

GUITAR TUBE AMPLIFIER CONTROLLED BY MICROCONTROLLER

Maroš Ďurík

Master Degree Programme (1), FEEC BUT

E-mail: xdurik00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ladislav Šťastný

E-mail: xstast01@feec.vutbr.cz

Abstract: The aim of this work is design a guitar tube amplifier which is controlled via microcontroller. This digital control causes better use of amplifier and brings more options like MIDI control, noiseless channel switching, automatic bias voltage tuning, power tube monitoring and safe operation. The amplifier is suitable for all guitarist who like good sound and a lot of features in only one device.

Keywords: Tube amplifier, microcontroller, MIDI, automatic bias voltage

1. ÚVOD

Elektrónkové zosilňovače patria aj v dnešných dobách k najvyhľadávanejším zosilňovačom u hudobníkov pre ich príjemný zvuk. Keby sme však porovnali parametre tranzistorových a elektrónkových zosilňovačov (THD – Total Harmonic Distortion, šum...), tak jednoznačne vyhrajú zosilňovače tranzistorové. U tranzistorových zosilňovačov sa bežne THD pohybuje okolo 0.001% a pri elektrónkových je to aj 2%. Toto „katalógovo“ vyššie skreslenie je na ľudské ucho však príjemnejšie a zvuk pôsobí mäkko a teplo. Preto sa kvôli skresleniu používajú v najväčšej miere v gitarových aparátoch.

Gitarový aparát má vo všeobecnosti pre gitaristu poskytovať dva typy zvukov a to čistý (označovaný aj CLEAN), skreslený (označovaný LEAD, OVERDRIVE, DRIVE). Niekedy sa jedná o kombináciu týchto dvoch typov resp. kanál LEAD nedosahuje také vysoké skreslenie a tento zvuk sa označuje CRUNCH – poloskreslený.

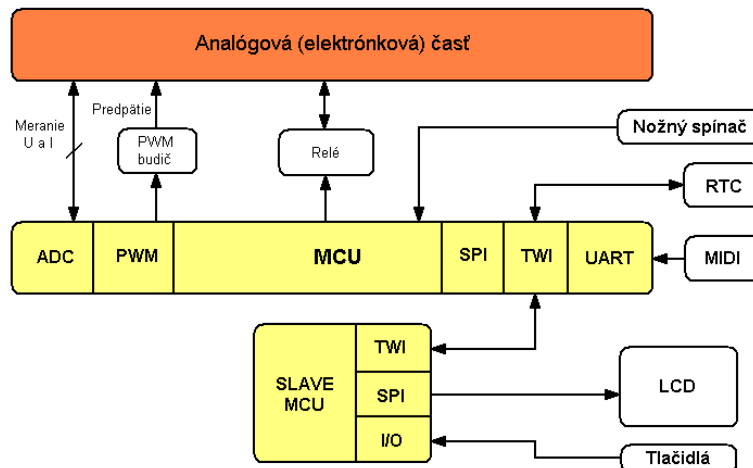
2. POŽIADAVKY NA ZARIADENIE

Požiadavky budeme skôr smerovať na sekciu riadenia zosilňovača ako na jeho analógovú (elektrónkovú časť) pretože tá je z väčšej časti prebraná z [1] a následne mierne upravená. Táto schéma bola vybraná na základe toho, že je po zvukovej stránke plne vyhovujúca, ľahko sa modifikuje a implementácia digitálneho riadenia nenaruší kvalitu zvuku. Z hľadiska riadenia je nutné, aby malo zariadenie nasledovné možnosti:

- Prepínanie kanálov na paneli, nožnom spínači a pomocou MIDI príkazov.
- Grafický displej pre prehľadné nastavenie zosilňovača.
- Prepínanie čisto pomocou relé, aby digitálne riadenie čo najmenej ovplyvňovalo zvuk.
- Automatické nastavenie predpätia výkonových elektrónok.
- Detekcia výpadku anódového napätia a predpätia elektrónok.
- Kontrola výkonových elektrónok.
- RTC obvod [2] kvôli upozorneniu na servisnú prehliadku.

- Funkcia zvýraznenia zvuku pri sóle.
- Zapnutie až po dostatočnom nažhavení výkonových elektrónok.

3. NÁVRH ZARIADENIA



Obrázok 1: Bloková schéma riadenia.

Srdcom celého digitálneho riadenia je mikrokontrolér, ktorý by mal obsahovať aspoň dva PWM výstupy, A/D prevodník na meranie potrebných veličín ako sú napätie a prúd, zbernicu SPI, TWI a UART. Na základe týchto požiadaviek bol vybraný mikrokontrolér ATmega32 [3], ktorý má dostatok FLASH pamäte na samotný program, ale aj na fonty a obrázky pre grafický displej.

Zariadenie obsahuje ešte jednu dosku s menším mikrokontrolérom ATmega8 pre komunikáciu s grafickým displejom [4] a tlačidlami. Táto doska pracuje v režime SLAVE a komunikuje po zbernici TWI. Celá SW obsluha displeja a tlačidiel je v ATmega32. ATmega8 komunikuje s displejom po SPI zbernici a pri oslovení MASTERom načíta aj stav tlačidiel. Táto koncepcia je volená z dôvodu menšieho počtu prepájacích vodičov s MASTER mikrokontrolérom a úspora jeho I/O pinov.

Pre nastavenie predpätia elektrónok, ktoré je záporné a pohybuje sa v rozmedzí -80V smerom k nule bolo potrebné vymyslieť jeho nastavovanie. To sa deje pomocou spomínanej PWM a budičom navrhnutým pre tieto potreby. Dôležitá je aj frekvencia PWM, ktorá musí byť vyššia ako je počuteľné pásmo pre človeka a teda vyššia ako 20kHz. Pri automatickom nastavení predpätia podľa zvolenej triedy (zosilňovač pracuje v triede AB) je potrebné merať anódový prúd výkonovými elektrónkami, anódové napätie pre prípadnú kompenzáciu a samotné predpätie. Použiť bežný PI alebo PID regulátor nie je pri elektrónkach vhodné, pretože majú veľmi nelineárnu charakteristiku a aj malý prekmit predpätia by spôsobil veľký skok na anódovom prúde, čo môže zničiť danú výkonovú elektrónku. Pre automatické nastavenie kľudového prúdu záporným predpätím sa použil jednoduchý inkrementálny algoritmus. Ten spočíval v postupnom zvyšovaní hodnoty v PWM registri o hodnotu jedna. Na začiatku bol register nastavený na nulovú hodnotu, aby bolo záporné predpätie na najvyššej zápornej hodnote. Tým pádom je kľudový prúd najmenší. Postupnou inkrementáciou o hodnotu jedna začína narastať kľudový prúd až pokiaľ nie je v požadovanej hodnote. Nastavenie je síce zdlhavesšie, ale v praktickej prevádzke to nevadí. Prípadne existuje mód, kde sa nastavená hodnota uloží do EEPROM a pri ďalšom zapnutí ihneď nastaví PWM na túto hodnotu. Meranie spomínaných veličín U a I umožní aj skontrolovať správnosť danej elektrónky porovnaním s katalógovou charakteristikou. Ak neprejde testom, tak sa zosilňovač zablokuje a vypíše, kto-

rá elektrónka je chybná a v tomto stave ostane, až pokiaľ sa porucha neodstráni. Je dôležité zdôrazniť, že kľudový prúd (prípadne správnosť elektrónok) sa kontroluje len pri spustení zosilňovača.

Pre obsluhu MIDI je použitý modul UART, ktorý je priamo HW riešený v ATmega32. Z dôvodu bezpečnosti, možnosti vzniku zemných slučiek a rôznych potenciálov, je táto komunikácia galvanicky oddelená od druhého zariadenia optočlenom. Popísaný zosilňovač reaguje na MIDI príkazy ako sú „Program change“ a „Control change“.

Zariadenie je navrhnuté tak, aby pri jeho zapnutí a vypnutí boli dodržané sekvenčné zapínanie/vypínanie jednotlivých sekcií kvôli zaisteniu čo najdlhšej činnosti zosilňovača. Softvér bol napísaný v jazyku C.



Obrázok 2: Celkový pohľad na gitarový zosilňovač.

4. ZÁVER

Na základe požiadaviek bolo navrhnuté zariadenie, ktoré je v čase písania tejto práce plne funkčné. Pri spracovaní sa kládol dôraz na spoľahlivosť po elektronickej stránke, ale aj po stránke mechanickej, keďže sa jedná o zariadenie na koncertné pódia, kde bude vystavované mnohým nepriaznivým vplyvom od vibrácií, teploty až po prevoz a samotnú manipuláciu. Počas doby, čo je zariadenie hotové (v čase písania práce je to zhruba pol roka) sa nevyskytol ani jeden problém s jeho prevádzkou. Pre dosiahnutie väčšej robustnosti a spoľahlivosti má zariadenie núdzový režim, ak by zlyhal mikrokontrolér. V tomto móde je zariadenie schopné prevádzky s určitým obmedzením (nefunkčnosť MIDI, prepínanie kanálov). Aj napriek tomuto obmedzeniu sa však dá vystúpenie dohrať bez väčších problémov.

5. REFERENCIE

- [1] SOLDANO. *Super Lead Overdrive* [online], 2013, [2.3.2013].
<<http://www.soldano.com/products/guitar-amplifiers/super-lead-overdrive-slo-100>>
- [2] Microchip. *MCP79410 Datasheet* [online], Rev. 2010, [2.3.2013].
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22266A.pdf>>
- [3] Atmel Corporation. *ATmega32L Datasheet* [online], Rev. 2503Q–AVR–02/11, [2.3.2013].
<<http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>>
- [4] Electronics Assembly. *Dogs102x63 Datasheet* [online], Rev. 05/2011, [2.3.2013].
<<http://www.lcd-module.com/eng/pdf/grafik/dogs102-6e.pdf>>