

Střední průmyslová škola elektrotechnická a Vyšší odborná škola,
Pardubice, Karla IV. 13

Střední průmyslová škola elektrotechnická

MATURITNÍ ZKOUŠKA

PRAKTICKÁ ZKOUŠKA Z ODBORNÝCH PŘEDMĚTŮ

PÍSEMNÁ PRÁCE

Aktivní subwoofer do auta



Obor: 26-43-M/004 Slaboproudá elektrotechnika

Třída: 4.A

Školní rok: 2005/2006

Zaměření: elektronická a sdělovací zařízení

Datum odevzdání: 31. března 2006

David Němec

Prohlášení autora

„Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil jsem literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.“

V Pardubicích, dne

.....
podpis

Obsah

1. Úvod	1
1.1 Zesilovač	1
1.2 Subwoofer	1
2. Blokové schéma	4
3. Popis Funkce	5
3.1 Zesilovač	5
3.2 Regulace otáček	7
3.3 Napájení	7
4. Elektronická schéma	9
4.1 Zesilovač	9
4.2 Regulace otáček pro větrák	9
5. Rozpis součástek	10
5.1 Zesilovač	10
5.2 Regulace	11
6. Parametry integrovaných obvodů	12
6.1 TDA1562Q	12
6.2 TL074	13
6.3 TL071	14
6.4 UA723CN	15
7. Předlohy plošných desek	16
7.1 Zesilovač	16
7.2 Regulace otáček	16
8. Osazovací výkresy	17
8.1 Zesilovač	17
8.2 Regulace otáček	17
9. Konstrukční provedení výrobku	18
9.1 Zesilovač	18
9.2 Reprobedna subwooferu	20
10. Nákresy mechanických částí	22
10.1 Zesilovač	22
10.2 Subwoofer	23
11. Rozpiska mechanických součástek	25
11.1 Zesilovač	25
11.2 Subwoofer	25
12. Závěr	26
13. Fotodokumentace	27
13.1 Subwoofer	27
13.2 Zesilovač	28
14. Seznam použité literatury a zdrojů informací	29

Anotace práce

Česky:

Aktivní subwoofer je používán jako doplněk ke stereofoním reprosoustavám v automobilu, které nehrají v kmitočtech pod 100 Hz. Použití subwooferu je jediné východisko k získání dobrých nízkých kmitočtů, neboť k získání basů potřebujeme mít velký reproduktor a bednu. Umístění takto veliké reprobedny je jediné možné do kufru auta nebo na zadní sedačky, protože prostor ve dveřích neskýtá moc místa. Použití zesilovače s výhybkou je nejlepší způsob připojení subwooferu. Jednak dodá reproduktoru větší výkon než běžná autorádia a je v něm výhybka, která odstraní vyšší kmitočty a zdůrazní basy.

Anglicky:

Active subwoofer is using like supplement to stereophonic loudspeaker system in car, that have uncontrolled vibrational number below 100 Hz. Using subwoofer is the only way out to obtaining good low frequency, because to obtaining bass we need have big loudspeaker and case. Placing this way large loudspeaker system is the only possible to the case automobiles or on tandem seat, because space in the doorway haven't much places. Using amplifier with points is the best way interface subwoofer. Partly add loudspeaker major achievement beyond standing order car radio and is in him points, which abstracting higher vibrational number and intensive contrabass.

TECHNICKÁ DOKUMENTACE

Pro Střední průmyslovou školu elektrotechnickou a Vyšší odbornou školu Pardubice

Vypracoval David Němec, třída 4.A, školní rok 2005-2006

Práce celkem obsahuje 35 listů, 35 obrázků

Použité názvy jednotlivých firem a jejich produktů mohou být registrovanými obchodními značkami svých oprávněných vlastníků

Tisk: březen 2006

Počet výtisků: 1

Střední průmyslová škola elektrotechnická a Vyšší odborná škola,
Pardubice, Karla IV. 13

Střední průmyslová škola elektrotechnická
PRAKTICKÁ ZKOUŠKA Z ODBORNÝCH PŘEDMĚTŮ
PÍSEMNÁ PRÁCE - ZADÁNÍ

Obor: 26-43-M/004 Slaboproudá elektrotechnika

Školní rok: 2005/2006

Jméno a příjmení žáka: David Němec

Třída: 4.A

Zaměření: elektronická a sdělovací zařízení

Název písemné práce: Zesilovač pro subwoofer do auta

Vedoucí písemné práce: Josef Čechlovský

Pracoviště vedoucího: Střední průmyslová škola elektrotechnická a Vyšší odborná škola,
Pardubice, Karla IV. 13

Zadání písemné práce

Navrhněte a sestrojte nízkofrekvenční zesilovač 50 W. Vstupní citlivost 100 mV, napájení 12 V, bude použito aktivně regulovatelné chlazení.

Součástí písemné práce bude:

- základní technická dokumentace elektrických a mechanických částí
- popis funkce
- předloha PS
- osazovací výkresy
- elektrická schémata
- elektrické a mechanické rozpisky
- mechanické výkresy
- naměřené hodnoty (bude-li to možné), grafy, metodika měření apod.
- vývojový diagram u SW a ověření funkčnosti SW
- označení výrobku jménem žáka, názvem práce, třídou a jménem učitele praxe
- CD s odevzdanou technickou dokumentací

Písemná práce bude provedena dle příslušné platné normy a odevzdána v jednom písemném vyhodnocení.

Zadání schváleno dne: 30. září 2005

Schválil: Ing. Miroslav Zapletal, ředitel školy

1. Úvod

1.1 Zesilovač

Jedná se o monofonní výkonový zesilovač třídy H. Napájecí napětí je 12-16V, výstupní výkon 55W trvale, 70W špičkově, špičkový odběr 8A, zatěžovací impedance 4ohmy, přeladění výhybky 40-200Hz. Výhybka je se strmostí 12dB/okt, což je do auta vyhovující, protože subwoofer se umísťuje často pod sedadlo nebo za zadní sedadla, kde jsou vyšší kmitočty účinně tlumeny.

Zesilovač na rozdíl od některých finálních výrobků dodá poctivý výkon 55 W minimálně. Mnoho zesilovačů má deklarováno výkony řádu stovek wattů, ale reálný výkon bývá menší než 20 W.

1.2 Subwoofer

Je známo, že u zvukových signálů pod 100 Hz není lidský sluch schopen rozpoznat směr odkud se zvuk šíří. Toho se využívá u reproduktorových soustav takzvaným subwooferem. Pro stereofoní poslech máme dvě relativně malé reprosoustavy záměrně vyrobené tak, aby vyzařovaly signál s kmitočty nad 100Hz. Signály nižších kmitočtů se z obou kanálů sloučí a přivedou do reprosoustavy takzvaného subwooferu, který je vyzáří. Subwoofer má zpravidla velký objem, řádově desítky litrů, je vyroben z dřevotřísky nebo překližky, může mít pro zvýraznění basů basreflex a je umístěn v kufru auta, kde je nejvíce místa.

Reproduktor

Jak vybrat správný reproduktor? Samozřejmě hlubokotónový neboli Woofer se spodním kmitočtem alespoň 35Hz. Samozřejmě platí, čím nižší frekvence tím lepší. Dále platí pravidlo čím širší membrána, tím lepší přenos basů. Je zapotřebí zvolit reproduktor, u kterého se uvádí alespoň nejdůležitější parametry jako například: F_s , R_e , Q_{ts} , V_{as} , X_{max} , impedance - nejlépe 4 Ohmy.

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	1

Ozvučnice

Ozvučnic máme celou řadu od otevřené přes uzavřenou po ozvučnici typu band - pass (pásmová propust). Nejvýhodnější z hlediska výpočtu je reprobedna typu Bassreflex, kdy platí:

$$EBP (Efficiency bandwidth Product) = f_s : Q_{es} [Hz]$$

Vyjde-li číslo menší než 50, hodí se reproduktor spíše do ozvučnice uzavřené, tudíž bez bassreflexu. Pokud však EBP je větší jak 50, pak použijeme ozvučnici typu basreflex.

Basreflex

Z údajů parametrů reproduktoru dále vypočítáme basreflex:

$$Q_{tsn} = Q_{ts} \cdot (R_{dc} + R_e) / R_{dc}$$

$$X = 0,75$$

$$Q_{tc} = Q_{tsn} \cdot 0,93 \cdot \sqrt{(V_{as} / V_b) + 1}$$

$$F_b = X \cdot 0,93 \cdot \sqrt{(V_{as} / V_b) + 1} \cdot F_s$$

$$X = 0,6$$

$$L = \frac{10 \cdot c^2 \cdot S}{4 \cdot \pi^2 \cdot F_b^2 \cdot V_b} - 0,5 \cdot \sqrt{\pi \cdot S}$$

U reproduktorů, u kterých vyjde činitel jakosti v ozvučnici Q_{tc} zřetelně menší než 0,7 (0,5 až 0,6), může se délka nátrubku zmenšit až asi o jednu třetinu a ve výpočtu se počítá s $X=0,6$. Pokud je Q_{tc} větší než 0,7 tak se počítá s $X=0,75$.

Basreflex jako takový může být umístěn prakticky kdekoli na reproduktorové soustavě. Poměr délky by měl být zhruba 1:2-4, pokud je délka nátrubku delší, tak se již uplatňuje vysoké tření vzduchu o stěny nátrubku, které má většinou za následek vyluzování různých pazvuků při vyšších výkonech reprosoustavy. Vnitřní vzdálenost nátrubku od zadní stěny boxu by měla být minimálně stejná jako průměr nátrubku, u obdélníkového jako kratší strana onoho nátrubku a u rovnostranného trojúhelníku jako délka kolmice od základny po nejvyšší bod trojúhelníku.

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	2

Objem subwooferu

Vnitřní objem se zapisuje v litrech a jeho hodnotu je nutno zvolit zkusmo, nebo dle zkušeností (výpočtů).

Vhodný objem pro reproduktory o průměru 17 cm bývá 10-20 l, pro průměr 20 cm je to 25-40 l, při průměru 25 cm je vhodný objem 40-70 l, pro 30 cm pak 60-90 l.

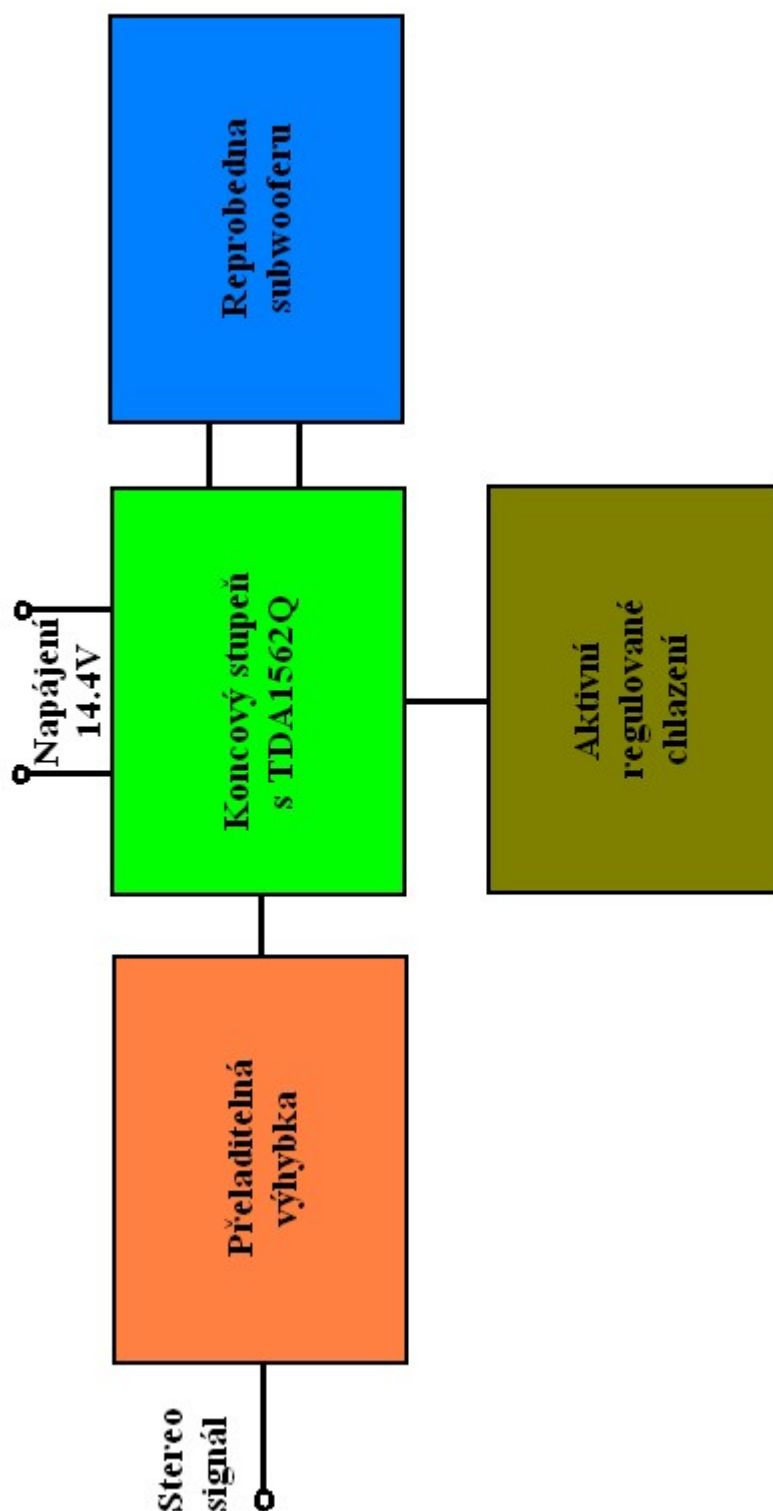
Použití materiálu na stavbu reprobedny

Doporučuje se tloušťka dřevotřísky 20-25mm. Může se použít překližka nebo sololit o stejné tloušťce. Profesionální bedny se lepí a kolíkují, ale je dobré použít každých 100 mm vruty do dřeva, které ještě lépe zpevní celou reprobednu.

Na povrchovou úpravu je dobré zvolit koberec na reprobedny. Opět se může sáhnout i po obyčejném tenkém koberci či plsti. Na pohlcení stojatého vlnění je dobré použít průzvučnou tkaninu alespoň a tloušťce 20 mm. Lze použít Vatelín ve více vrstvách nebo molitan, ovšem s menší účinností pohlcení stojatého vlnění.

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	3

2. Blokové schéma



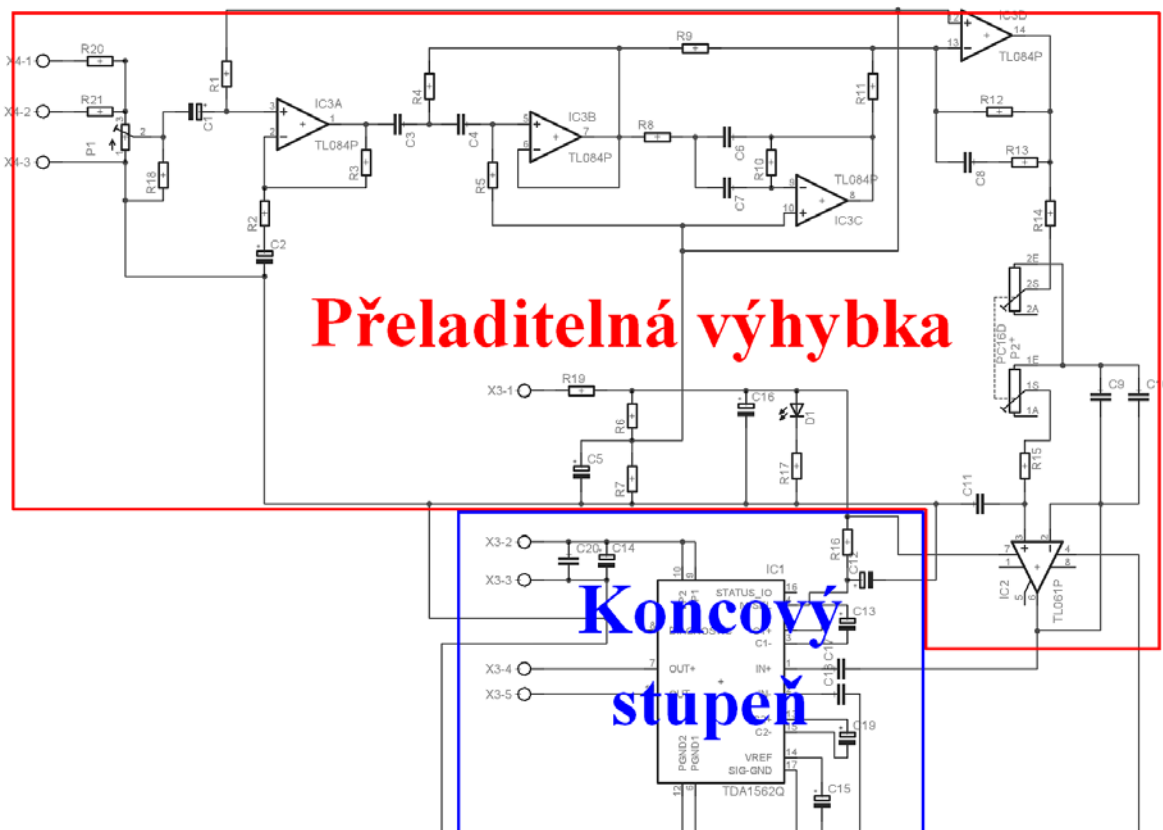
obr. 1 – blokové schéma zapojeného celého výrobku

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	4

3. Popis Funkce

3.1 Zesilovač

Skládá se ze dvou hlavních částí: Přeladitelné výhybky a koncového stupně.



obr. 2 – blokové schéma zesilovače

Výhybka:

Výhybka je 2. řádu - tj. se strmostí 12 dB /okt. Přeladitelnost výhybky se pohybuje od 40 - 200Hz. Vstupní signál je veden přes odpory R20 a R21 na potenciometr P1, který je pro nastavení vstupní úrovně. Vstupní signál je vhodné vést z obou kanálů - stereo. Odpor R18 zajistí logaritmický průběh potenciometru. Za potenciometrem následuje neinvertující zesilovač IC1/A, který kompenzuje zeslabení dalších částí filtru. Za zesilovačem je filtr typu horní propust s dolní frekvencí asi 20 Hz - IC1/B. Ten odfiltruje ze signálu kmitočty, které nejsou slyšet, a tím odlehčí zesilovači a reproduktoru. Obvod IC1/C je zapojen jako filtr typu pásmová propust s kmitočtem asi 40 Hz. Tato propust kompenzuje pokles citlivosti každého basového reproduktoru. Na vstupu obvodu IC1/D se pak signál z pásmové propusti přičítá k signálu z obvodu IC1/B. Obvod IC1/D je

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	5

zapojen jako invertující zesilovač. Ve zpětné vazbě jsou zapojeny součástky C8 a R13, které omezují přenos vyšších kmitočtů. Po úpravách signálu se vede signál na přeladitelný filtr typu dolní propust. Filtr se přeladuje dvojitým potenciometrem P2, který je součástí nastavitelného filtru 2. řádu se strmostí 12 dB/oktávu typu Linkwitz - Riley. Tento typ filtru je používán v audio zařízeních nejvyšší kvality. Jeho výbornou vlastností je dobrý fázový průběh.

Koncový stupeň:

Do výkonu 18 W pracuje zesilovač jako standardní můstkový zesilovač ve třídě B. Při zvětšení výkonu nad 18 W se připojí napětí z pomocných kondenzátorů C13 a C19, které jsou připojeny na dva vnitřní měniče a zesilovač pracuje ve třídě H. Jeden měnič přidává napětí +12 V ke kladnému napájecímu pólu a druhý kondenzátor s měničem se připojuje k zápornému napájecímu pólu. Teoreticky je zesilovač napájen napětím 36 V, tj. ± 18 V – samozřejmě je třeba ještě odečíst saturační napětí na tranzistorech měniče. 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, pak se zesilovač úplně odpojí. Zesilovač díky přepínání provozu může používat menší chladič než klasický zesilovač o stejném výkonu. 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.

Vstup M-SEL (X3-1) je použit pro vypínání zesilovače, pro jednodušší ovládání zesilovače bez nutnosti použít výkonového vypínače. Přivedením kladné úrovně na vstup M-SEL (X3-1) je zesilovač aktivní, toto napětí je možno připojit externím vypínačem nebo se připojí vstup X3-1 na externí ovládací výstup autorádia pro zapínání zesilovače. Při nulovém napětí na tomto vstupu přejde zesilovač do režimu Stand by, kdy má spotřebu max. 50 μ A (v reproduktoru ozve malé lupnutí, zesilovač je stále napájen z rozvodné sítě auta). Doba přechodu mezi oběma stavy je asi 50 ms. Součástky R16 a C12 však tuto dobu prodlužují.

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	6

Obvod má ještě výstup diagnostiky - DIAG, který v zapojení není použit. Tento výstup indikuje překročení zkreslení 10 % - což je vlastně také úroveň přebuzení. Pro běžný provoz není tento výstup nutný. Druhý zde nevyužitý je výstup STAT. Ten indikuje např. zkrat na výstupu a mód zesilovače - třída B nebo H.

Indikace zapnutí zesilovače je řešena pomocí led diody s odporem R17 zapojené do napájecí větve stand by (vstup X3-1). Výstupu ze zesilovače na reproduktor je označen X3-4 kladný pól a X3-5 záporný pól, výstup je dělán na 4 ohm basový reproduktor. Kladný stereo signál se přivádí na svorky X4-1 a X4-2, levá a pravá strana se můžou zaměnit protože výhybka oba signály slučuje. Na vstup X4-3 je připojuje zem stereo signálu.

3.2 Regulace otáček

V regulaci otáček pro aktivní chlazení je nejdůležitější integrovaný obvod $\mu A723CN$, který celou regulaci velice zjednodušil. V sobě má již zabudovaný zdroj referenčního napětí, rozdílový zesilovač a koncový stupeň. Kdysi se také vyráběl pod označením Tesla MAA723 (CN).

Regulátor je v provedení DIL, oproti kovovému pouzdru má větší ztrátový výkon. R2 má funkci proudové ochrany, protože maximální proud integrovaného obvodu je jenom 150mA. Snímač tepla R6 je v celoplastovém pouzdru a jeho odpor s teplotou klesá. Lze také použít snímač, který s teplotou roste, je však zapotřebí navzájem mezi sebou prohodit odpor R3 a R6. Trimr R5 je použit více otáčkový pro jemné ladění otáček větráku. Pro odlehčení regulátoru a zmenšením otáček větráku je použit odpor R1, paralelně připojený k regulátoru.

3.3 Napájení

Napájení celého zesilovače i regulace je provedeno z automobilové baterie nebo alternátoru v rozmezí napětím od 12 - 14.4V a a kladný pól se připojuje na vstup X3-2 a záporný pól na vstup X3-3. Výhoda tohoto napájení je v tom, že oba zdroje napětí jsou velice tvrdé zdroje a dodávají konstantní napětí při odběru proudu až 6A, který zesilovač při plném vybuzení potřebuje.

Při použití zesilovače mimo auto je zapotřebí zajistit dobrý zdroj především konstantního napětí nejméně 12V a možnosti odběru proudu až 6A. Nejlepší je použití

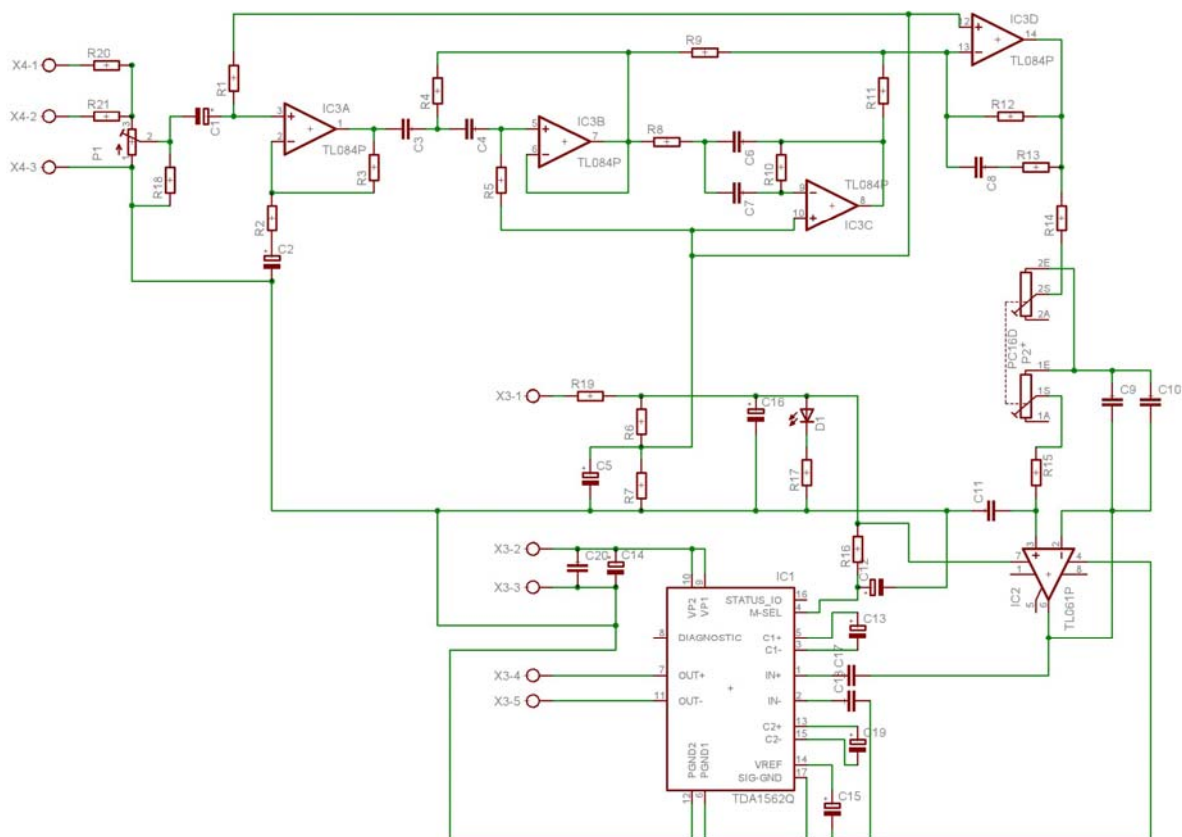
Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	7

autobaterie, ale toto řešení není ideální pro trvalý provoz například někde v domácnosti, protože autobaterii je zapotřebí dobíjet. Jako další řešení se nám naskýtá použití trať, které musí dodat veliký proud. Namotání trať bude stát víc peněz, ale pro domácí použití je nejideálnějším. Další možnost je připojení zesilovače na zdroj od počítače, který dodá až 10A. Je to ta nejlevnější varianta zdroje, která zesilovači také stačí. Jedna z dalších možností je použití laboratorního zdroje, který dává veliký proud aspoň 6A nebo paralelní spojení více laboratorních zdrojů, které by ve výsledku dávali požadovanou velikost proudu. Nevýhodou použití jednoho laboratorního zdroje je nedostupnost tak výkonného, aby dodal požadovaný proud.

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	8

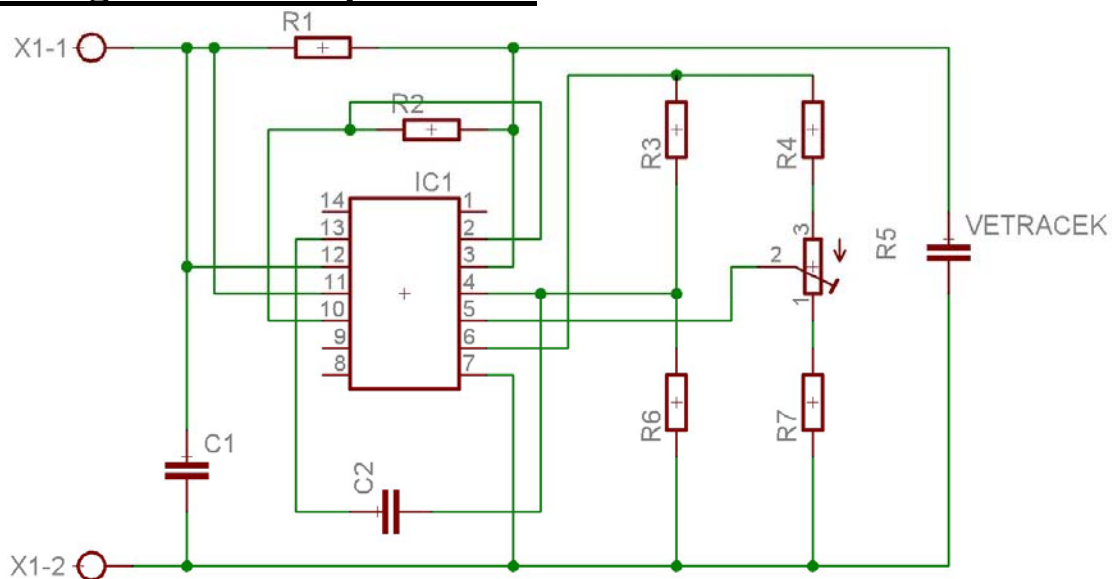
4. Elektronická schéma

4.1 Zesilovač



obr. 3 - schéma k zesilovači

4.2 Regulace otáček pro větrák



obr. 4 - schéma k regulaci otáček

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	9

5. Rozpis součástek

5.1 Zesilovač

Pol.	Množství	Název	Typ	Hodnota	Poznámka
R1	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	100 kΩ	
R2	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	22 kΩ	
R3	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	100 kΩ	
R4	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	82 kΩ	
R5	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	100 kΩ	
R6	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	4,7 kΩ	
R7	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	4,7 kΩ	
R8	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	68 kΩ	
R9	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	47 kΩ	
R10	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	47 kΩ	
R11	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	120 kΩ	
R12	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	1,2 MΩ	
R13	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	47 kΩ	
R14	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	2,2 kΩ	
R15	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	2,2 kΩ	
R16	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	470 kΩ	
R17	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	470 Ω	
R18	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	15 kΩ	
R19	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	10 Ω	
R20	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	4,7 kΩ	
R21	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	4,7 kΩ	
C1	1	Kondenzátor	Elektrolytický	1 μF/100V	
C2	1	Kondenzátor	Elektrolytický	10 μF/50V	
C3	1	Kondenzátor	Fóliový	100 nF	
C4	1	Kondenzátor	Fóliový	100 nF	
C5	1	Kondenzátor	Elektrolytický	470 μF/16V	
C6	1	Kondenzátor	Fóliový	100 nF	
C7	1	Kondenzátor	Fóliový	100 nF	
C8	1	Kondenzátor	Fóliový	15 nF	
C9	1	Kondenzátor	Fóliový	100 nF	
C10	1	Kondenzátor	Fóliový	100 nF	
C11	1	Kondenzátor	Fóliový	100 nF	
C12	1	Kondenzátor	Elektrolytický	10 μF/50V	
C13	1	Kondenzátor	Elektrolytický	4700 μF/25V	
C14	1	Kondenzátor	Elektrolytický	4700 μF/25V	
C15	1	Kondenzátor	Elektrolytický	10 μF/50V	
C16	1	Kondenzátor	Elektrolytický	100 μF/25V	
C17	1	Kondenzátor	Fóliový	100 nF	
C18	1	Kondenzátor	Fóliový	100 nF	

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	10

Pol.	Množství	Název	Typ	Hodnota	Poznámka
C19	1	Kondenzátor	Elektrolytický	4700 μ F/25V	
C20	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
D1	1	Dioda LED	InGaN/sapphire	3000 mcd/20°	d=5 mm
D2	1	Dioda	1N5408		
IC1	1	Integrovaný obvod	TDA 1562Q		17 pin
IC2	1	Integrovaný obvod	TL071		8 pin
IC3	1	Integrovaný obvod	TL074		14 pin
	1	Patice IO	14 pin		
	1	Patice IO	8 pin		
P1	1	Potenciometr	Lineární	100 k Ω	
P2	1	Potenciometr	Tandemový	2 x 25 k/N	
X 3	2	svorka do PS	Rozteč 5 mm		3 + 2 pin
X 4	1	svorka do PS	Rozteč 5 mm		3 pin

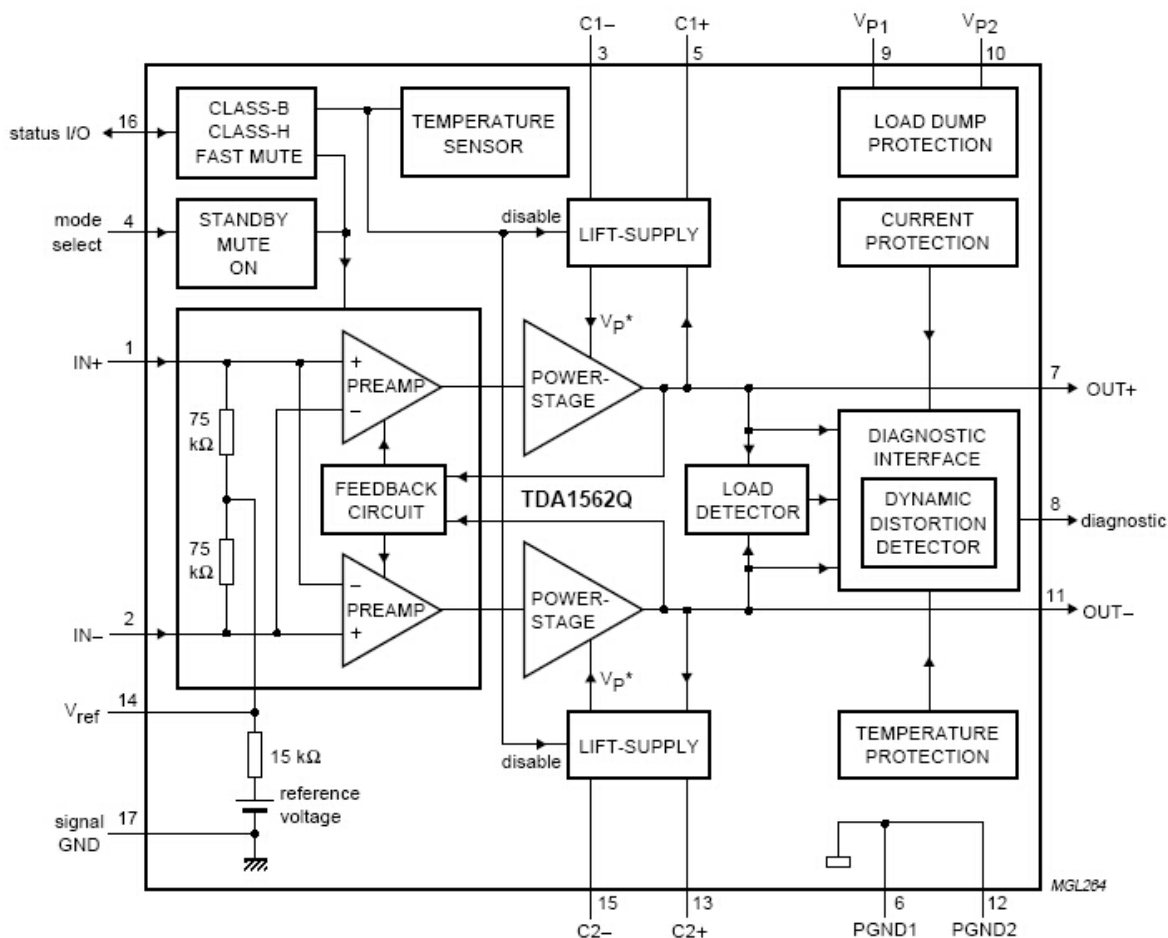
5.2 Regulace

Pol.	Množství	Název	Typ	Hodnota	Poznámka
R1	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	82 Ω	
R2	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	4,7 Ω	
R3	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	1 k Ω	
R4	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	1 k Ω	
R5	1	Trimr	Trimr	1 k Ω	25 otáčkový
R6	1	Snímač	KTY-81-121		tepelný sním.
R7	1	Rezistor	0,6 W; 1 %	1 k Ω	
C1	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C2	1	Kondenzátor	Keramický	100 pF	
IO	1	Integrovaný obvod	μ A723CN		
	1	Patice IO	14 pin		
X 1	1	svorka do PS	Rozteč 5mm		2 pin
Vetr.	1	Konektor na větrák	Rozteč 2,5mm		2 pin

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	11

6. Parametry integrovaných obvodů

6.1 TDA1562Q



obr. 5 – vnitřní zapojení TDA1562Q

Jedná se o 70W (@4Ohm,14,4V,1kHz,THD=10%,třída H) monofonní výkonový zesilovač třídy H s dvěma menšími *specialitami*:

1. Má v sobě integrován měnič, který vstupní napájecí napětí zdvojnásobí. Díky tomu stačí TDA1562Q jenom napájecí napětí od 8-18V a dodá výkon 70W.
2. Další je diagnostický výstup. Na pinu označeném "DIAG" (8 pin) je možnost kontrolovat, zda nedošlo ke zkratu na výstupu, tepelnému přetížení, nebo zda se neořezávají amplitudy signálu.

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	12

Parametry při napájení 14.4V:

Výkon při zkreslení 0,5%: 55 W

Špičkový výkon při zkreslení 10%: 70 W

Maximální opakovatelný výstupní proud: 6A

Impedance reproduktoru: 4 Ω

Klidový proud: 110 – 150 mA

Zisk zesilovače: 26 dB

Výstupní šum: 100 až 150 μ V

Odběr proudu při Standby modu: 50 μ A

Maximální pracovní teplota: 150 °C

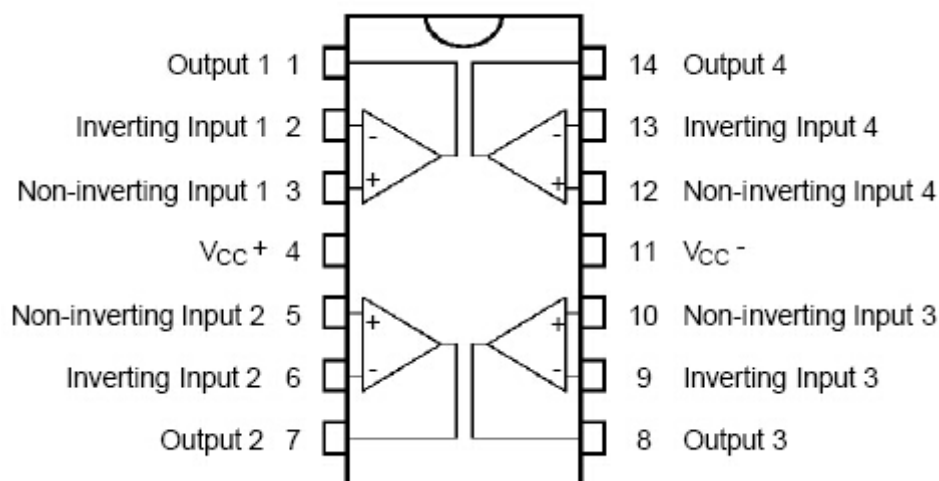
Minimální pracovní teplota: -55 °C

Minimální napájecí napětí: 8V

Maximální napájecí napětí: 18V

Výrobce: Philips

6.2 TL074



obr. 6 – vnitřní zapojení TL074

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	13

TL074 jsou čtyři invertující J-FET operační zesilovače:

Napájecí napětí: $\pm 18\text{V}$

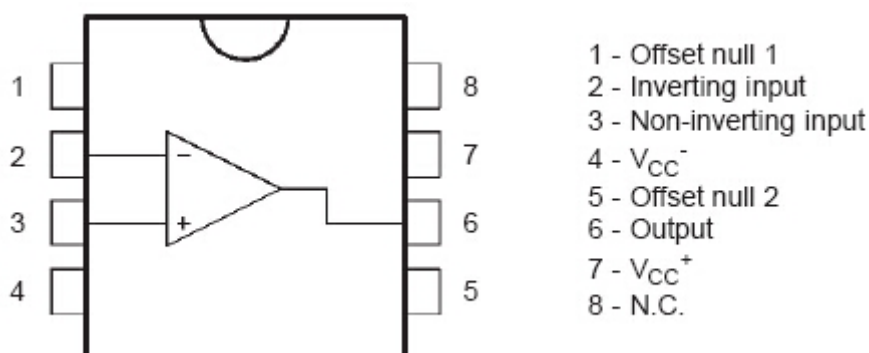
Příkon: 680mW

Harmonické zkreslení: 0,01%

Maximální pracovní teplota: 125 °C

Minimální pracovní teplota: -55 °C

6.3 TL071



obr. 7 - vnitřní zapojení TL071

TL071 je invertující J-FET operační zesilovač:

Napájecí napětí: $\pm 18\text{V}$

Příkon: 680mW

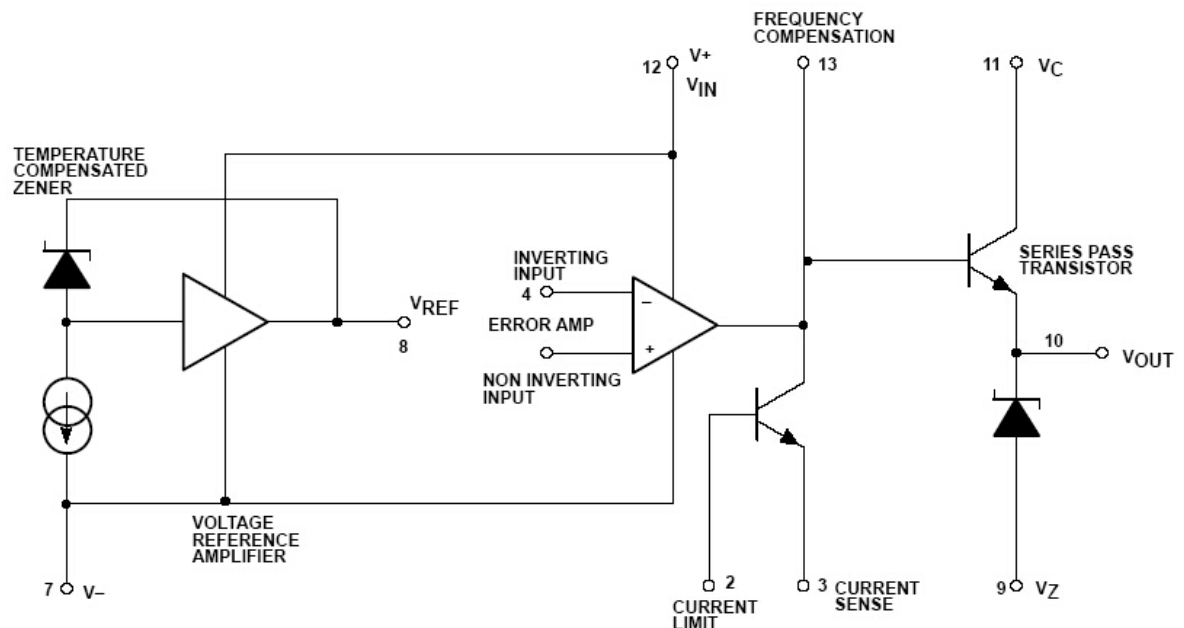
Harmonické zkreslení: 0,01%

Maximální pracovní teplota: 125 °C

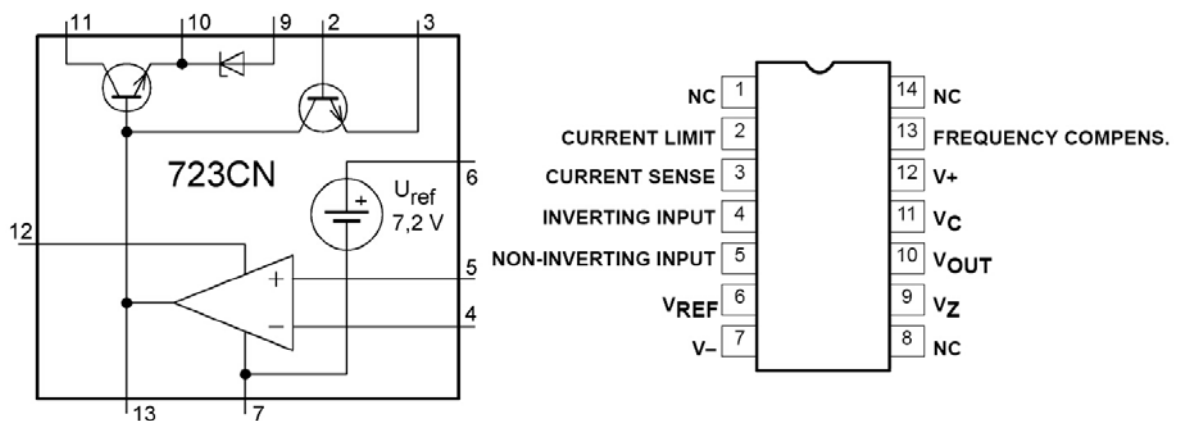
Minimální pracovní teplota: -55 °C

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	14

6.4 UA723CN



obr. 8 - schéma zapojení UA723CN



obr. 9 - vnitřní zapojení UA723CN

Jedná se o integrovaný obvod pro regulaci napětí:

Regulace napětí: +2V až +37V

Maximální odebíraný proud: 150 mA

Příkon: 1 W

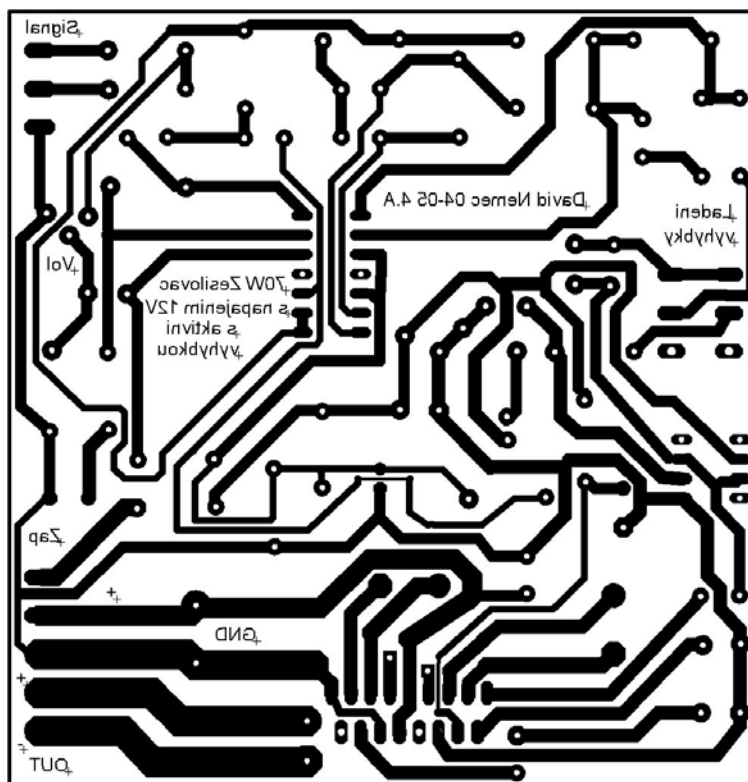
Maximální pracovní teplota: 125 °C

Minimální pracovní teplota: -55 °C

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	15

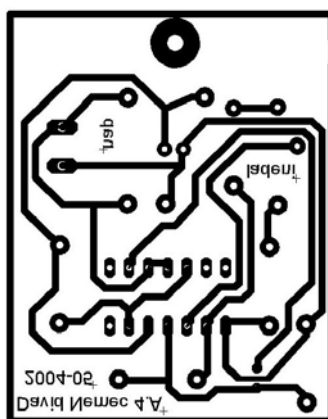
7. Předlohy plošných desek

7.1 Zesilovač



obr. 10 – předloha DPS zesilovače v měřítku 1:1

7.2 Regulace otáček

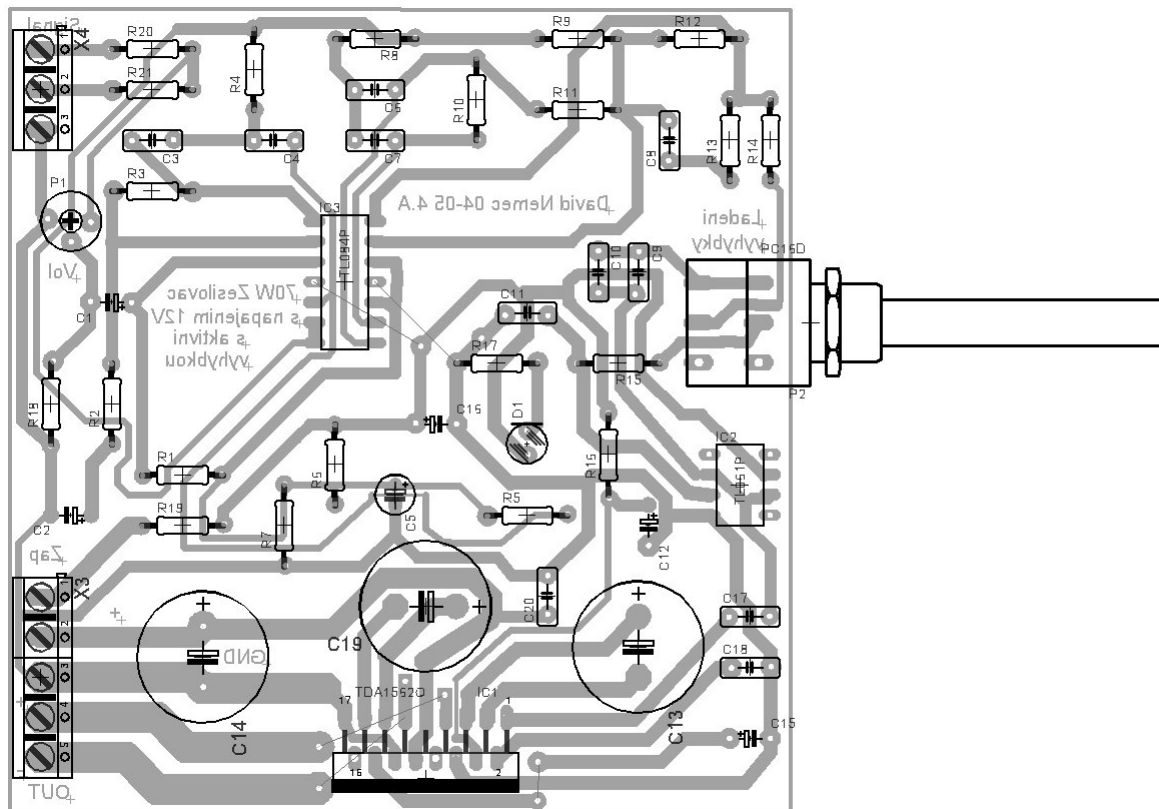


obr. 11 – předloha DPS regulace otáček v měřítku 1:1

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	16

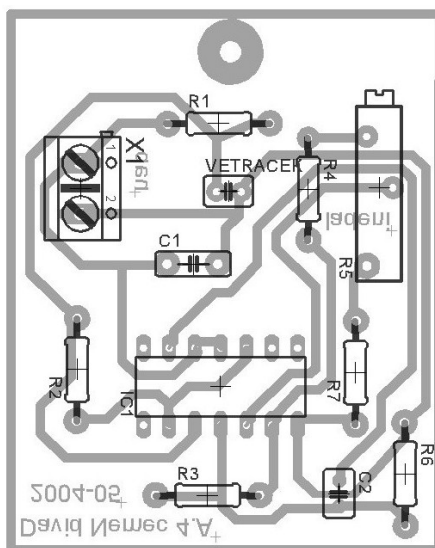
8. Osazovací výkresy

8.1 Zesilovač



obr. 12 – osazovací výkres k zesilovači, je zde pět propojek, dvě výkonové u výstupu na reproduktor a dvě k napájení k integrovanému obvodu TL074. Poslední propojuje cestu u koncového stupně

8.2 Regulace otáček



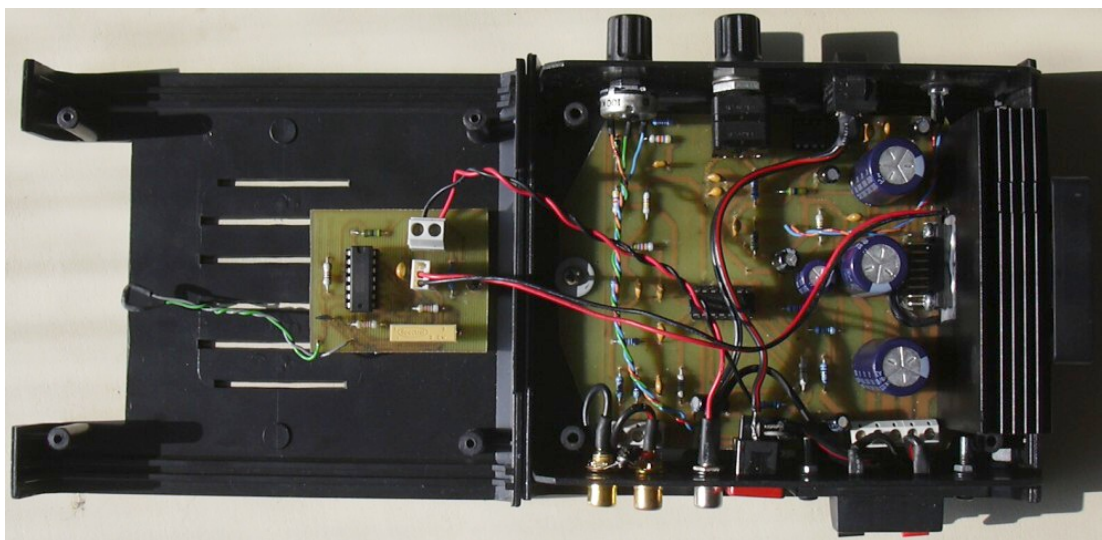
obr. 13 – osazovací výkres k regulaci otáček

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	17

9. Konstrukční provedení výrobku

Maturitní výrobek je rozdělen na dva moduly: Zesilovač a reprobedna subwooferu

9.1 Zesilovač



obr. 14 – vnitřní uspořádání zesilovače

Zesilovač je umístěn v krabici KP6 V o rozměrech 150x130x50mm. Vlastní tištěný spoj zesilovače je připevněn na dvou nožičkách na dně krabice, které jsou v této krabici už při zakoupení. DPS je připevněn na dvou 3 mm vrutech o velikosti 12 mm nahoře a dole plošného spoje v jeho prostředku odsazených od rámečku 15 mm.

Umístění chladiče je u výkonového integrovaného obvodu TDA1562Q. Chladič má rozměry délky 100mm, výšky 50mm a šířky 20mm a je na něm umístěn větrák o rozměrech 50x50x10 mm, který je připevněn na tepelnou regulaci otáček. Větrák je připevněn doprostřed chladiče pomocí čtyř 3 mm vrutů o velikosti 15 mm, napájecí kabely k větráku jsou vedeny otvorem v chladiči. Připevnění chladiče je řešeno pomocí dvou šroubů, které procházejí otvory v integrovaného obvodu. Plocha pro chlazení TDA1562Q je namazána tepelnou pastičkou pro lepší předávání tepla na chladič. Chladič



Obr. 15 – zapuštění chladiče do krabčky

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	18

s větrákem je větší než krabička, kvůli tomu je proříznut do krabičky otvor o velikosti chladiče zapuštěného dovnitř krabičky 25mm.

Na DPS je pět propojek, z toho dvě výkonové, které potřebují silnější průřez vodiče. K integrovanému obvodu TL074 jsou použity 0,8mm drátové propojky k napájecím pinům. Pin 4 je připojen k plusu a propojka je mezi součástky C16 a D1. Pin 11 je připojen k mínusu a propojka je mezi součástky C11 a R17. Od TDA1562Q jsou použity dvě výkonové propojky o průřezu vodiče minimálně 1,2mm od pinů výstupu pro reproduktor, které slouží pro připojení k reprobodně subwooferu. Pin 7 je kladný pól a propojka vede ke konektoru X3-4, pin 11 je záporný pól a propojka vede ke konektoru X3-5. Je tu ještě pátá malá drátová propojka, která přemostňuje jednu cestu na DPS u koncového IO TDA1562Q. Propojky jsou vidět na obr. 12 v osazovacím výkresu zesilovače.

Potenciometr P2 pro ladění výhybky je připevněn na čelním panelu tak, že je přišroubován z obou stran k panelu. Díky tomu, že je potenciometr P2 zapájen v DPS, přední panel nevypadává. Potenciometr P1 na nastavení hlasitosti je vyveden z DPS pomocí tří vodičů k přednímu panelu, kde je připevněn podobným způsobem jako P2. Vypínač slouží pro zapojení zesilovače z režimu stand-by při absenci nezapojeného externího napájecího cinche. Jeho vývody jsou izolovány smršťovací bužírkou jako tomu je i u potenciometru P1 a indikační led diodě zapnutí zesilovače. Indikační led dioda je v pouzdru 5mm pryžové průchodky a je zalepená lepidlem proti nechtěnému pohybu.



obr. 16 – přední panel



obr. 17 – zadní panel

Konektory pro signál, napájení a výstup zesilovače jsou připevněny na zadním čelním panelu. Pro přivedení stereo signálu a napájení stand-by jsou použity cinch konektory do čelních panelů. Stereo pozlacené cinche jsou zapojeny tak, že na kolíkách je signál a na objímce cinche je stínění. U napájecího cinche se musí na kolík přivést kladné napětí, aby se zesilovač zapnul ze stand-by režimu. Toto externí zapnutí zesilovače nemá velký odběr, bývá řádově do 0,3A. Pro trvalé výkonové napájení zesilovače je určen síťový konektor, kde je zapojeno s 10A pojistkou přímé napájení z autobaterky. Repro svorka je

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	19

přípevněná na zadní panel 3mm šrouby s matkami. Červené označení je pro plus a černé pro minus, jak se to značí v reprosoustavách. Všechny vývody konektorů jsou zaizolovány smršťovací bužírkou.

DPS regulace větráku je připevněna na vrchní straně krabičky do plastové nožičky 3mm vrutem o délce 12mm. Tepelný snímač je zaizolován do silikonové bužírky a je dotykem připevněn na chladič výkonového koncového stupně. Kvůli rozdělení krabičky není tepelný snímač přilepen na chladič, ale pouze je při zavření krabičky přiložen a napružen k chladiči.

9.2 Reprobedna subwooferu



obr. 18 – reprobedna subwooferu bez potaženého koberce, zakytované hrany a vytlumení z vatelínu

Reprobedna pro subwoofer je vyrobena z dřevotřísky o tloušťce stěn 12mm a tloušťce ozvučnice 20mm. Vnější rozměr reprobedny je dlouhý 435mm, široký 435mm, vysoký 300mm. Vnitřní rozměr reprobedny je dlouhý 411mm, široký 411mm, vysoký 268mm a má objem 45l.

Je potřeba nařezat desky subwooferu na rozměry, které jsou u dvou bokorysových desek 435mm na 300mm a obr. 26 ukazuje výřezy pro bassreflexi a díry pro reprosvorku. Čelní desky mají rozměr 411mm na 268mm a zadní stěny 411mm na 435mm. Rozměr ozvučnice je stejný jako zadní stěna s tím rozdílem, že je zde použita 20mm dřevotříska

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	20

a výřez pro 12" basový reproduktor, který je zobrazen na obr. 23. Složené stěny reprobedny jsou sestavené tak, jak ukazuje obr. 26 v nákresech mechanických částí.

Aby u sebe jednotlivé desky dobře držely, jsou spojené dřevěnými kolíky, zalepené Herkulesem a sešroubované 3mm vruty, které mají délku 40mm a od sebe jsou vzdálené 100mm. Aby reprobedna dobře těsnila, jsou všechny spoje a mezery zakytovány tmelem. Reprobedna je potažená zátěžovým kobercem bez vzoru určeným právě pro reprobedny a je přilepen pomocí Chemoprenu. Reproduktor je připevněn šesti 6mm vruty do desky ozvučnice a je posazený na potaženém koberci kvůli dobrému dosedu k desce.



Obr. 19 – zakytování

Pro lepší efekt basů jsou použity dva 80mm bassreflexové nátrubky, které jsou dlouhé 160 mm. Podle parametru reproduktoru, který má 12“, citlivost 88dB, spodní kmitočet 41Hz a objemu reprobedny byly zvoleny právě tyto bassreflexové nátrubky. Vnitřek reprobedny je vystlaný dvěma vrstvami Vatelínu, který má za účel pohltit stojaté vlnění.

Na reproduktoru je umístěna 12“ mřížkovaná ochranná krytka proti nechtěnému poškození reproduktoru vlivem lidského faktoru. Tato krytka reproduktoru je přidržena čtyřmi úchyty určené pro tento typ ochranné mřížky. Pro lepší manipulaci subwooferové bedny jsou použity dva nosné úchopy pro reprobedny, které jsou umístěny po stranách ozvučnice. Ochranná mřížka, krytky a úchopy jsou zakoupeny u firmy Dexon, která se zabývá výrobou a prodejem součástek určené pro stavbu profesionálních reprobeden.

Aby subwoofer neležel na koberci a aby se zadní strana koberce nezašpinila, tak jsou na spodku reprobedny připevněny čtyři pryžové nohy. Nohy jsou původně určené do auto Škoda Favorit jako kryt na pedály. Tyto nohy jsou použity díky tomu, že mají vhodné rozměry a nízkou cenu. Jsou přišroubovány pomocí jednoho šroubu s podložkou uprostřed nohy vzdálených od stran reprobedny 50mm. Reprosvorka pro přivedení signálu z koncového stupně na reproduktor je stejná jako na zadním čelním panelu krabičky zesilovače.



Obr. 20 – pryžová noha

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	21

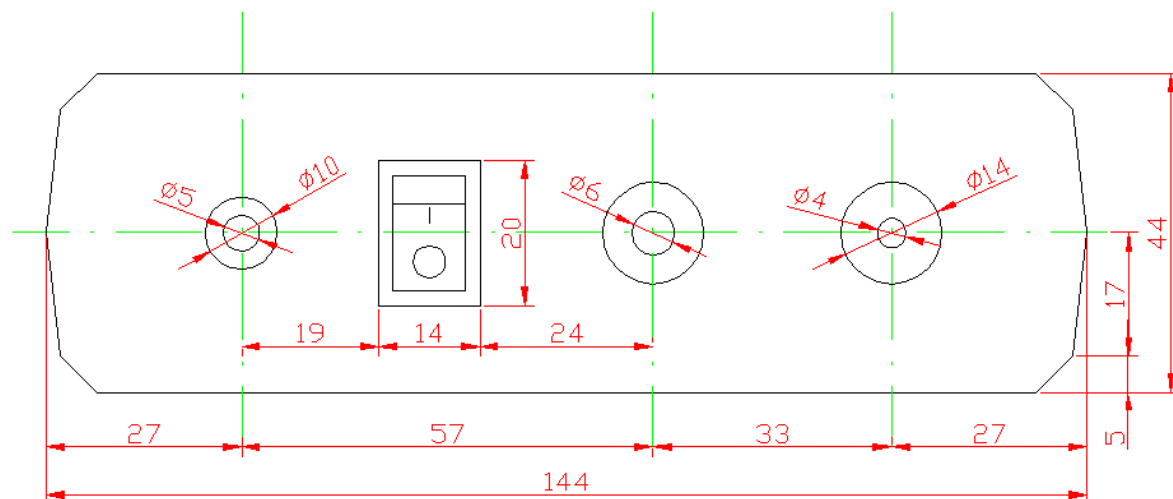
10. Nákresy mechanických částí

10.1 Zesilovač

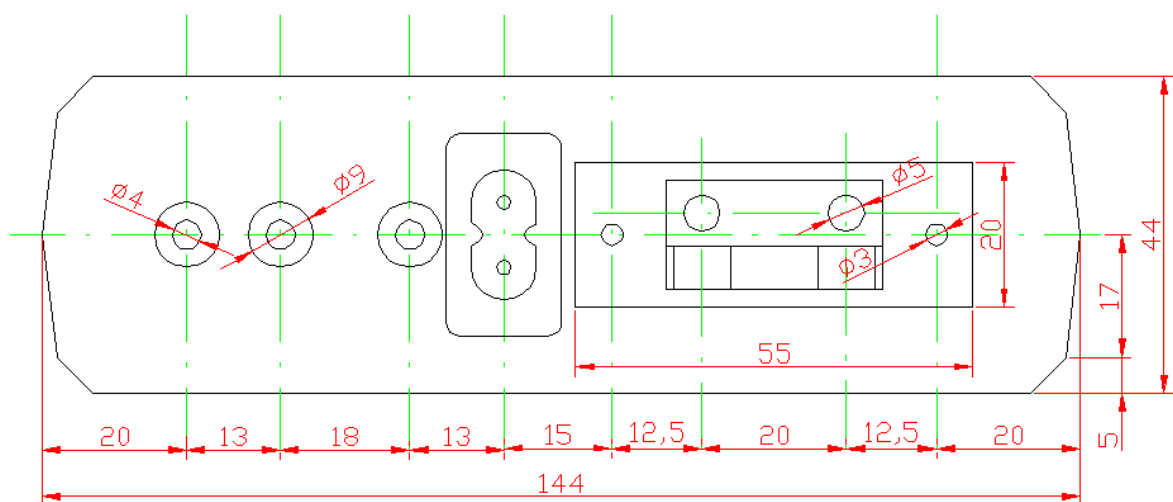
Plastová krabička KP6 V

Rozměry: šířka - 150mm, délka – 130mm, výška – 50mm

Na nákresech zesilovače je pouze čelní panel bez započítané velikosti krabičky



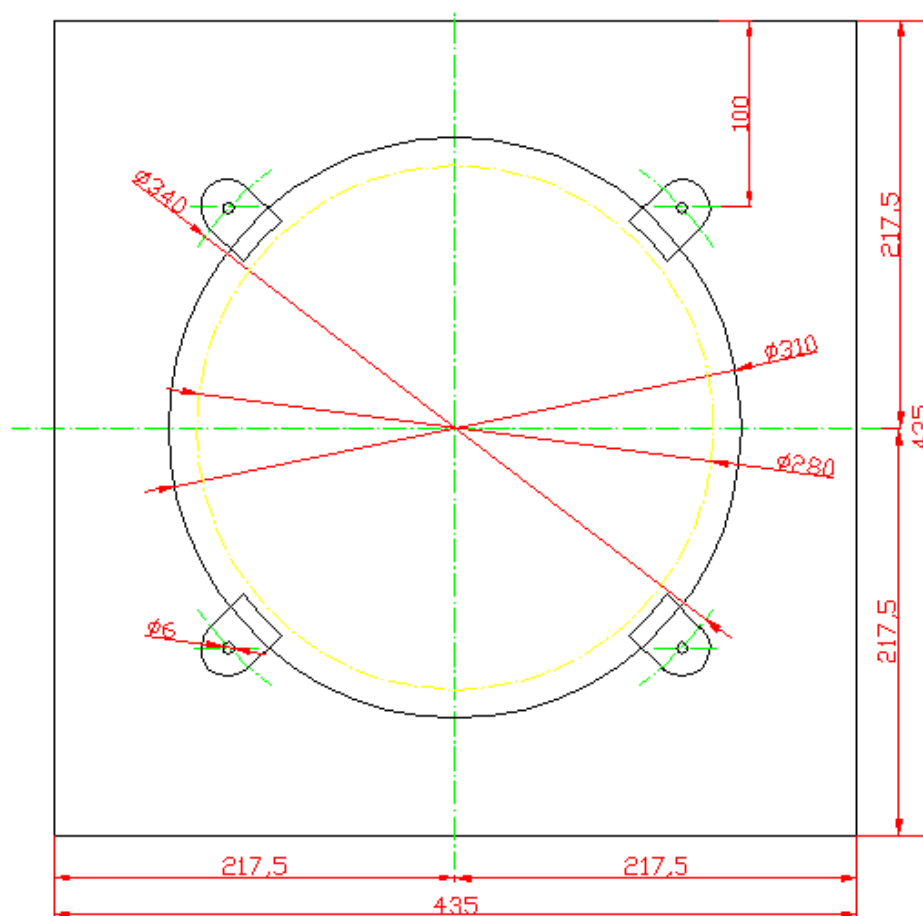
obr. 21 – přední panel zesilovače



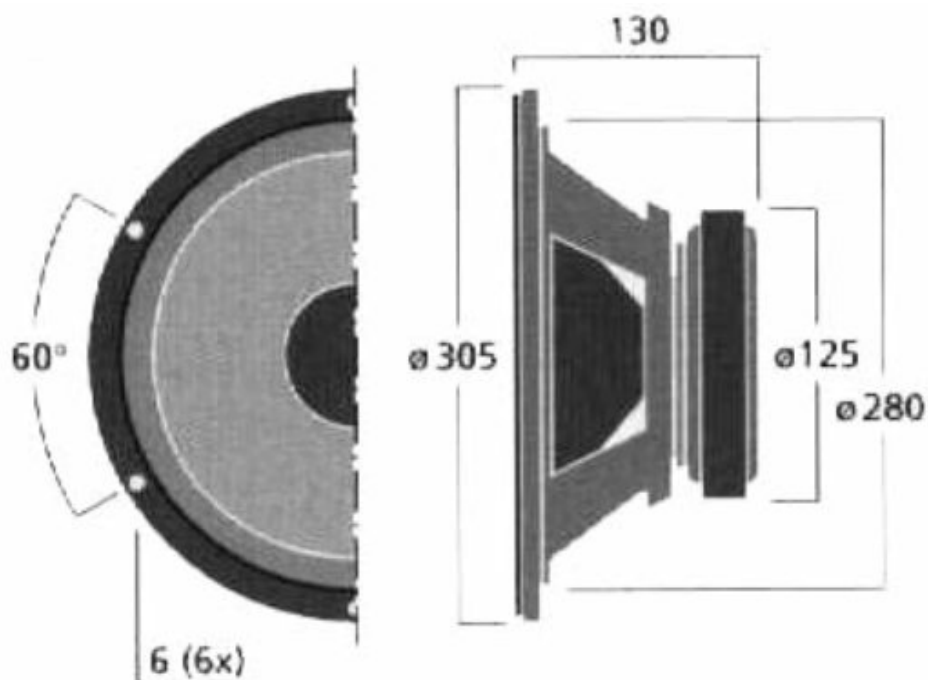
obr. 22 – zadní panel zesilovače

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	22

10.2 Subwoofer

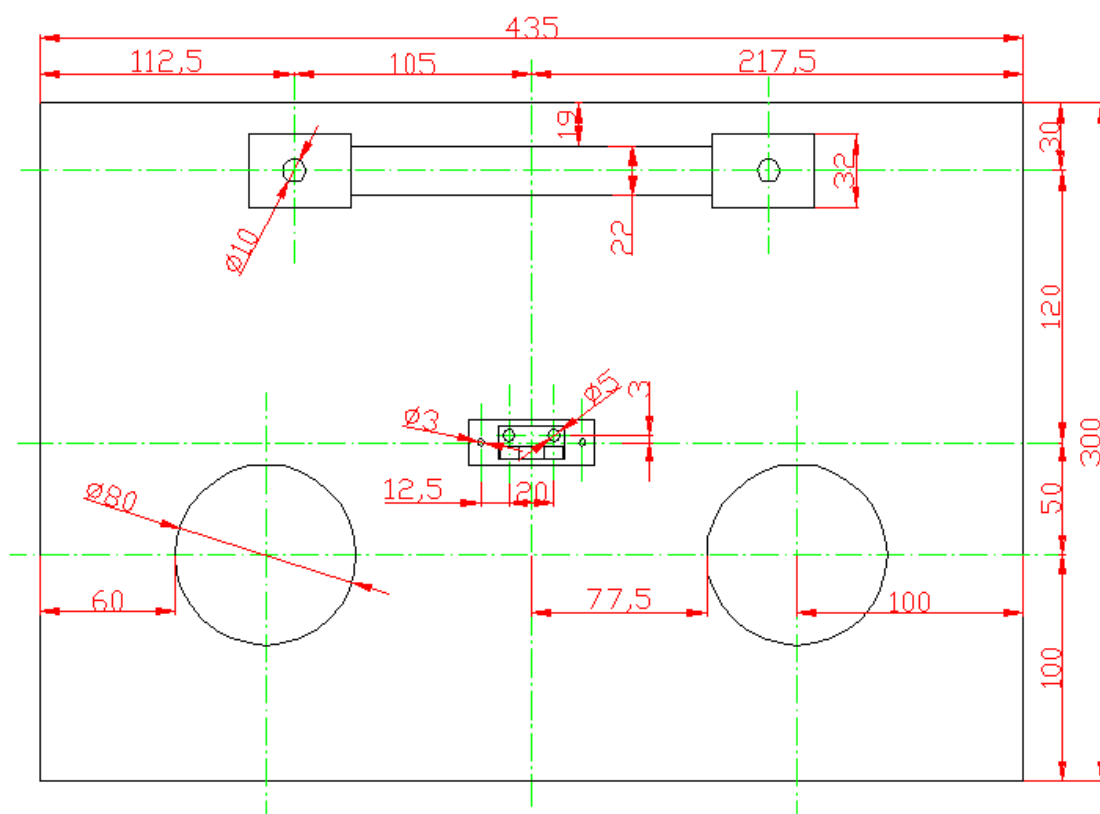


obr. 23 – ozvučnice subwooferu

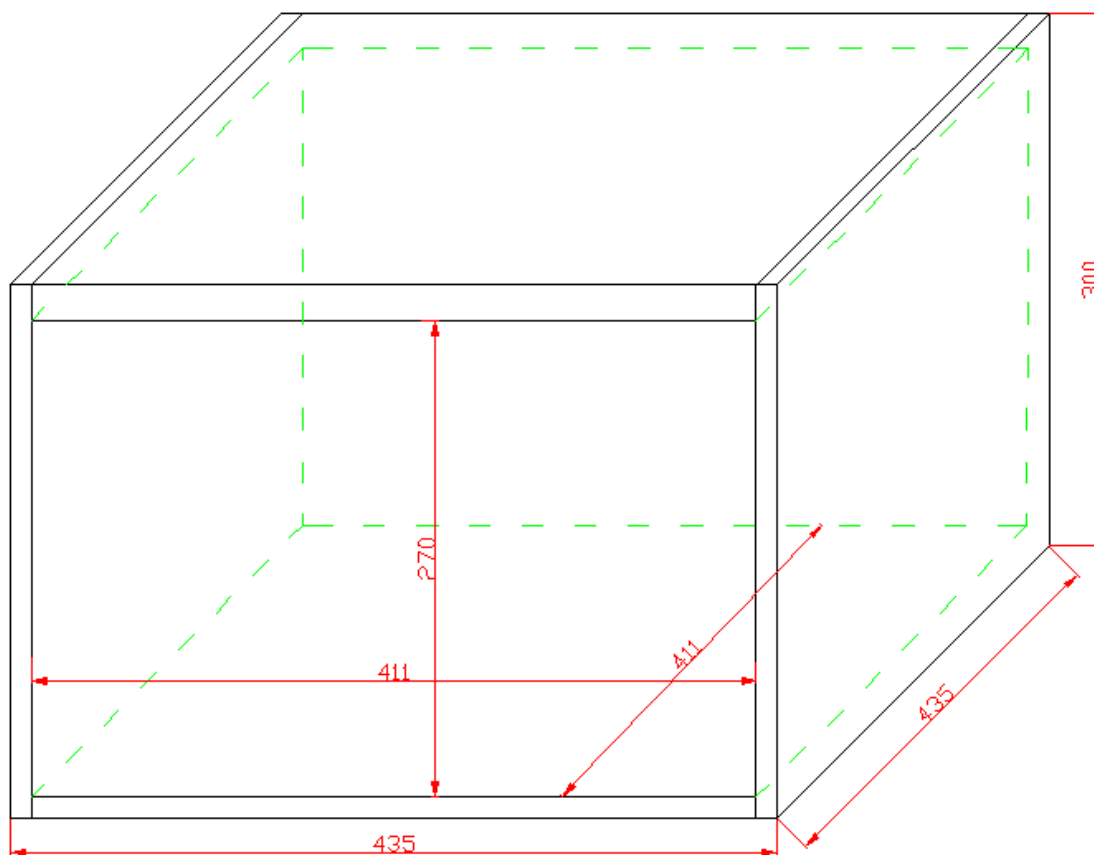


obr. 24 – rozměry basového reproduktoru

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	23



obr. 25 – bokorys subwooferu



obr. 26 – vnější a vnitřní rozměry reprobedny, způsob sestavení stěn

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	24

11. Rozpiska mechanických součástí

11.1 Zesilovač

Název	Množství	Typ	Poznámka
Chladič	1	Hliníkový	Upravená velikost
Větrák	1	Celoplastový	Napájení 12V, rozměr 50x50x10mm
Kolečko na pot.	1	Hřídelka 4mm	
Kolečko na pot.	1	Hřídelka 6mm	
Vypínač	1	250V/6A	Označení polohy vypnutí/zapnutí
Pryžová průchodka	1	5x8x10mm	Průchozí otvor x objímka x velikost
Cinch do panelu	3	Mono cinch	Červená a černá barva, pár pozlacen
Síťová zásuvka	1	2,5mm 10A	Jedna část označena polaritou
Repro svorka	1	vnější	Nezapouští se do materiálu

11.2 Subwoofer

Název	Množství	Typ	Poznámka
Basový Reproduktor	1	Starbass DT300-4	12" (31cm), 88dB, 400W, 41-900 Hz, 4Ω
Kryt na repro.	1	12" (31 cm)	Od firmy Dexon, mřížkování
Úchyt na kryt rep.	4	universální	Od firmy Dexon, plastové
Bassreflex	2	d=80mm, l=160mm	
Úchopy	2	Vysouvací	Od firmy Dexon
Repro svorka	1	vnější	Nezapouští se do materiálu
Pryžové nohy	4	Škoda auto	Krytky na pedály ve Favoritu
Zátěžový koberec	3 m ²	Na reprobedny	Bez vzoru
Vatelín	4 m ²	Odhlučnění	2 vrstvy na sobě
Dřevotříska	2,5 m ²	Tloušťka 12 mm	Boční strany subwooferu
Dřevotříska	1 m ²	Tloušťka 20 mm	Ozvučnice

Rozměry reprobedny:

Dřevotřísková reprobedna. Stěny tlusté 12 mm, ozvučnice 20 mm, vystlané Vatelínem

Vnější rozměry: délka 435mm, šířka 435mm, výška 300mm

Vnitřní rozměry: délka 411mm, šířka 411mm, výška 268mm

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	25

12. Závěr

Velice mi chybělo při jízdě s autem slyšet nízké tóny (basy), které mé stávající reproduktory ani autorádio nedokáží vytvořit. Když jsem se rozhodoval jaký maturitní výrobek bych měl vyrobit, byla stavba aktivního subwooferu s regulovatelnou výhybkou jasnou volbou už kvůli tomu, že koupě profesionálního zesilovače a reprobedny by vyšla minimálně dvakrát draž. Když jsem porovnával profesionální zesilovače a můj maturitní výrobek, jednoznačně poměrem cena/výkon vyhrál můj a to si myslím, že je úspěch.

Při stavbě zesilovače jsem nenarazil na nijak obtížný problém, který bych nedokázal vyřešit jak rozložením jednotlivých regulací a konektorů, tak samotnou výrobou krabičky. S pájením jednotlivých součástek do DPS jsem neměl sebemenší problém díky tomu, že jsem byl jako brigádník zaměstnán ve firmě Awos. Tato firma se věnuje vývoji a opravě různých elektronických zařízení, kde jsem pracoval převážně s mikropájkou. To mě dalo neocenitelné zkušenosti při pájení mého maturitního výrobku.

Stavba reprobedny subwooferu pro mě nebyla ani trochu těžká díky tomu, že jsem se v minulosti hodně věnoval funkčním dálkově řízeným modelům, kde jsem neměl nic jiného než výkres. Díky tomuto koníčku jsem dobře manuálně zručný, trpělivý a dokážu si poradit s leckterým problémem.

Svůj maturitní výrobek bych zhodnotil jako dobře odvedenou práci na studenta čtvrtého ročníku SPŠE, která mě bavila i kvůli tomu, že je určena do mého automobilu a nezpůsobila mi při výrobě nijak obtížný problém, který bych nevyřešil.

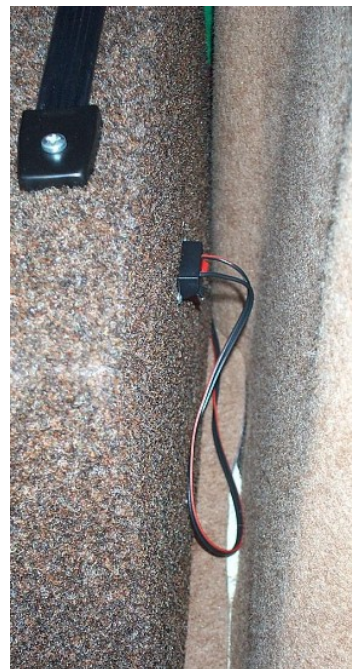
Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	26

13. Fotodokumentace

13.1 Subwoofer



obr. 27 – zesilovač se subwooferem, společné foto



Obr. 28 – detail připojení kabelu u reprosvorky subwooferu



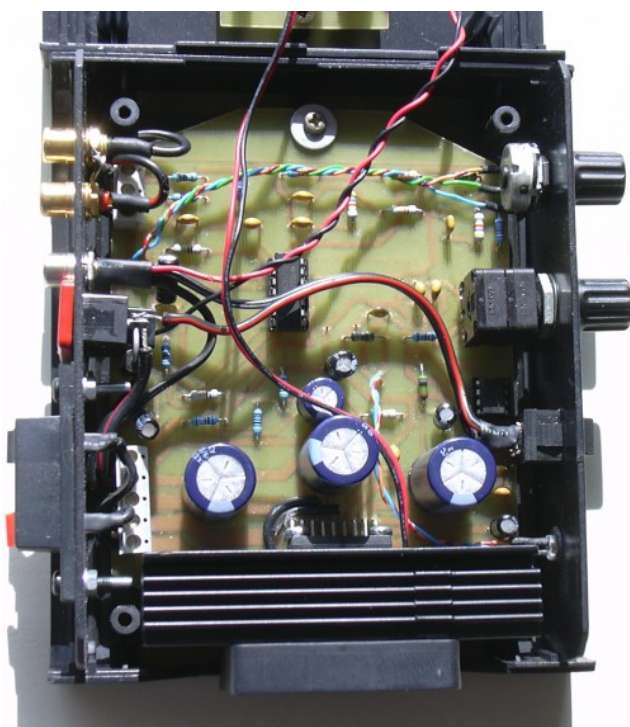
obr. 29 – subwoofer v kufru auta Škoda Favorit



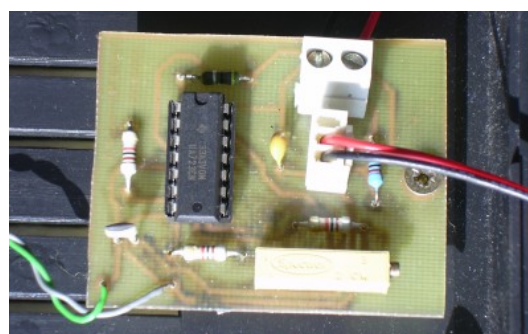
obr. 30 – subwoofer z pohledu zezadu

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	27

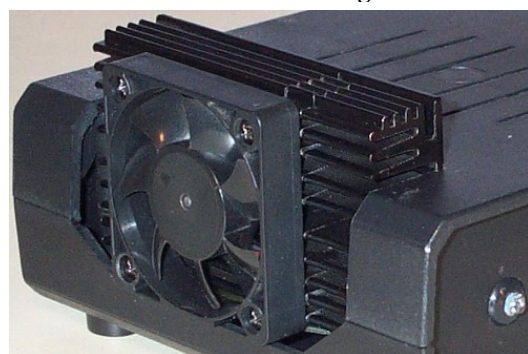
13.2 Zesilovač



obr.31–detail DPS výhybky a koncového stupně



Obr. 32 – detail DPS regulace



Obr. 33 - detail chladiče s větráčkem



obr. 34 – přední panel zesilovače



obr. 35 – zadní panel zesilovače

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	28

14. Seznam použité literatury a zdrojů informací

- [1] Amatérské rádio 3/2002 na straně 13
- [2] <http://zavodsky.iglu.cz/obsah/tipy.html>
- [3] Program pro výpočet basreflexové ozvučnice Kunovský Lukáš 1997
- [4] <http://www.ges.cz/sheet/t/tda1562q.pdf>
- [5] <http://www.ben.cz/download/datasheet/tl071.pdf>
- [6] <http://focus.ti.com/lit/ds/symmlink/tl074.pdf>
- [7] <http://focus.ti.com/lit/ds/symmlink/ua723.pdf>

Jméno:	David Němec		
Třída:	4.A	Počet listů	35
Výrobek:	Aktivní subwoofer	List	29