IN-CAR AUDIOSYSTEM

Radovan Žaludek

SŠPHZ-UH

E-mail : Radovan.Zaludek@gmail.com

Abstract: The project objective is to make a complete 12V DC audiosystem which enables to use it in a car. Printed circuit boards for various components of the system were made thanks to the knowledge acquired while learning the subject of electronics at school and extended by some more information obtained in the branch of Acoustics and Audio technology. The boards were designed using the software LSD2000 and made in a special laboratory of the Secondary Technical, Hotel and Health school in Uherské Hradiště.

1. ÚVOD

Tento projekt vznikl za účelem ověření si získaných teoretických informací a praktických zkušeností během čtyřletého maturitního studia oboru Elektrotechnika na Střední škole průmyslové, hotelové a zdravotnické v Uh. Hradišti.

Práce se zabývá návrhem a výrobou audiosystému s typovým označením 4.1 pro ozvučení osobního automobilu.

Ve svém projektu jsem kladl požadavky především na kvalitu výstupního signálu. Z tohoto důvodu jsem vhodně rozděloval zatížení jednotlivých reproduktorů reproduktorové soustavy. Zesilovaný signál je upraven na aktivní výhybce s možností regulace dělicího kmitočtu a zisku pro subwoofer. Upravený signál R (pravý) a signál L (levý) je veden na zesilovače 20 W. Signál SUB pro basový reproduktor je veden na zesilovač 55 W. Výstupy, určené pro jednotlivé reproduktory, jsou vyřešeny jako výstupní konektory na boku dubové skříně audiosystému.

2. ROZBOR

Celý navržený audiosystém je rozdělen do tří funkčních částí. První část zajišťuje napájení celého systému. Druhá část – signálová, zajišťuje úpravu vstupního signálu pro výstupní zařízení. Třetí část tvoří doplňkové zařízení audiosystému.

V sestaveném audiosystému je přivedený vstupní signál na výhybce nejprve rozdělen podle kmitočtu a přiveden na jednotlivé koncové zesilovače, kde dojde k požadovanému zesílení. Výstupy zesilovačů jsou vyvedeny na výstupní konektory audiosystému.

K napájení všech částí systému, především koncových zesilovačů je nutný tvrdý zdroj. Audiosystém se bude používat v automobilu a autobaterie je velmi vhodný tvrdý zdroj.

Aktivní výhybka je filtr typu BESSEL. Tento filtr má možnost nastavení dělícího kmitočtu v rozsahu 80 Hz - 120 Hz - 180 Hz s poklesem na dělícím kmitočtu o -4 dB. Strmost filtru je -18 dB/okt. Možnost regulace zisku kanálu pro subwoofer v rozsahu -6 dB až +9 dB (vždy o +3 dB). Zisk kanálů pro satelity je 0 dB. Odstup mezi signálem a šumem je 90 dB.

Pro středové reproduktory jsem použil NF výkonové můstkové zesilovače o maximálním výkonu 20 W s integrovanými obvody TDA2005. Moduly je možno napájet nesymetrickým napětím v rozsahu 8 – 18 V, což je vhodné pro instalaci do automobilu.

K buzení subwooferu jsem sestavil zesilovač s integrovaným obvodem TDA1562Q, který poskytuje při zátěži 4 Ω výkon špičkově až 70 W, trvale pak 55 W při velmi malém zkreslení 0,5 %.

3. POPIS KOMPONENT

3.1. VÝHYBKA

Vstupní signál přivedený na výhybku je rozdělen podle požadovaného kmitočtu na RC členech, tvořících horní propust s mezním kmitočtem 180 Hz. Upravený signál je rozdělen na kanály levý (L), pravý (P) a kanál pro subwoofer (SUB). Signál pro subwoofer je tvořen součtem signálu L a P. Signál je upravený na RC členech tvořících dolní propust, tj. 0 až 180 Hz.

Výhybka je osazena čtyřmi obvody NE552AP. V každém z obvodů jsou integrovány dva operační zesilovače s velmi nízkou úrovní šumu, díky tomu je výstupní signál kvalitní. Filtry typu BESSEL se vyznačují konstantním skupinovým zpožděním upravovaného signálu.

3.2. KONCOVÉ STUPNĚ 20 W

Zesilovač je můstkového provedení a díky tomu pro dosažení vysokého výkonu můžeme mít zesilovač malých rozměrů. Vstupní signál je přiváděn přes odporový dělič, který zajišťuje vhodný vstupní odpor a citlivost. Keramický kondenzátor odstraňuje vysoké kmitočty, které stejně nejsou slyšet a zbytečně zatěžují zesilovač a reproduktor. Vstupní citlivost těchto zesilovačů je při zátěži 4 Ω pouze 30 mV a klidový odběr proudu 65 mA. Na výstupech jsou Boucherotovy členy, které zabraňují rozkmitu zesilovače při vysokých kmitočtech a zvyšují jeho stabilitu. Frekvenční rozsah je od 20 Hz do 20 kHz. Maximální odběr jednoho zesilovače je max. 2 A. Maximální proudový odběr všech 4 zesilovačů je tedy 8 A.

3.3. PŘEDZESILOVAČ

Signál z výhybky je nutné zesílit, aby bylo dostatečné buzení koncového stupně s integrovaným obvodem TDA1562Q. Obvod předzesilovače jsem realizoval pomocí operačního zesilovače. Zvolil jsem obvod TL072, protože má velmi nízkou úroveň šumu. Jelikož napájení je nesymetrické, je nutné vytvořit umělý střed napětí pro zajištění lepších vlastností a stability.

3.4. KONCOVÝ STUPEŇ 55 W

K buzení subwooferu jsem sestavil zesilovač s integrovaným obvodem TDA1562Q, který poskytuje při zátěži 4 Ω výkon špičkově až 70 W, trvale pak výkon 55 W.

Do výkonu 18 W pracuje koncový stupeň, jako standardní můstkový zesilovač ve třídě B. Při zvětšení výkonu nad 18 W se připojí napětí ze dvou pomocných kondenzátorů o kapacitě 4700 µF. Tyto kondenzátory jsou připojeny na dva vnitřní měniče a zesilovač pracuje ve třídě H. Jeden měnič připojuje napětí +12 V ke kladnému napájecímu pólu a druhý kondenzátor s měničem se připojuje k zápornému napájecímu pólu. Zesilovač je nyní napájen napětím ±18 V. Při tomto napájení je standardní výkon 55 W, při velmi malém zkreslení 0,5 %. Špičkový výkon dosahuje až 70 W při zkreslení až 10 %.

Při teplotě pouzdra větší než 120 °C se odpojí vnitřní měniče a zesilovač přejde do standardního provozu třídy B s maximálním výkonem do 18 W. Pokud teplota pouzdra překročí 145 °C, zesilovač se úplně odpojí. Tento stav by však neměl nastat, protože pouzdro je upevněno na velký chladič s ventilátorem, který je regulovaný podle teploty pasivního chladiče. Zesilovač má i velmi účinnou ochranu proti zkratu výstupu proti zemi i proti kladnému napájení a samozřejmě i proti zkratu výstupů navzájem. Po odstranění zkratu se zesilovač za 20 ms znovu uvede do provozu. Klidový odběr je díky přepínání do výkonové třídy B minimální. Při plném vybuzení zesilovače může velikost protékajícího proudu dosáhnout hodnoty až 6 A.

3.5. REGULÁTORY OTÁČEK VENTILÁTORŮ

Je zbytečné, aby po celou dobu zapojení pracovaly ventilátory na plný výkon, proto jsem se rozhodl pro regulaci otáček podle teploty pasivních chladičů. Inspiroval jsem se na webu jednoduchým regulátorem využívajícím pulzní šířkovou modulaci (PWM).

Základem je integrovaný obvod NE555, který je zapojen jako oscilátor s řízením střídy. Po připojení napájecího napětí se obvod rozkmitá na frekvenci asi 330 Hz, tato frekvence se nemění. Pokud je termistor studený, má maximální odpor (10 kΩ), na výstupním pinu č. 3 je obdélníkový průběh s velmi úzkými jehličkami a ventilátor se drží při minimálních otáčkách. Při zahřívání termistoru, jeho odpor klesá a mění se střída (zvětšuje se poměr 1 ku 0). Při nejnižším odporu termistoru (nejvyšší teplotě chladiče) se ventilátory točí téměř naplno. Obvod generuje nejvyšší možnou frekvenci, tj. asi 600 Hz. Tranzistor pracuje v pulzním režimu a téměř se nezahřívá.

Na desce jsou 2 totožné regulátory pro 2 ventilátory pracující nezávisle na sobě. Negativní termistory NTC 10 kΩ, byly připevněny pomocí konektorů na LED ze starého PC a dvousložkového epoxidového lepidla přímo na pasivní chladič. Jeden regulátor a ventilátor zajišťují chlazení poloviny chladiče pro koncový stupeň 55 W a druhý pro zbylé 4 koncové stupně 20 W.

4. ZÁVĚR

Navržený a zhotovený systém je kompletní. Provedl jsem u něj zkoušky a je plně funkční. Audiosystém je umístěn ve skříni z masivního dubu s tloušťkou stěny 20 mm. Požadavky na skříň byly takové, aby dosahovala rozměru na délku 300 mm a vnitřního rozměru z přímého pohledu 160 mm x 80 mm. Použitý pasivní chladič má délku 160 mm a výšku 65 mm. Rezerva 15 mm byla vymezena pro možnost uchycení chladiče ke skříni. Skříň je povrchově upravena bezbarvým lakem a tím vynikne struktura dřeva a vzhled je tak kompaktní.

Obvody s 20 W zesilovači jsou připevněny k chladiči pomocí šroubů (16 x 3 mm) a matek, které jsou zasunuty mezi žebra chladiče. Pro dokonalý převod tepla na chladič jsou nerovnosti mezi pouzdry a chladičem vymezeny teplovodivou pastou. Svorka GND (zem) těchto obvodů je spojena s chladičem.

Koncový stupeň 55 W je připevněn pomocí šroubů na chladič a mezera mezi pouzdrem je vymezena silikonovou teplovodivou izolační podložkou a teplovodivou pastou. Tento obvod má opačnou bázi oproti zesilovačům pro satelity, z tohoto důvodu musela být pro odizolování použita silikonová podložka.

Nutno je také se zmínit, že svorka – (mínus) a GNG (zem) jsou v celém systému propojeny. Svorka – (mínus) je v instalaci v automobilu přivedena na kostru.

REFERENCE

[1] Maťátko, J.: Elektronika, Praha, IDEA SERVIS 2008, ISBN 978-80-85970-64-7

[2] GM Elektronic: Datasheety součástek. Internet 2010