

QUADROSONIC D CLASS AMPLIFIER WITH SOUND PROCESSOR & USB INPUT

Martin Lelek

Secondary School of Electrical Engineering (3), SPŠE Kounicova 16, Brno

E-mail: mlelek@centrum.cz

Supervised by: Jiří Dřínovský

E-mail: drino@feec.vutbr.cz

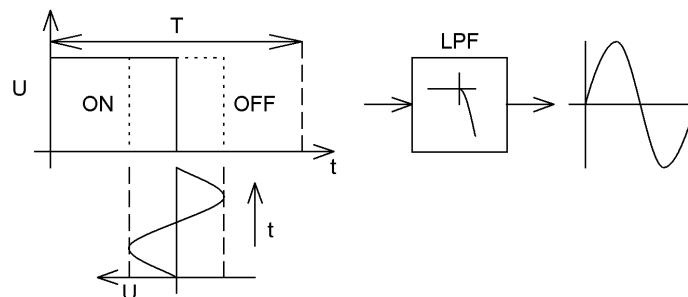
Abstract: This paper describes design of high-power digital class quadrophonic audio-amplifier (class D amplifier) intended for high-quality music performance with the use of spatial effect (false 5.1 system, Dolby Digital). Amplifier will be used in audio laboratories at the DREL, FEEC, University of Technology at Brno. Because of 230V AC mains power the amplifier was designed as a completely safety device for listening music and for students exercises about measuring all the amplifier parameters defining transmission quality (output power, total harmonic distortion, signal to noise ration, voltage gain, frequency response and other).

1. ÚVOD

Audiotecnika je dnes jedním z nejrozšířenějších oborů slaboproudé elektroniky. Na kvalitu reprodukčních zařízení a zesilovačů jsou kladeny stále vyšší nároky, stále se rozvíjející obecné technologie však tyto požadavky zvládají respektovat a požadovanou kvalitu zařízení ve výrobě zaručit.

Zesilovače samotné se dělí do tříd lineárních a digitálních. Lineární zesilovače jsou známy nižší účinností a zkreslením v řádu desetin procent (až na speciální případy). Stále více se však do popředí (hlavně u špičkových výrobců) dostávají zesilovače pracující v tzv. digitální třídě, kdy koncový prvek, dodávající výstupní výkon, pracuje ve spínacím režimu. Je zde využita modulace PWM (Pulse Width Modulation).

Samotný princip této modulace je jednoduchý a vyplývá z lineární změny střídy obdélníkového signálu v závislosti na amplitudě zpracovávaného signálu. Již z tohoto popisu vyplývá, že frekvence obdélníkového signálu musí být mnohonásobně vyšší, než maximální frekvence zpracovávaného signálu (u zvukových kmitočtů se využívá cca 200 kHz – 1,5 MHz). Výsledkem jsou obdélníkové pulzy se stejnou frekvencí, ale proměnnou střídou, čímž se mění množství předávaného výkonu (podle plochy pulzů). Grafické znázornění principu je na obrázku 1.



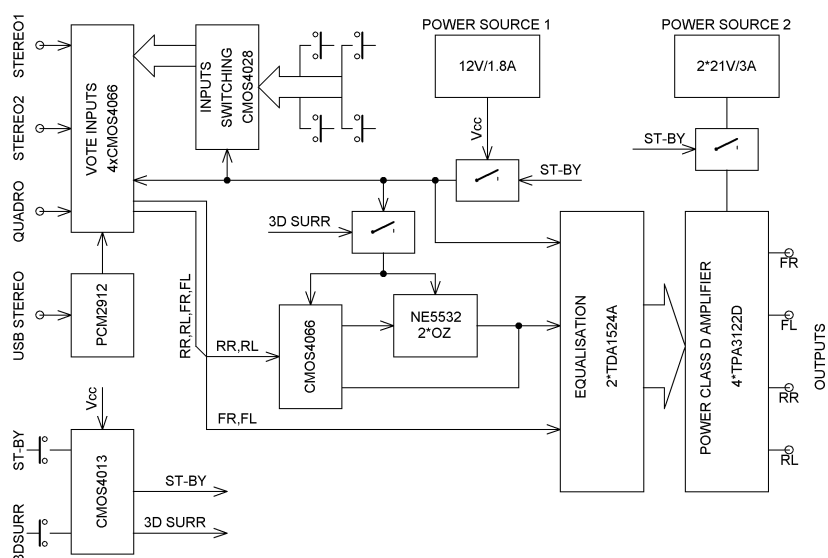
Obrázek 1: Princip pulzně šířkové modulace (PWM).

Zesilovače lze realizovat jak v zapojení SE (half bridge), tak v zapojení BTL (full bridge). V klidu je na výstupu obdélníkový signál s amplitudou napájecího napětí (mínus úbytek na přechodu CE), který má střídu 50 % a frekvenci určenou vnitřním oscilátorem (trojúhelníkový nebo pilový prů-

běh). Při přivedení signálu, určeného ke zpracování, na vstup, se střída na výstupu změní, a to tak, že s vyšší amplitudou se střída zvýší, aby se předal vyšší výkon. U nižší amplitudy na vstupu se střída na výstupu sníží. Důležitou součástí na výstupu je dolní propust, bez které by se do reproduktoru dostal i samotný obdélníkový průběh. V praxi by to vypadalo asi tak, že vychylovací cívka reproduktoru by měla snahu kmitat na vysoké frekvenci, což by jí nedovolil závěs reproduktoru a tudíž by se cívka zahřívala, v případě rezonance by se to celé dalo nazvat indukčním ohřevem. Dolní propust tomuto zabrání, neboť její mezní kmitočet je volen jako nejvyšší přenášený (nezanedbává se křivka přenosu filtru), u zvuku tudíž cca 40 kHz. Tímto je zabráněno proniknutí obdélníkového řídicího kmitočtu na výstup, změna jeho střídy se však přes dolní propust dostane a na výstupu vytvoří signál identický, jako na vstupu, avšak zesílený.

2. KONSTRUKCE

Zesilovač byl zkonstruován jako kvadrofonní pro realizaci prostorového zvuku. Je vybaven sadou čtyř vstupů, z nich dva jsou stereofonní, třetí je čtyř-kanálový a čtvrtý je stereo USB. Mezi vstupy se pohodlně přepíná pomocí tlačítek na předním panelu. Množství vstupů je určeno spíše pro domácí použití pro současné připojení např. televize, DVD přehrávače, CD přehrávače a na USB vstup pro připojení počítače. USB vstup se chová jako pasivní člen, není tudíž určen pro přímé přehrávání hudby z paměťových médií s USB rozhraním, chová se pouze jako sekundární zvuková karta. Zesilovač je dále vybaven efektem 3D surround, je-li aktivní jeden ze stereo vstupů (včetně vstupu USB). Nechybí ani elektronické korekce basů, výšek, hlasitosti a vyvážení. Blokové schéma je uvedeno na obrázku 2.



Obrázek 2: Blokové schéma zesilovače.

Celkový výstupní sinusový (true power RMS) výkon je 120 W (30 W na kanál). Výkon je zajištěn čtveřicí integrovaných obvodů TPA3122D od firmy Texas Instruments. Tyto integrované obvody jsou nízkofrekvenční zesilovače třídy D umístěné v pouzdře DIL20. Účinnost těchto integrovaných obvodů se pohybuje okolo 96 %, což eliminuje potřebu externího chladiče. Zkreslení těchto obvodů se mimo přebuzení nedostává na hodnotu vyšší, než 0,03 %.

Elektronické korekce zajišťuje jeden pár obvodů TDA1524A firmy NXP. Jsou to korekční obvody s interními filtry, jejichž strmost se řídí vnějším napětím. Vnější napětím se řídí i hlasitost a balance. Zkreslení i SNR odpovídá třídě Hi-Fi.

Přepínání vstupů se děje za pomoci analogových spínačů řady CMOS, tp. 4066. Uvnitř pouzdra takového integrovaného obvodu se skrývá čtveřice analogových spínačů řízených napětím. Každý

vstup zesilovače je vybaven takovýmito spínači, přepínání řídicího napětí je řešeno obvodem CMOS4028 zapojeným jako čtyřpólový tzv. elektronický isostat.

Efekt 3D surround je realizován pomocí rozdílového zesilovače tvořeného dvojicí operačních zesilovačů. Ty v příslušném zapojení a při jejich aktivaci odečtou ze vstupního signálu souhlasnou složku (většinou hlas zpěváka a několik hudebních nástrojů) a zbytek pošlou do zadních reproduktorů. Výsledkem je uměle vytvořená ozvěna, která z pohledu posluchače přichází zezadu (jako v koncertním sále). Efekt se aktivuje stiskem příslušného tlačítka, které přepne klopný obvod typu D (CMOS4013) do hodnoty log. 1. Napětí z tohoto klopného obvodu sepne výkonový tranzistor, který přivede napájení do operačních zesilovačů efektu a do obvodu CMOS4066, který se postará o přesměrování signálu přes operační zesilovače pro surroundové kanály.

Druhý klopný obvod uvnitř integrovaného obvodu CMOS4013 slouží pro ovládání funkce STAND-BY, která při aktivaci odpojí napájení koncového zesilovače, napájení přepínání vstupů, napájení efektu 3D surround a napájení korekčních obvodů.

Interní zvuková karta u vstupu USB je tvořena integrovaným obvodem PCM2912 firmy Texas Instruments. Jedná se o zvukovou kartu s extrémně nízkým šumem a zkreslením. Je vybavena audio výstupem a vstupem pro mikrofon (zde není mikrofon využit). Připojení přes USB port má řadu výhod, z nichž největší je eliminace brumu a veškerého rušení, které by se naindukovalo na běžný linkový stíněný kabel. Celá osazená část zesilovače je na obrázku 3.



Obrázek 3: Osazené zařízení (mimo krabici).

3. ZÁVĚR

Zesilovač byl kompletně odzkoušen jak na míru šumu při nízkých hlasitostech, tak pro výdrž při vysokých hlasitostech a tím i při vysokém výstupním výkonu. Zařízení je připraveno pro službu v laboratořích UREL, FEKT VUT pro cvičné měření parametrů, ale také pro ukázkou poslechu. Je to ideální pomůcka pro seznámení se s kvalitativními zesilovači třídy D a pro poslech hudby v normě Hi-Fi.

PODĚKOVÁNÍ

Tato konstrukce vznikla za finanční podpory projektu „Digitální stereofonní audiozesilovač se zvukovým procesorem“, SX90102005 za finanční podpory Jihomoravského centra pro mezinárodní mobilitu. Dále bych chtěl tímto poděkovat vedoucímu a dozorčímu tohoto projektu Ing. Jiřímu Dřínovskému, Ph.D za účinnou metodickou a odbornou pomoc a mnoho cenných rad při tvoření této konstrukce.

REFERENCE

- [1] Texas Instruments: *TPA3122D – 15WSE/30WBTL power audio amplifier*; [on-line], datasheet, cit. dne [3.3.2012], dostupné na [www: http://ti.com/lit/ds/slos527a/slos527a.pdf](http://ti.com/lit/ds/slos527a/slos527a.pdf)
- [2] Texas Instruments: *PCM2912 – USB digital audio codec*; [on-line], datasheet, cit. dne [3.3.2012], dostupné na [www: http://ti.com/lit/ds/sles216/sles216.pdf](http://ti.com/lit/ds/sles216/sles216.pdf)