



Středoškolská technika 2018

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Přenosný bluetooth reproduktor

Vít Morávek

Integrovaná střední škola Nová Paka,
Kumburská 846, 509 31 Nová Paka

Autor práce:	Vít Morávek
Obor studia:	26-41-L/01 Mechanik elektrotechnik
Třída:	R3
Školní rok:	2017/2018
Konzultant pro teoretickou část:	Ing. Bc. Anatolij Sokolan
Konzultant pro praktickou část:	Vojtěch Honců

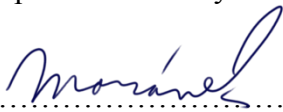
Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou ročníkovou práci vypracoval(a) samostatně a použil(a) jsem pouze uvedené podklady a literaturu.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze ročníkové práce jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Košťálově dne 8. 5. 2018

podpis.....

Poděkování

Děkuji mému otci Janu Morávkovi za nápady a tipy na zlepšení, které mi při zpracovávání mé práce poskytoval.

Děkuji mému dědovi a strýci Karlu Skalskému a Milanu Skalskému za odbornou pomoc při výrobě krabičky.

Anotace

Ročníková práce popisuje postup při návrhu a výrobě přenosného bluetooth reproduktoru, vysvětluje funkčnost jednotlivých použitých součástí, odůvodňuje jejich použití a ukazuje výpočty pro správnou volbu součástí. Zaobírá se návrhem plošného spoje a následným osazením součástkami, vysvětluje, jaké chyby byly při návrhu udělány a jak se jich vyvarovat. Na závěr zhodnocuje funkčnost, ukazuje chyby a posuzuje použitelnost zhotoveného výrobku.

Annotation

This seminar paper describes the procedure of design and making of the portable bluetooth speaker, explains the functionality of each used component, explains why they are used and shows the calculations for the right choice of components. Deals with printed circuit board design and subsequent electronic component installation, explains which errors in the design were made and shows how to avoid them. In conclusion evaluates functionality, shows errors and takes a look at usability of the final product.

Obsah

1. Úvod	4
2. Teoretická část	4
2.1 Výběr součástek.....	4
2.2 Návrh schématu a PCB.....	4
2.3 Zprovoznění výrobku.....	6
3. Závěr.....	6
4. Seznam použité literatury.....	6
5. Přílohy.....	6
5.1 Foto přední části PCB.....	7
5.2 Foto zadní části PCB.....	7
5.3 Obrázek schématu.....	8
5.4 Obrázek návrhu PCB.....	8

1. Úvod

Asi jako většina lidí mám rád hudbu, a proto bych rád vytvořil funkční přenosný bluetooth reproduktor o rozumně malých rozměrech, který bude mít jednoduché ovládání a bude schopný ozvučit malou místnost a zároveň nebude složitý na výrobu a bude mít vysokou účinnost.

2. Teoretická část

2.1 Výběr součástek

Nejdůležitější, ale zároveň nejtěžší částí práce byl výběr vhodných elektronických součástek, kterých je na trhu mnoho, což trochu ztěžuje výběr vhodných součástek. Nejprve jsem potřeboval nějaký vhodný digitální zesilovač s výkonem okolo 5W na kanál, a jelikož takových zesilovačů není mnoho, rozhodl jsem se nakonec pro levný digitální zesilovač PAM8406, který při napájení 5V a 2Ω zátěži dokáže dodat 5W do jednoho kanálu a 5W do druhého, jeho účinnost při zátěži 2Ω je 80 %, při 4Ω je 85 % a při 8Ω je 90 %, a to je ten důvod, proč jsem zvolil právě digitální zesilovač, neboť dokáže pracovat také v módu A/B. Bohužel nic není ideální, a tak při výstupním výkonu 4W má zesilovač 1% zkreslení zesilovaného signálu a při 5W dokonce 10%. PAM8406 má také mnoho ochran jako např. ochranu proti přehřátí, proti zkratu na výstupech a také proti přebuzení.

Digitální zesilovače fungují tak, že vstupní sinusový signál pomocí modulátoru převedou na obdelníkový signál o frekvencích v řádech stovek kHz, ten se pomocí unipolárních tranzistorů zesílí a následně vyfiltruje zpět na sinusový signál, ten ale není úplně dokonalý, a tak vzniká zkreslení zesilovače. Díky tomu, že digitální zesilovače zesilují obdelníkové signály o vysokých frekvencích, nedochází k tak velkým ztrátám jako u lineárních zesilovačů.

Pro napájení celého obvodu jsem si vybral li-ion akumulátory z důvodu velmi vysoké hustoty uchovávané energie. Z napětí akumulátorů, což je cca 3,3V až 4,2V (při plném nabití) potřebuji získat stabilních 5V, a tak budu potřebovat nějaký napěťový regulátor. Nejdříve jsem hledal step-up napěťový regulátor, abych mohl mít li-ion akumulátory zapojené paralelně a zjednodušil bych si tak jejich nabíjení, ale z důvodu, že se mi nepodařilo najít žádný vhodný step-up regulátor, který by dokázal dodat 3A při 5V, rozhodl jsem se nakonec zapojit akumulátory do série a použít spínaný step-down regulátor LT1529, který dokáže dodat 3A při 5V a navíc má jednoduché zapojení a má ochrany proti přepólování baterií, proti přehřátí a také proti zkratu na výstupu.

Spínané step-down regulátory fungují tak, že spíná vstupní napětí v závislosti na napětí na výstupu a aby na výstupu nebylo tepavé napětí, musí se vyfiltrovat pomocí kondenzátoru. Dále budeme potřebovat zdroj zvuku, použiji už hotový předprogramovaný bluetooth modul, a protože je na čínském trhu mnoho takovýchto modulů, rozhodl jsem se pro modul s novější verzí bluetooth 4.1. Tento bluetooth modul F6888 má mnoho funkcí jako např. příjem FM rádiového signálu, přehrávání souborů z SD karty, nebo z USB zařízení, já ho ale využiji jen pro příjem zvuku přes bluetooth.

2.2 Návrh schématu a PCB

Nyní potřebujeme všechny elektronické součástky pospojovat dohromady, aby nám utvořily kompletní funkční obvod, vybral jsem si program EAGLE, protože v něm se učíme již od prvního ročníku ve škole. tak si dovolím říci, že už v něm dokážu bez problémů pracovat. Začneme s návrhem napájecí části, přidáme si do schématu součástku LT1529 a vstupní „pady“, na které poté zapájíme vodiče k akumulátorům. Vše pospojujeme, jak je uvedeno v originálním datasheetu k LT1529 a můžeme také využít vstup na vypnutí při vybití

baterie, že mezi kladné napájení z baterie a záporné zapojíme potenciometr či trimr a jeho jezdec připojíme na vstup (SHDN), bylo by dobré mezi jezdec a záporný pól baterie umístit i kondenzátor proti rozkmitání obvodu, na ten jsem ale bohužel při návrhu zapomněl.

Když už máme napájecí část vyřešenou, přidáme si do schématu zesilovač PAM8406, je možné, že v originálních knihovnách Eaglu ho nenajdeme a tak si budeme muset najít a nainstalovat knihovnu, která obsahuje PAM8406. Dále si do schématu vložíme také všechny potřebné kondenzátory a rezistory, které nesmí být uhlíkové, protože by nám do signálu zanášely šum. Poté, až budeme mít všechny součástky ve schématu, je zapojíme podle originálního datasheetu k PAM8406, ale přidáme kondenzátory mezi napájení levého kanálu zesilovače a zem a také přidáme kondenzátory mezi napájení pravého kanálu a zem, abychom zajistili, že výstupní signál nebude „cvakat“ z toho důvodu, že napěťový regulátor nedokáže dodat tolik energie, kolik si zesilovač vezme, např. při zesilování nějakého velkého signálu. Na vstup zesilovače připojíme rezistor R_i jehož hodnotu si vypočítáme pomocí vzorce:

$$A_{vd} = 20 \cdot \log([2 \cdot (R_f/R_i)])$$
$$A_{vd}$$
 je zisk a maximální zisk zesilovače může být 24dB, $R_f=142k\Omega$ je vnitřní vstupní odpor zesilovače, R_i je potřebný vstupní rezistor).

Před vstupní rezistor předřadíme vhodný kondenzátor C_i , jehož hodnotu si zase vypočítáme pomocí vzorce: $f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_i \cdot C_i}$ (f_c je minimální přenášená frekvence).

Poté, co budeme mít zapojené všechny piny zesilovače, nám zbývá zapojit poslední součástku, a to bluetooth modul, jelikož v originálních knihovnách EAGLU asi nenajdeme tuto součástku, budeme si zase muset najít knihovnu, která ji obsahuje a nainstalovat si ji. Když budeme mít modul vložený ve schématu zapojíme mu napájení a jeho zvukové výstupy zapojíme ke vstupům zesilovače za rezistor a kondenzátor. Tímto návrh schématu končí, ale nesmíme zapomenout popsat si všechny součástky, aby se nám nepletly a můžeme přepnout na vytváření PCB.

Navrhování PCB je v programu EAGLE naprosto jednoduché, naskládáme si všechny součástky na vrstvu TOP nebo BOTTOM, ale musíme dávat pozor, abychom jsme dokázali propojit všechny cesty, a poté máme dvě možnosti, buď použijeme autorouter a ten vytvoří všechny cesty za nás, nebo si jednotlivé součástky pospojujeme sami.

Já jsem zvolil možnost manuálního pospojování, protože jsem toho názoru, že u takto jednoduchých obvodů by autorouter nadělal více škody než užítku, poté už si nastavíme jen tloušťku cest a propojíme všechny body tak, jak nám EAGLE ukazuje, na napájecí části obvodu můžeme použít i širší cesty, abychom jsme zajistili co nejmenší odpor cest. Jakmile budeme mít celý obvod hotový a zkontrolovaný pomocí dobře nastaveného DRC (Design rule check), už nezbývá nic jiného než návrh PCB vyexportovat do formátu, který podporuje program na ovládání frézky, na které budeme PCB frézovat. Vyexportovaný soubor otevřeme v programu pro ovládání frézky a zkontrolujeme, jestli frézka vyfrézuje všechny cesty správně, v případě, že ne, cesty frézování manuálně opravíme, poté na frézovací plochu nalepíme vhodně velký kus PCB, zkontrolujeme, jestli PCB všude dosedá, jestli není např. odlepený nějaký roh a pokud ne, můžeme spustit frézování. Po vyfrézování pohledem zkontrolujeme, jestli jsou vyfrézovány všechny cesty a poté opatrně ostrým předmětem odloupneme vyhotovené PCB, ale musíme dávat pozor, abychom jsme ho nezlomili. Vyvrtáme všechny díry pro nožičky součástek a celé PCB přetřeme kalafunovým lakem a necháme zaschnout. Po zaschnutí laku můžeme začít pájet součástky, u integrovaných obvodů necháváme při pájení jednotlivých nožiček časovou prodlevu, abychom jsme integrovaný obvod nepoškodili teplem. Po zapájení všech součástek opláchneme celé PCB lihem, nebo isopropylalkoholem a po zaschnutí natřeme zase kalafunovým nebo bezbarvým lakem a máme obvod hotový.

2.3 Zprovoznění výrobku

Před zkoušením obvodu proměříme multimetrem, jestli někde nemáme zkratky a jestli nemáme propojené cesty, které nechceme. Jestliže jsme si jisti, že ne, můžeme zkusit připojit reproduktory a zdroj napájení. V případě, že se z reproduktorů ozve „Bluetooth mode“, už se k obvodu stačí jen přes bluetooth připojit a zkusit pustit nějakou hudbu. Jestliže je obvod plně funkční, nezbyvá nic jiného než ho usadit do libovolné krabičky, připojit k obvodu li-ion články a vhodné reproduktory.

3. Závěr

S výsledkem práce nejsem spokojený, nepodařilo se mi zajistit nabíjení li-ion článků, protože jsem nenalezl žádný integrovaný obvod na nabíjení článků v sérii, a tak je přenosný reproduktor nepoužitelný na každodenní užití, jelikož by se po každém vybití článků musela rozdělat celá krabička. Určitě se v budoucnu budu snažit celý projekt dodělat a napravit všechny chyby, které jsem na mém výrobku našel.

4. Seznam použité literatury

Datasheet LT1529 [cit. 2018-5-10]

<http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/1529fb.pdf>

Datasheet PAM8406 [cit. 2018-5-10]

<https://www.mouser.com/ds/2/115/PAM8406-247303.pdf>

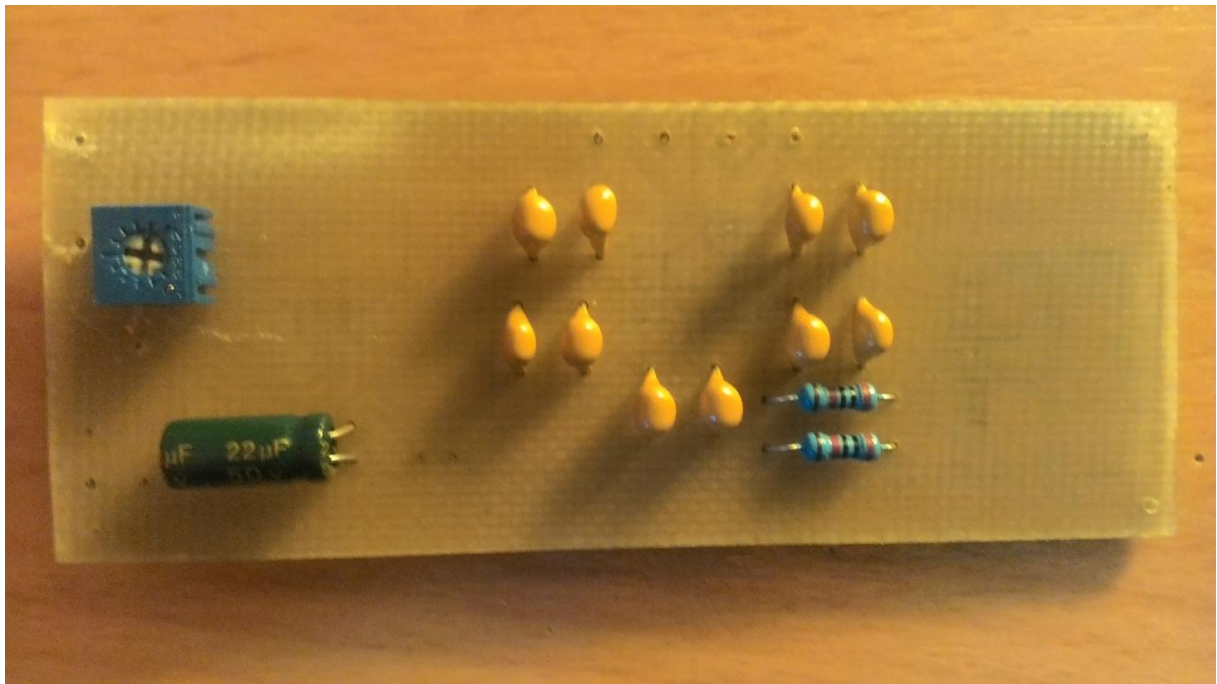
Datasheet F-6888 [cit. 2018-5-10]

<https://fccid.io/ANATEL/05488-16-10118/MANUAL/14010561-F566-4E25-8A60-2530DCDA059A/PDF>

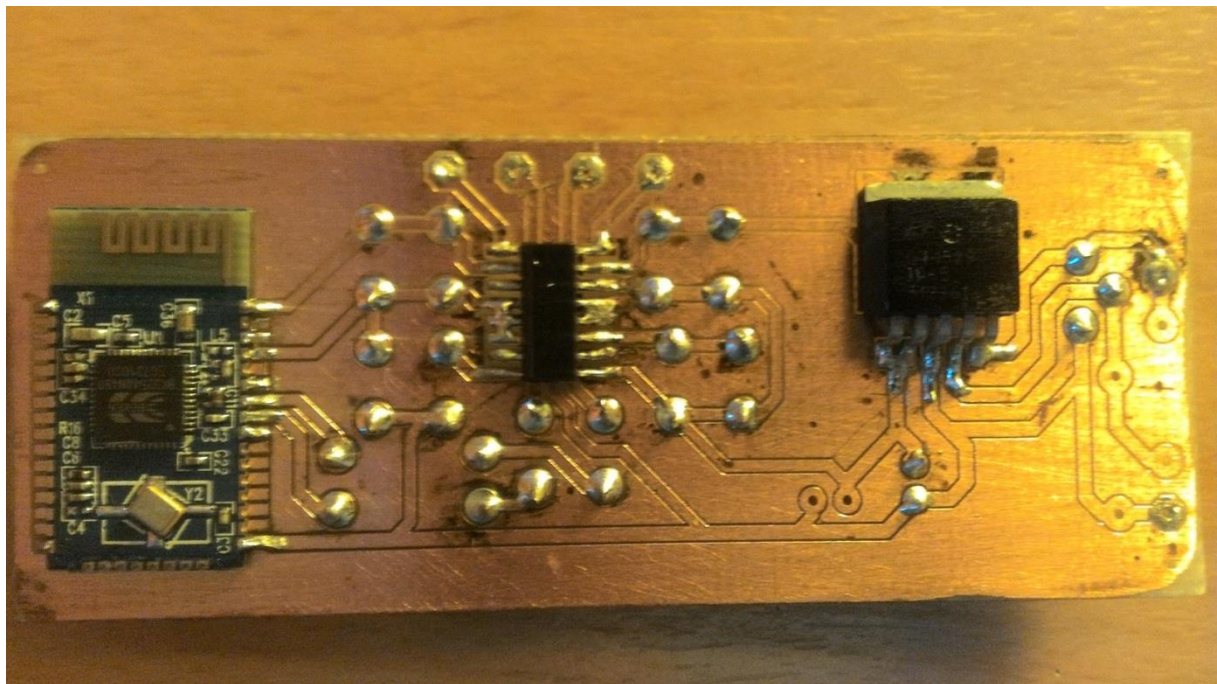
5. Přílohy

- 5.1 Foto přední části PCB
- 5.2 Foto zadní části PCB
- 5.3 Obrázek schématu
- 5.4 Obrázek návrhu PCB

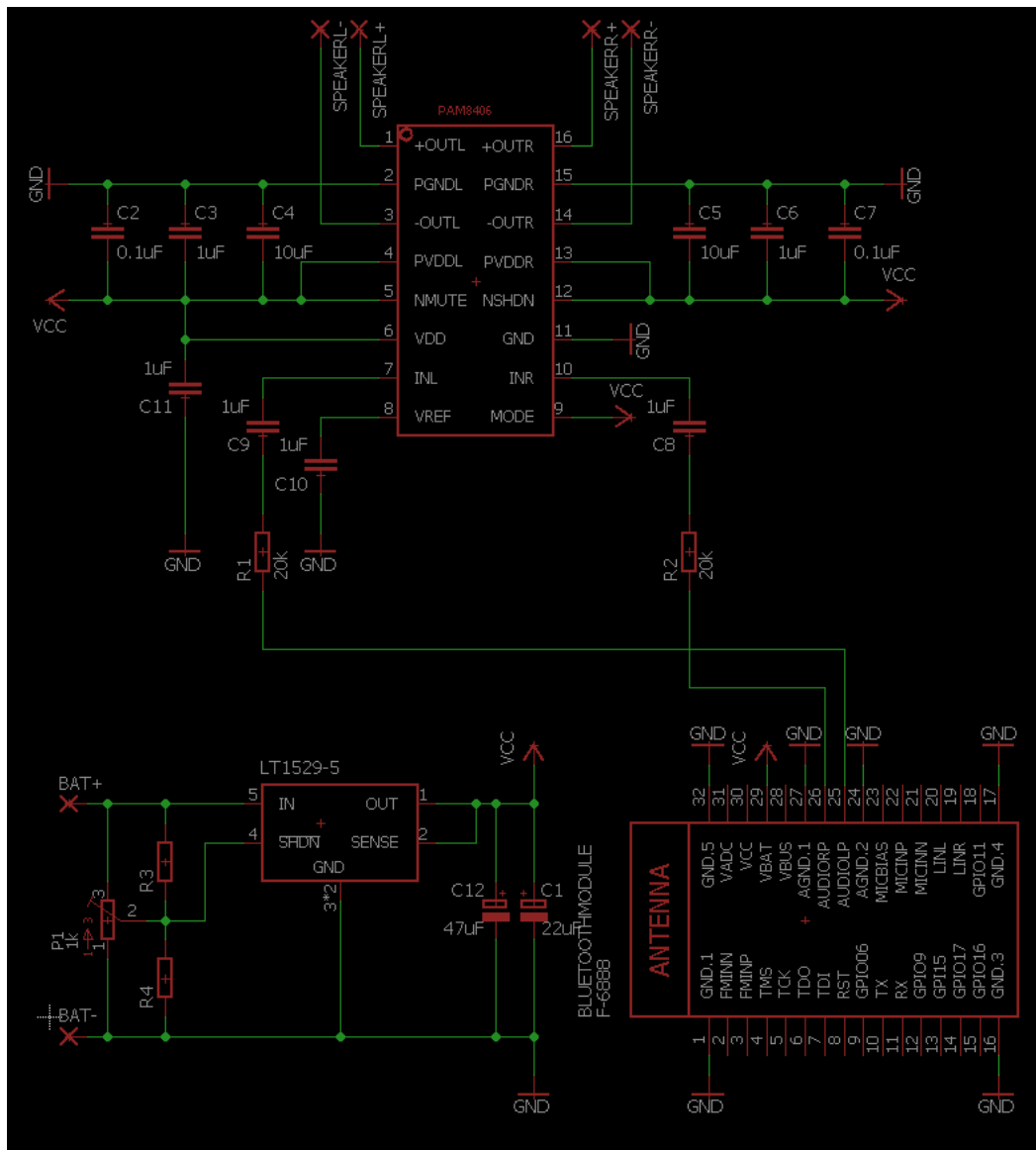
5.1 Foto přední části PCB



5.2 Foto zadní části PCB



5.3 Obrázek schématu



5.4 Obrázek návrhu PCB

