chorus – top.

Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)



Obr. 17 DPS Chorus – bottom.

Deska plošného spoje – fotografie

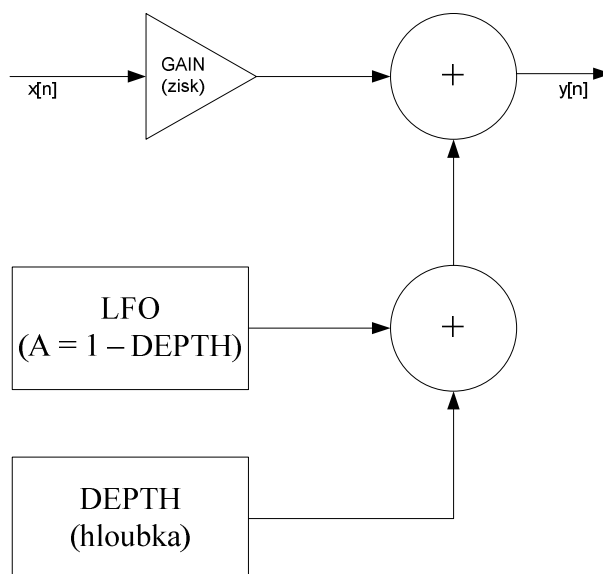


Obr. 18 DPS Chorus – fotografie.

4.3 E3 – Tremolo

Blokové schéma

Tremolo efekt dodává výslednému signálu rytmičtější podobu. Výstupní signál se pohybuje v určitém tempu a hloubce pro stanovený signál, který si zvolíme na LFO. Nejpoužívanější tvary jsou čtverec, trojúhelník, pila nebo sinus.



Obr. 19 Blokové schéma – Tremolo efekt.

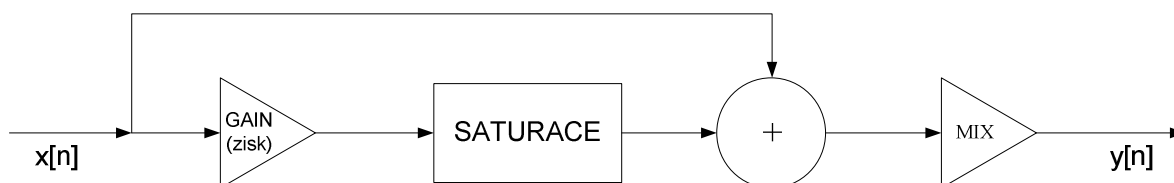
Základní parametry:

- Ovládací prvky:
 - Rate (Hodnota) – nastavuje frekvenci LFO
 - Wave (Vlna) – nastavení amplitudy
 - Depth (Hloubka) – nastavuje hloubku modulace
- Vstupní impedance: 1 M Ω (FET vstup)
- Nominální vstupní úroveň: -20 dBu
- Nominální výstupní úroveň: -20 dBu
- Zbytková úroveň šumu: -90 dBu
- Proudový odběr: 20 mA
- Napájecí napětí: 9 V DC

4.4 E4 – Overdrive

Blokové schéma

Úkolem tohoto efektu je co možná nejrealističtěji simulovat přebuzení lampového zesilovače. Po přivedení na vstup je signál zesílen, přiveden do saturačního článku a poté opět sečten s originálním signálem v součtovém článku. Upravený signál je přiveden na frekvenční filtr a na výstup. Při zesílení na maximální hodnotu, může být výsledný efekt nepříjemně rušen. Overdrive nejlépe pracuje na středních a nižších hodnotách zesílení na zesilovači efektu.



Obr. 20 Blokové schéma – Overdrive efekt.

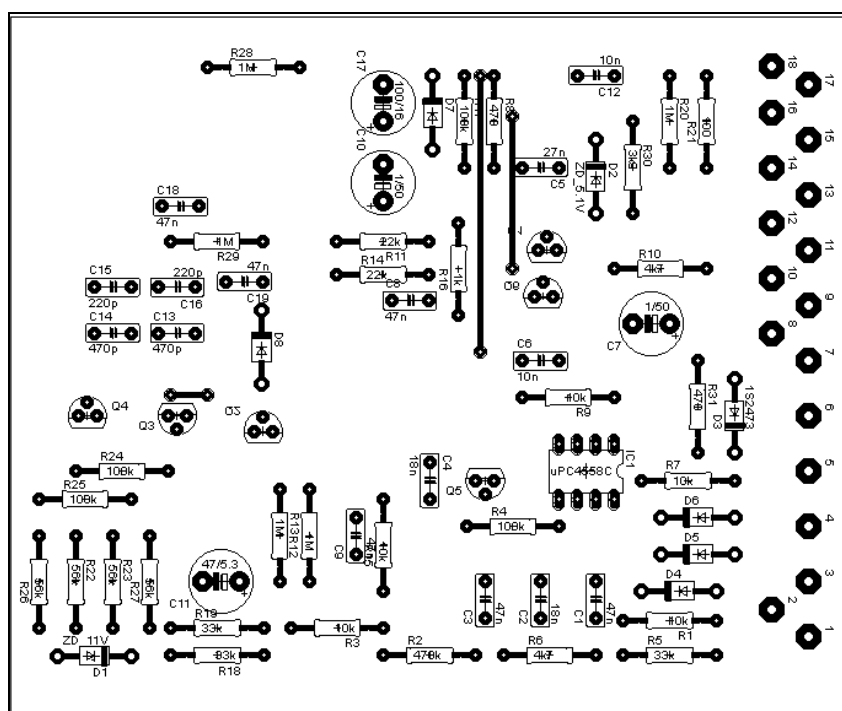
Základní parametry:

- Ovládací prvky:
 - Level (Úroveň) – nastavuje výstupní úroveň
 - Tone (Tón) – ovládá tón efektu
 - Drive (Síla) – nastavuje vstupní úroveň buzení
- Vstupní impedance: 470 k Ω
- Výstupní Impedance: > 10 k Ω
- Proudový odběr: 4 mA
- Napájecí napětí: 9 V DC

Schéma zapojení

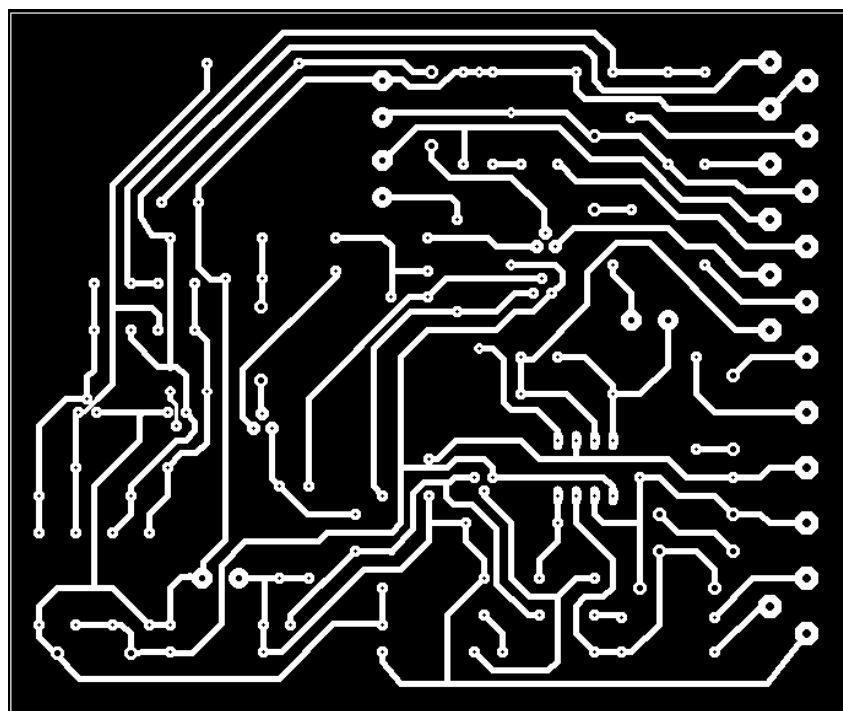
Viz příloha D str. 37.

Deska plošného spoje – top (strana součástek)



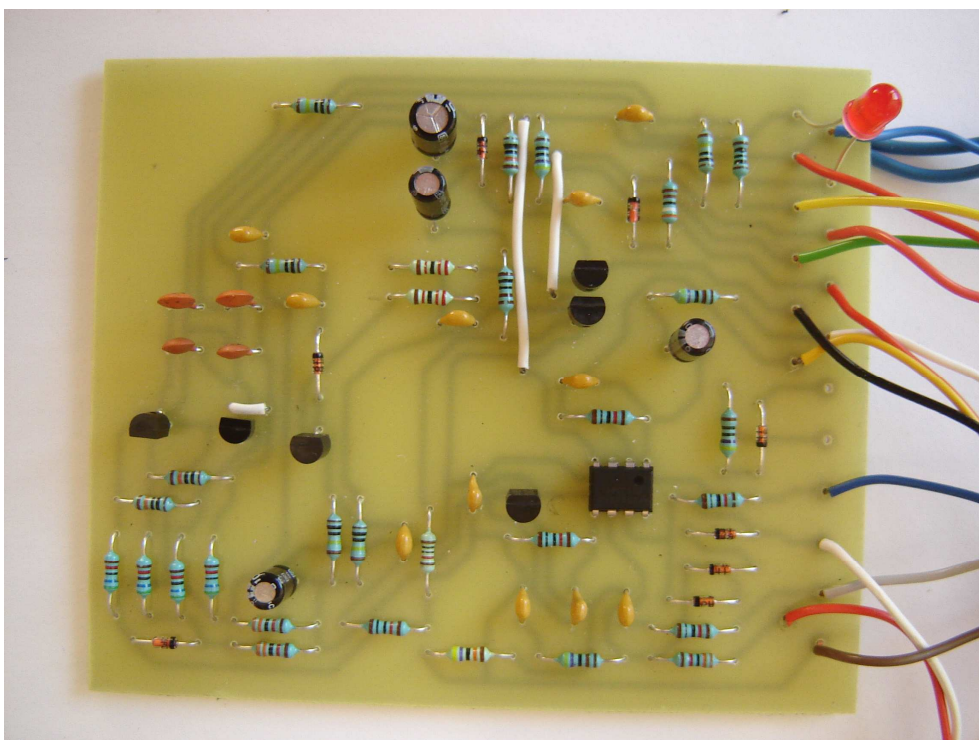
Obr. 21 DPS Overdrive – top.

Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)



Obr. 22 DPS Overdrive – bottom.

Deska plošného spoje – fotografie

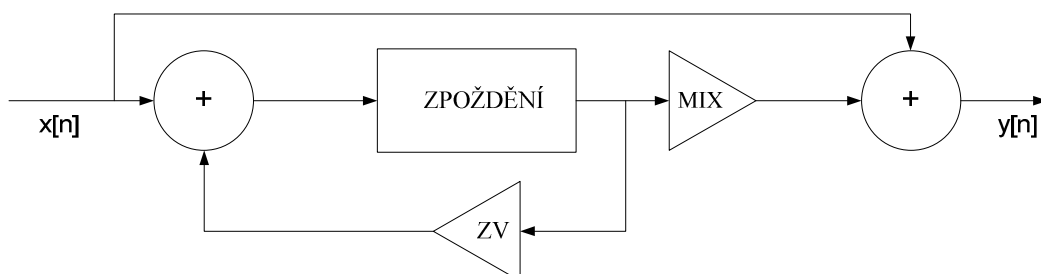


Obr. 23 DPS Overdrive - fotografie

4.5 E5 – Delay

Blokové schéma

Delay efekt vytváří zpoždění vstupního signálu (ozvěnu). Zpožděný signál je přes zpětnou vazbu (ZV) přiveden do sčítacího členu. Výsledek součtu zpožděného a původního signálu je opět zpožděn a odeslán, podle nastavení ovládacího prvku Repeat Rate se stanoví délka ozvěny (počet zpoždění). Výsledná ozvěna je přes prvek frekvenční filtr přivedena do sčítacího členu s původním signálem.



Obr. 24 schéma – Delay efekt.

Schéma zapojení

Viz příloha E na str. 38.

Základní parametry:

- Ovládací prvky:
 - Repeat Rate (Opakování) – nastavuje délku zpoždění
 - Echo (Ozvěna) – ovládá umístění ozvěny
 - Intensity (Intenzita) – nastavení intenzity
- Vstupní impedance: 470 k Ω
- Výstupní Impedance: > 10 k Ω
- Zbytková úroveň šumu: méně než – 100 dBm
- Doba zpoždění: 20 ms – 300 ms
- Proudový odběr: 11 mA
- Napájecí napětí: 9 V DC

5. Konstrukční části

5.1 Krabice pro kytarový procesor

Samotná krabice pro kytarový procesor je vyrobena z hliníkového plechu o šířce 3 mm. Dno tvoří dřevotřísková deska o rozměrech 390 x 190 mm. Desky plošných spojů (dále pouze DPS) jsou v krabici instalovány pomocí šuplíkového držáku. Do každého držáku se vejde dvě DPS, s deskou s ovládacími prvky je to tedy dohromady šest DPS. Ve vrchní části krabice se nachází ovládací prvky v podobě potenciometrů a LED diod indikující aktivní stav jednotlivého efektu. Jako ochranný prvek proti mechanickému poškození ovládacích prvků slouží hrazda, umístěna před těmito prvky. Přeci jen ovládání nohou není tak přesné a citlivé jako ruční přepínání. Vstup a výstup pro signál je umístěn společně se vstupem pro napájení na zadní straně krabice



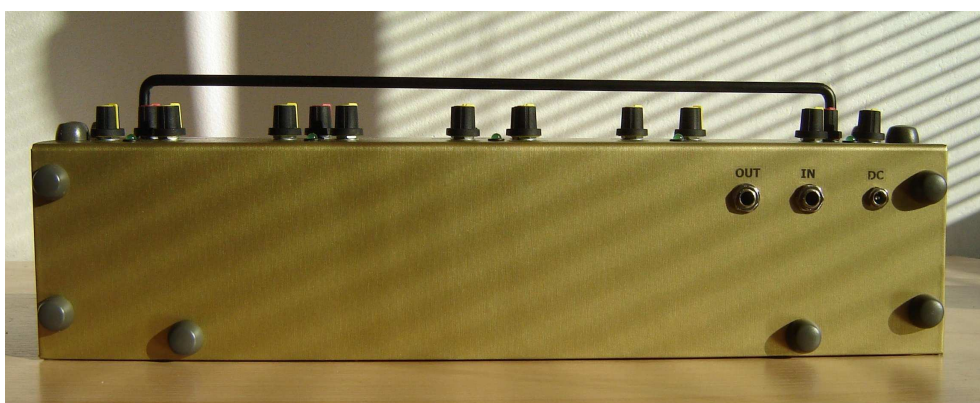
Obr. 25 Kytarový procesor – celkový pohled.



Obr. 26 Kytarový procesor – pohled zepředu.



Obr. 27 Kytarový procesor – pohled z vrchu.



Obr. 28 Kytarový procesor – pohled zezadu.

5.2 Tlačítka pro přepínání

Abychom mohli zapnout a vypnout hned několik efektů najednou, potřebujeme zařadit do zapojení vhodná tlačítka. Měli bychom ovšem myslet na to, že navržený kytarový procesor bude ovládán nohou. Je tedy nutné, aby tlačítka byla robustní, protože při hrubé manipulaci by mohlo dojít k mechanickému poškození. Zároveň musí být výrazná na panelu, pro lepší orientaci při hře. Nelze ovšem opomenout ani jejich vzhled.

Z nabídky dostupných elektronických součástek byl vybrán spínač, který se používá v automobilovém průmyslu a to v autobusech. Je vhodný především pro jeho tvar a konstrukční systém. U tohoto spínače je snadno zjištělné jeho stlačení, v našem případě sešlápnutí. Budeme mít tedy nejen vizuální ale také citovou kontrolu sešlápnutí spínače.



Obr. 29 Kolébkové tlačítko použité pro navržený kytarový procesor.

6 Simulace měření, porovnání s naměřenými hodnotami

Pro potřeby simulace navrženého obvodu kytarového efektu Overdrive jsme použili program OrCad PSpice [7]. Překreslením obvodového zapojení efektu do tohoto programu, nám umožnilo sledovat vstupní a výstupní hodnoty signálů. Tyto hodnoty jsme následně porovnali s naměřenými hodnotami získanými sledováním průběhů na osciloskopu.

6.1 Nastavení ovládacích prvků – Level – 100 %, Drive, Tone – 50 %

Pro porovnání naměřených a simulovaných hodnot jsme zvolili dvě možné nastavení ovládacích prvků efektu. Jako první možnost jsme zvolili nastavení prvků Level 100 %, Drive 50 % a Tone 50 %.

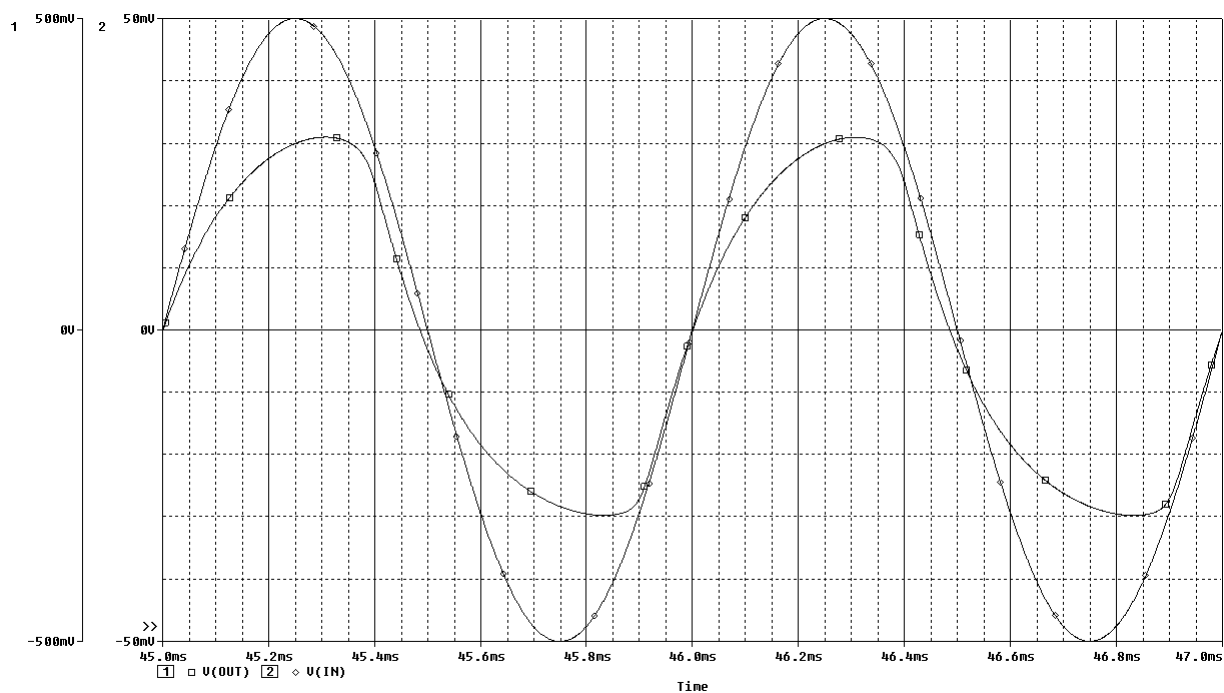


Obr. 30 Naměřené vstup. a výstup. signály pro hodnoty Level 100%, Drive 50%, Tone 50%.

Na obrázku (viz Obr. 30) vidíme průběh vstupního (1) a výstupního (2) signálu, který jsme získali pomocí osciloskopu. Je to tedy zobrazení reálných signálů z naší navržené efektu. Na obrázku můžeme pozorovat zkreslení amplitudy u výstupního signálu a zároveň sledujeme zesílení signálu výstupního oproti vstupnímu.

Toto měření můžeme porovnat s průběhy, které jsme simulovali pomocí programu OrCAD PSpice [7] (viz Obr. 31). V případě porovnání musíme ovšem vzít v úvahu také fakt, že simulované průběhy neovlivňují nepřesné hodnoty součástek ani žádné parazitní jevy.

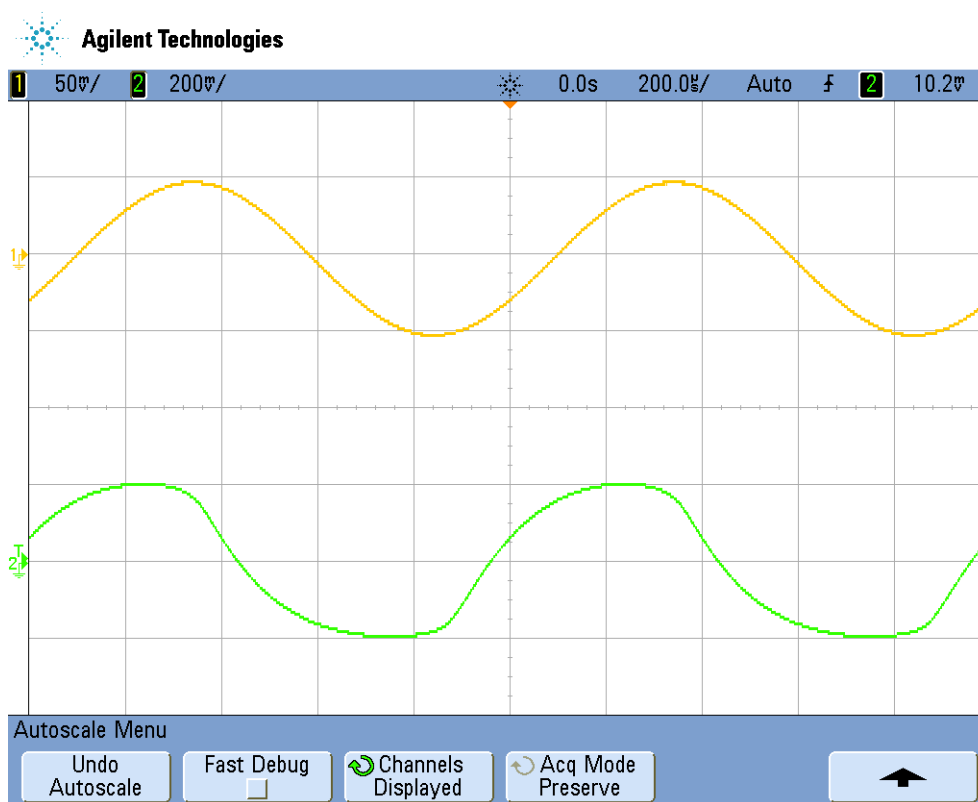
Také nastavení ovládacích prvků není v reálném zapojení přesné. Potřeba přesného nastavení není totiž ani nutná, protože při hře se doladuje nastavení především podle sluchu. Právě proto sledujeme ve výstupním průběhu simulovaného zapojení efektu nepatrné odlišení než je tomu ve skutečném zapojení.



Obr. 31 Simulované vstup. a výstup. signály pro hodnoty Level 100 %, Drive 50 %, Tone 50 %.

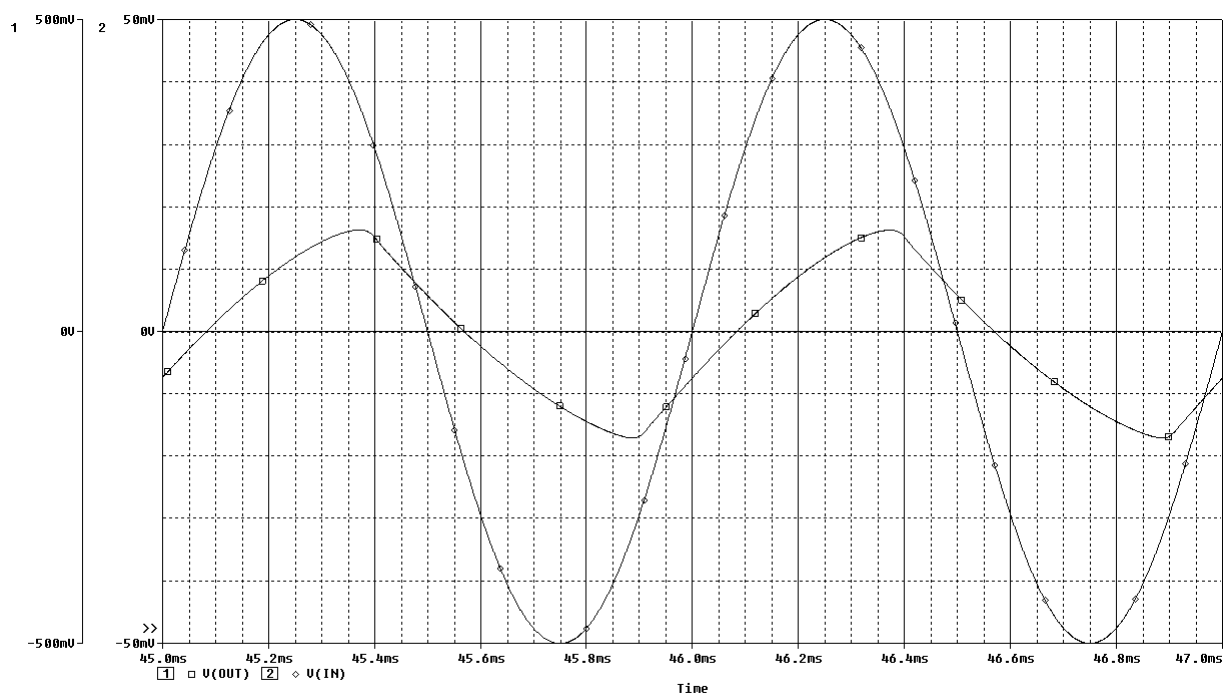
6.2 Nastavení ovládacích prvků – Level, Drive, Tone – 100 %

V dalším nastavení volíme všechny ovládací prvky na maximální hodnoty. Tedy Level 100 %, Drive 100 % a Tone 100 %. Toto nastavení volíme pro lepší porovnání výsledného, výstupního signálu.



Obr. 32 Naměřené vstup. a výstup. signály pro hodnoty Level 100 %, Drive 100 %, Tone 100 %.

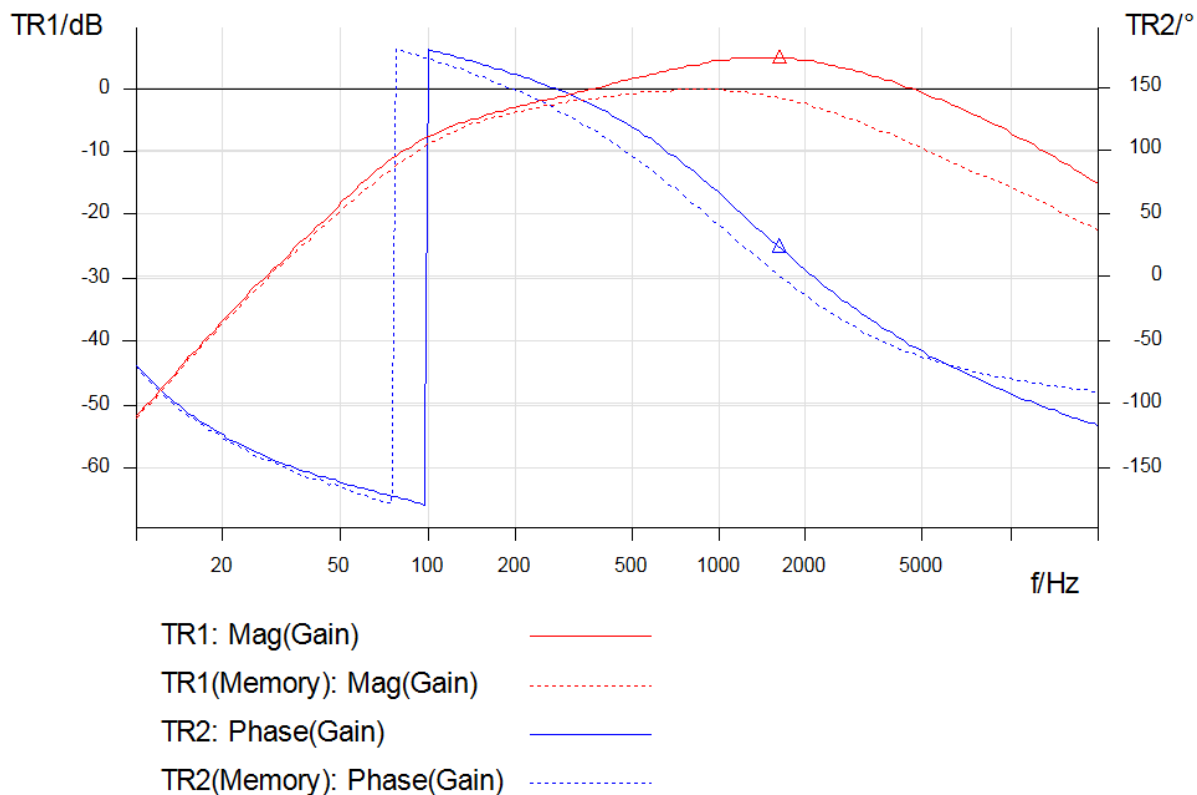
Jak si můžeme všimnout, zesílení nám zůstane stejné, což způsobuje nastavení ovládacího prvku Level, který je stále na 100 %. Ostatní prvky nám zdůrazní signál a zvýrazní tak výsledné zkreslení zvuku.



Obr. 33 Simulované vstup. a výstup. signály pro hodnoty Level 100 %, Drive 100 %, Tone 100 %.

6.3 Spektrální analýza

Sestavený efekt jsme podrobili také spektrální analýze, a to na vektorovém analyzátoru Bode 100 [8]. Na výsledku (viz Obr. 34) vidíme modul a fázi přenosové charakteristiky pro obě nastavení ovládacích prvků. Kde přerušované čáry představují nastavení z bodu 6.1 a plné čáry představují nastavení efektu z bodu 6.2.



Obr. 34 Spektrální analýza.

7 Závěr

V této bakalářské práci jsme se seznámili s možnostmi úpravy hudebních signálů. Prostudovali jsme několik možných variant a verzí hudebních efektů a jejich kombinací. Vybrali jsme pět efektů, o kterých je více pojednáno v této bakalářské práci. Pro zjednodušení ovládání jsme použili mikrokontrolér, který zapíná skupiny efektů najednou nebo každý efekt zvlášť, podle zvoleného módu, který můžeme kdykoliv při hře změnit.

K navržení této práce nás inspirovala myšlenka skloubení kvality analogových efektů se snadným ovládáním, které by nám umožnilo rychlé přepínání efektů. Okamžité zapnutí/vypnutí skupiny efektů je velmi přínosná pomůcka. Jako výhodu také uvádíme možnost pozdější hardwarové i softwarové úpravy.

Pro úspěšnou realizaci bylo zapotřebí navrhnout ovládání, které by sloužilo právě pro zmiňované ovládání kytarového procesoru. Do návrhu jsme zařadili i vizuální efektivitu a celkovou přehlednost pro snazší orientaci při hře. K tomuto účelu nám posloužili LED diody, které indikují svým rozsvícením aktivní stav jednotlivých efektů. Zobrazení předvolených skupin programů zajišťuje sedmisegmentový displej, na kterém zobrazujeme číslo konkrétní skupiny.

Z důvodu časové, materiální i finanční náročnosti jsme bohužel nedokončili realizaci a návrh všech efektů, které byly vybrány. Koncepce navrženého kytarového procesoru je ovšem konstruována takovým stylem, že scházející efekty mohou být doinstalovány bez větších technických zásahů později.

8 Rejstříky a seznamy

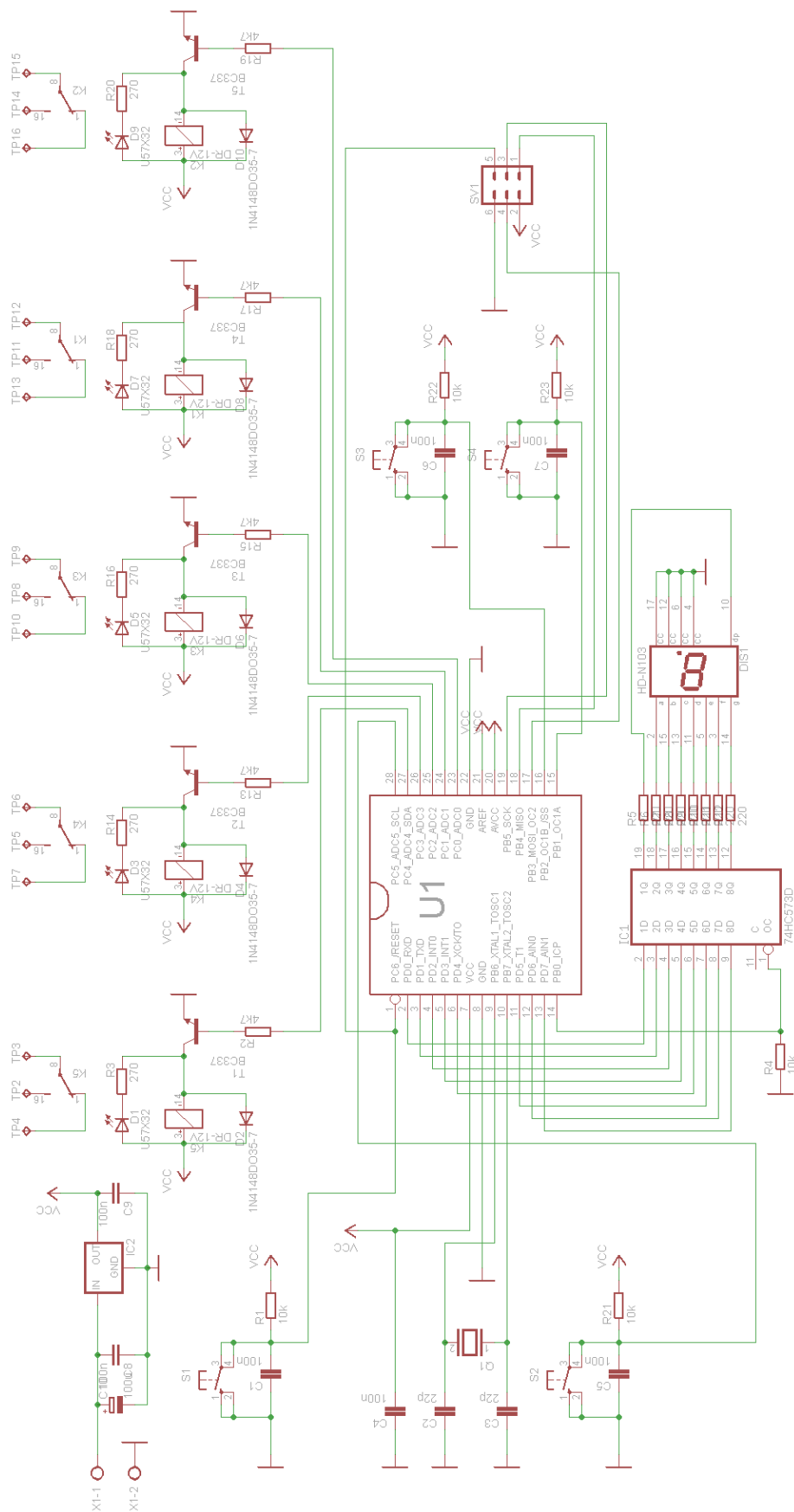
8.1 Seznam použité literatury

- [1] Smrckaeffects [online]. 2010 [cit. 2010-05-20]. Kytarové efekty, pedalboardy, zdroje. Dostupné z WWW: <http://www.smrckaeffects.com/>
- [2] Line6 [online]. 2010 [cit. 2010-05-20]. Stompboxmodelers. Dostupné z WWW: <http://line6.com/>
- [3] Muzikus.cz [online]. Kytarové efekty, digitální multiefekty. Dostupné z WWW: <http://www.muzikus.cz>
- [4] Mikroprocesor [online]. Datasheet. Dostupné z WWW: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf
- [5] Elektronické součástky [online]. Dostupné z WWW: <http://www.ges.cz/>
- [6] AVR Studio 4 [online]. Dostupné z WWW: http://www.cs.vsb.cz/licev/AVR_Studio_EVMSmega128_20080409.pdf
- [7] OrCAD PSpice [online]. Pspice User's Guide. Dostupné z WWW: <http://www.electronics-lab.com/downloads/schematic/013/tutorial/PSPICE.pdf>
- [8] Omicron-lab [online]. Vector Network Analyzer – Bode 100 Extended frequency ranger 1 Hz – 40 MHz. Dostupné z WWW: <http://www.omicron-lab.com>

8.2 Abecední seznam zkratk

DPS	Deska plošných spojů
LFO	Low Frequency Oscillator (nízkofrekvenční oscilátor)
MIX	Frekvenční filtr
ZV	Zpětná vazba

Příloha A: Schéma zapojení ovládání kytarového procesoru



Příloha B: Zdrojový kód programu pro ovládání kytarového procesoru

```
#define F_CPU 4000000                                // krystal 4MHz

#define 7seg1 0b00001100                            // definice signálu pro 7-segment
#define 7seg2 0b10110110
#define 7seg3 0b10011110
#define 7seg4 0b11001100
#define 7seg5 0b11011010
#define 7seg6 0b11111010
#define 7seg7 0b00001110
#define 7seg8 0b11111110
#define 7seg9 0b11011110
#define 7seg0 0b01111110
#define 7segX 0b10000000                            // pomlčka

// definice seznamu, každá položka určuje, která relé budou sepnuta (1) a
// která vypnuta (0)

#define CONF0 0b00010101
#define CONF1 0b00011111
#define CONF2 0b00001110
#define CONF3 0b00010001
#define CONF4 0b00000011
#define CONF5 0b00011000
#define CONF6 0b00010011
#define CONF7 0b00011001
#define CONF8 0b00011110
#define CONF9 0b00001111

#include <avr/io.h>                                // vložení knihovny pro komunikaci s porty
#include <util/delay.h>                            // vložení knihovny

int main(void)
{
    // inicializace procesoru - vždy při restartu nebo zapnutí procesoru
    DDRB = 0b11111110;                            // nastavení portu B
    DDRC = 0xff;                                    // nastavení portu C
    DDRD = 0x00;                                    // nastavení portu D jako výstup pro 7-segment
    PORTD = 0b01000001;                            // zápis na port D (sepnutí budiče pro LED)

    // reg_mod uchovává informaci o aktuálním modu
    // (0 = mod vpravo, 1 = mod vlevo,
    // 2 = mod seznam) po zapnutí jsme v modu 0 (posuv vpravo)
    uint8_t reg_mod = 0;

    // reg_enabled uchovává informaci o tom, která relé jsou sepnuta
    // (hodnota 1), a která vypnuta (hodnota 0) - používá se jen pro
    // mody 0 a 1 na začátku není sepnuté žádné relé proto 0b00000000
    uint8_t reg_enabled = 0b00000000;

    // reg_list_pos uchovává informaci o aktuální pozici v seznamu při
    // modu 2 (může být celkem 10 položek v seznamu, tedy 0 až 9)
    // používá se jen pro mod 2 po zapnutí budeme chtít procházet seznam
    // od začátku, tedy od 0
    uint8_t reg_list_pos = 0;
```

```

// HLAVNI ČÁST PROGRAMU
while(1)
{
    // PRVNI CAST PROGRAMU - nastaveni funkčnosti tlačítek
    // bylo stisknuto tlačítko MODE
    if((PINC&0b00100000) == 0)
    {
        // skočíme do následujícího modu
        reg_mod++;

        // pokud reg_mod >= 3, musíme se vrátit do modu 0
        // (protože mam jen mody 0, 1 a 2)
        if(reg_mod >= 3)
        {
            reg_mod = 0;
        }

        // pokud jsme v modu 2 (seznam), musíme na 7-segmentovém
        // displeji zobrazit číslo aktuální položky v seznamy
        if(reg_mod == 2)
        {
            // funkce pro zobrazení příslušného čísla na
            // displeji 7-segment
            if(reg_list_pos == 0) PORTD = 7seg0;
            if(reg_list_pos == 1) PORTD = 7seg1;
            if(reg_list_pos == 2) PORTD = 7seg2;
            if(reg_list_pos == 3) PORTD = 7seg3;
            if(reg_list_pos == 4) PORTD = 7seg4;
            if(reg_list_pos == 5) PORTD = 7seg5;
            if(reg_list_pos == 6) PORTD = 7seg6;
            if(reg_list_pos == 7) PORTD = 7seg7;
            if(reg_list_pos == 8) PORTD = 7seg8;
            if(reg_list_pos == 9) PORTD = 7seg9;
        }
        else
        {
            // pokud jsme v jiném modu než 2, zobrazíme jen
            // pomlčku
            PORTD = 7segX;
        }
    }

    // bylo stisknuto tlačítko RIGHT
    if(PINB&0b00000100) == 0)
    {
        // pokud jsme v modu 0 (posuv vpravo), zajistíme, aby se
        // na konci smyčky sepnulo relé o jednu pozici vpravo -
        // bitový posun vpravo
        if(reg_mod == 0)
        {
            // pokud není sepnuté žádné relé, sepne to
            // nejvíce vlevo
            if(reg_enabled == 0b00000000)
            {
                reg_enabled = 0b00010000;
            }
            else
            {

```

```

        // pokud je nějaké relé už sepnuté, sepne
        // jeho pravého
        // souseda - posuv vpravo o 1 pozici
        reg_enabled = reg_enabled >> 1;
    }
}

// pokud jsme v modu 2 (seznam), skočíme na další položku
// v seznamu
if(reg_mode == 2)
{
    // vybereme následující položku v seznamu
    reg_list_pos++;

    //v seznamu máme pouze položky 0 až 9
    if(reg_list_pos >= 10)
    {
        // začínáme listovat znovu od 0
        reg_list_pos = 0;
    }
}

}

// bylo stisknuto tlačítko LEFT
if(PINB&0b00000010) == 0) // port tlačítka LEFT

{

    // pokud jsme v modu 1 (posuv VLEVO), zajistíme, aby se
    // na konci smyčky sepnulo relé o jednu pozici vlevo
    // bitový posun vlevo
    if(reg_mod == 1)
    {
        // pokud není sepnuté žádné relé, sepne to
        // nejvíce vpravo
        if(reg_enabled == 0b00000000)
        {
            reg_enabled = 0b00000001;
        }
        else
        {
            // pokud je nějaké relé už sepnuté
            // posun vlevo
            reg_enabled = reg_enabled << 1;
        }
    }

    // jsme-li v modu 2 (seznam), skok na předchozí položku
    // v seznamu
    if(reg_mode == 2)
    {
        // změna oproti tlačítku RIGHT, nesmí se vyskytnout
        // číslo 10 (v seznamu máme pouze položky 0 až 9)
        if(reg_list_pos == 0)
        {
            // začínáme listovat od 10 dolu, protože
            // vzápětí odečteme od 10 jedničku
            reg_list_pos = 10;
        }
    }
}

```

```

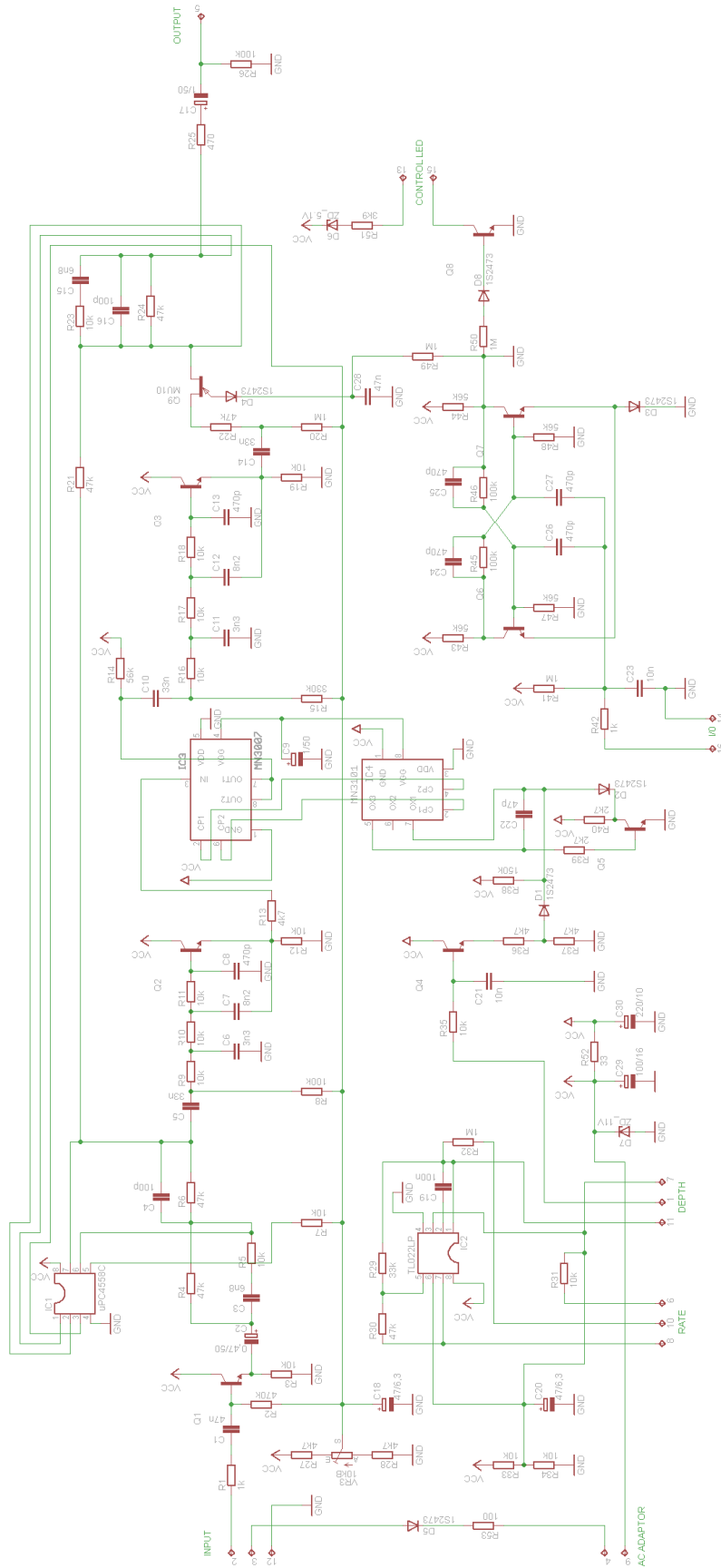
        //vybereme předchozí položku v seznamu
        reg_list_pos--;
    }
}

// DRUHA CAST PROGRAMU
// pokud jsme v modu 2 (seznam), musíme sepnout relé podle
// nastavení

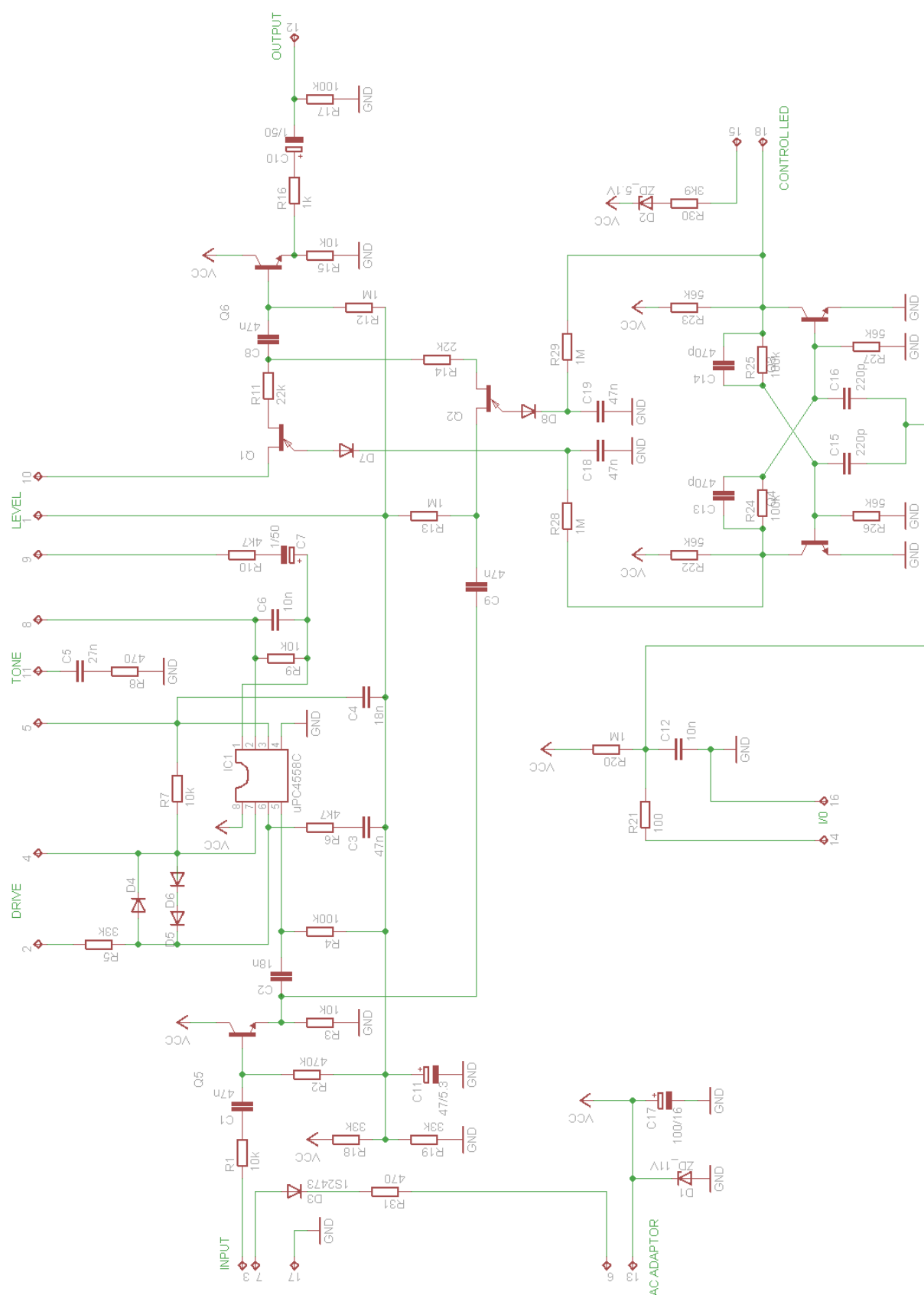
if(reg_mod == 2)
{
    // výčet všech možných nastavení
    if(reg_list_pos == 0) PORTC = CONF0;
    if(reg_list_pos == 1) PORTC = CONF1;
    if(reg_list_pos == 2) PORTC = CONF2;
    if(reg_list_pos == 3) PORTC = CONF3;
    if(reg_list_pos == 4) PORTC = CONF4;
    if(reg_list_pos == 5) PORTC = CONF5;
    if(reg_list_pos == 6) PORTC = CONF6;
    if(reg_list_pos == 7) PORTC = CONF7;
    if(reg_list_pos == 8) PORTC = CONF8;
    if(reg_list_pos == 9) PORTC = CONF9;
}
else
{
    // pokud jsme v jiném modu než 2 (tedy posun vpravo nebo
    // vlevo), stačí sepnout relé podle reg_enabled
    PORTC = reg_enabled;
}
}
}

```

Příloha C: Schéma zapojení efektu Chorus



Příloha D: Schéma zapojení efektu Overdrive



Příloha E: Schéma zapojení efektu Delay

