

## Oponentní posudek diplomové práce

Ústav:	Ústav radioelektroniky	Akademický rok: 2012/13
Student(ka):	<b>Bc. Jiří Konečný</b>	
Studijní program:	Elektrotechnika, elektronika, komunikační a řídicí technika (N2643)	
Studijní obor:	Elektronika a sdělovací technika (2612T018)	
Vedoucí diplomové práce:	<b>prof. Ing. Lubomír Brančík, CSc.</b>	
Oponent diplomové práce:	<b>Ing. Petr Papica</b>	

### Název diplomové práce:

Návrh stereo audio koncového zesilovače spínané třídy

### Celkové hodnocení diplomové práce

Předloženou diplomovou práci doporučuji k obhajobě.  
**Celkový počet bodů: 62**

#### Slovní hodnocení:

Úkolem diplomanta bylo nastudování publikovaných koncepcí audio výkonových zesilovačů spínaných tříd, provést rešerši dostupných řešení realizovatelných pomocí integrovaných obvodů. Dále se měl diplomant zabírat návrhem a realizací audio výkonového zesilovače spínané třídy včetně korekčního zesilovače a napájecí jednotky. Nicméně v pokynech k vypracování práce je uvedeno, že konstrukce audio výkonového zesilovače má být dle předepsaných parametrů, které však v zadání práce ani v pokynech k vypracování nejsou uvedeny.

V úvodu práce lze ocenit dobré porovnání jednotlivých tříd audio výkonových zesilovačů spínané koncepce. Této práci chybí detailnější rozbor zesilovače ve třídě D, který by ukázal vliv jednotlivých parametrů zvolených komponent (případně i parazitních efektů) v koncovém stupni zesilovače třídy D na jeho očekávané vlastnosti. Zajímavé je srovnání jednotlivých modulací v kapitolách 2.2.1 a 2.2.2, kde diplomant vlastně porovnává základní vlastnosti bipolární a unipolární pulsní šířkové modulace. V tomto porovnání však chybí jakákoliv kvantifikace. Například teoretické porovnání možných účinností, velikosti efektivních hodnot napětí a jejich vliv na další ztráty ve filtru atd. V kapitole 2.2.3 mohl diplomant více rozvést poznatky o filtraci šumu v sigma delta modulátorech a jeho výhodách.

V další části práce se diplomant zabírá rešerší vhodných typů integrovaných obvodů pro audio zesilovače ve třídě D. Tento přehled řešení od jednotlivých výrobců integrovaných obvodů je velmi pěkný. Následující část práce popisuje návrh zapojení koncového audio zesilovače ve třídě D bez využití integrovaného řešení. Diplomant správně zvolil koncepci s využitím unipolární pulsní šířkové modulace, navrhnul obvodové zapojení koncového zesilovače a toto zapojení odsimuloval v prostředí PSpice. Již v návrhu koncepce řízení koncového stupně v topologii plného mostu se objevuje zásadní chyba. Horní a spodní tranzistory ve větvi nejsou řízeny signály navzájem invertovanými z jednoho signálu ale ze dvou signálů ze dvou nezávislých komparátorů. Tato chyba má vliv na nekontrolovaný mrtvý čas mezi spínáním tranzistorů ve větvi a může docházet také k tzv. prohořívání větve, tj. současnému nechtěnému sepnutí horního a spodního tranzistoru se všemi neblahými následky zkratových proudů. Zvolená koncepce je silně náchylná na přesnost, rychlost a offset použitých komparátorů a o to víc na návrh plošného spoje zvolené konstrukce. Již v této části

měla být práce dostatečně konzultována s vedoucím práce či jiným odborníkem, aby se tato koncepční chyba nešířila prací dále.

Kapitola 4.2 popisuje klasické řešení generátoru referenčního trojúhelníkovitého signálu pro pulsně šířkový modulátor.

Kapitola 5. popisuje řešení napájecích zdrojů. Hlavní zdroj pracuje ve spínacím režimu, který využívá klasické řešení řízení pomocí integrovaného obvodu UC3842. Tímto je dána i topologie výkonové části tohoto napájecího zdroje, která je typu blokující měnič. Pro zvolený výkon zdroje 100 W tato topologie naprosto vyhovuje. Autor zde použil pro základní návrh ručních výpočtů a z návrhu plošného spoje je zřejmé, že se snažil optimalizovat nežádoucí parazitní parametry spojů. Nepoužil však sekundární regulaci výstupního napětí, ale jen primární, která je sice levnější, ale tato konstrukce by si zasloužila asi o 15 Kč dražší regulaci napětí na sekundární straně zdroje, která by umožňovala dosažení lepšího průběhu zatěžovací charakteristiky zdroje.

V poslední části diplomové práce se diplomant věnuje především ožívování konstrukce a odstraňování nalezených problémů. Tato část práce je poměrně zevrubná a dobře popisuje problémy spojené s ožívováním konstrukcí v oblasti výkonové elektroniky. Koncový stupeň zesilovače se nepodařilo oživit ke spokojenosti autora práce a moduly ochrany nestihl autor oživit vůbec. Pěkně je popsáno oživení spínaného zdroje, který je také základně proměřen. Důkladný návrh a proměření zdroje pro zesilovač třídy D je totiž tématem na samostatnou diplomovou práci.

Vnější úprava práce je dobrá. V práci se vyskytují gramatické chyby zejména v koncovkách přísudků ve shodě s podmětem. Grafická úprava a čitelnost schémat v práci je nedostatečná. Čtenář práce musí luštit označení součástek přes vodiče a symboly. Písemná zpráva je zpracována v logickém sledu, rozsahy jednotlivých kapitol odpovídají důležitosti. Práce obsahuje veškeré náležitosti včetně seznamu použité literatury s uvedením všech důležitých pramenů. Perličkou je zajímavý pojem feristor (na straně 21 dole), který dokonce používá i některá odborná literatura v českém jazyce.

Výsledkem práce je realizovaný a téměř nefunkční vzorek audio zesilovače, který je autorem práce hodnocen jako nepoužitelný. Diplomant prokázal schopnost samostatného přístupu k řešení problému, přestože se v práci vyskytlo několik zásadních koncepčních chyb. Dobře vypadají návrhy plošných spojů. Práci chybí důkladnější teoretický rozbor zesilovače ve třídě D a vlivy jeho zátěže. Práci dále chybí návrh a konstrukce zadaného korekčního zesilovače. Pro vytknuté nedostatky diplomant částečně splnil zadání práce. Po zodpovědném zvážení všech kladů i záporů navrhuji hodnotit tuto práci 62 body.

#### **Otázky k obhajobě:**

Diplomant ve své práci, na straně 32, ve stati pojednávající o simulaci výkonového zesilovače, uvádí: „*Problém byl vyřešen přidáním zmíněných zesilovačů ze součástek Q19, Q20 a R27, R28, které tvoří dostatečně tvrdý zdroj, jehož napětí se mění jen minimálně při rychlých změnách potenciálů v můstku.*“ Vysvětlete prosím, jak tvoří Q19 s R27 či Q20 s R28 dostatečně tvrdý zdroj, jehož napětí se mění jen minimálně.

Vysvětlete prosím princip činnosti buzení tranzistoru řízeného elektrickým polem typu MOS (dále MOSFET) dle obrázku 10 s uvedením průběhů napětí na vstupu budiče, elektrodě G MOSFETu, elektrodě D MOSFETu a průběhu proudu elektrodami G a D. Jaký je vliv  $C_{gd}$ ?