

Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukáзка má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

redakce nakladatelství BEN – technická literatura
redakce@ben.cz



NF zesilovač s tranzistory ThermalTrak™

Na jaře roku 2005 se v sortimentu známé polovodičové firmy ON Semiconductor [10] objevily nové nízkofrekvenční výkonové tranzistory nazvané ThermalTrak™. Jsou to tranzistory velmi vhodné pro nf aplikace, doplněné přímo v systému diodou určenou ke snímání teploty pro hlídání klidového proudu koncového stupně. Dioda má shodnou teplotní charakteristiku jako systém tranzistoru a je umístěna přímo v systému, což má hned několik výhod. Teplotní vazba má malou časovou konstantu, klidový proud je stabilní a nemění se s časem a teplotou, jako při doposud běžnější vazbě snímací součástky přes chladič. Redukuje se počet součástek koncového zesilovače a usnadní se konstrukce – nejsou třeba přívody ke snímací součástce, její elektrická izolace od chladiče atd. Zlepšuje se reprodukovatelnost zapojení. Tranzistory řady ThermalTrak jsou určeny hlavně pro nf použití, jako jsou High-end domácí koncové zesilovače, profesionální zesilovače pro ozvučení, stadiony, divadla a kina.

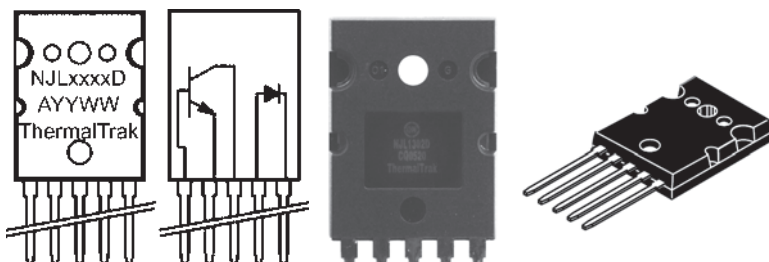
Je to téměř ideální současný výkonový stavební díl – jsou velmi rychlé (30 MHz), dostatečně výkonné, typy NJL3281D a NJL1302D mají povolený trvalý proud 15 A, napětí 260 V, kolektorovou ztrátu 200 W a jsou velmi dobře aplikovatelné díky pouzdru TO-264 s pěti vývody (viz *obr. 4.1*, *obr. 4.2* a *obr. 4.3*). Dioda je vyvedena samostatně na dva vývody pouzdra, ve schématu zesilovače jsou tyto integrované diody označeny jako T16A až T19A.

A další výhoda tranzistorů ON, a dovoluji si připomenout, že velmi podstatná. Na trhu (nebo spíše v literatuře) se již dříve objevily podobně řešené tranzistory s integrovanými diodami od menších výrobců, které však byly v nezvyklých pouzdrech, nedostupné běžně v obchodech a velmi drahé. ON je velký

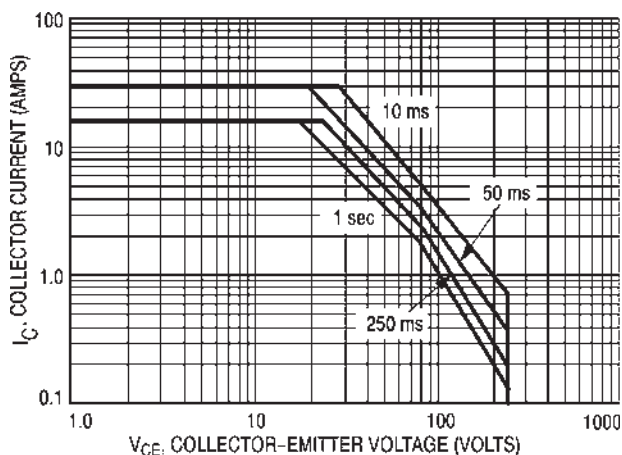
MAXIMUM RATINGS ($T_c = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	260	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	260	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB0}	5	Vdc
Collector-Emitter Voltage - 1.5 V	V_{CEX}	260	Vdc
Collector Current	- Continuous	I_C	15
	- Peak (Note 1)		25
Base Current - Continuous	I_B	1.5	A dc
Total Power Dissipation @ $T_c = 25^\circ\text{C}$ Derate Above 25°C	P_D		206
			1.43
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_c, T_{stg}	-65 to +150	C
DC Blocking Voltage	V_R	200	V
Average Rectified Forward Current	I_{FRM}	1.0	A

Obr. 4.1 Max. parametry tranzistorů NJL3281D a NJL1302D (při $T_j = 25^\circ\text{C}$)



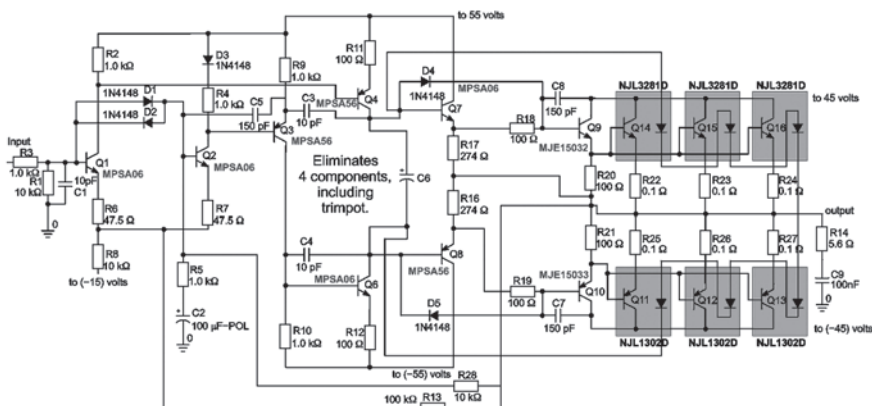
Obr. 4.2 Tranzistory NJL3281D (nnp) a NJL1302D (pnp)



Obr. 4.3 SOA – povolená pracovní oblast tranzistorů NJL3281D a NJL1302D

výrobce, tranzistory řady NJL jsou ve standardním pouzdře, jejich elektrické parametry jsou stejné jako osvědčené a mnoha výrobci zesilovačů používané řady MJL se stejným číselným označením, ale bez diod. Je tudíž předpoklad snadné dostupnosti a nízké ceny těchto tranzistorů.

Hned, jak se mi dostalo několik těchto tranzistorů do ruky, jsem začal uvažovat o využití. V dokumentaci výrobce na [10] je uvedena možná aplikace těchto tranzistorů (NJL3281D) – schéma zesilovače viz obr. 4.4.



Obr. 4.4 Zesilovač podle firemní dokumentace ON

Ten však vyžaduje pro dobrou funkci dvě symetrická napájecí napětí různé velikosti, což komplikuje stavbu zdroje. Není také zaručeno jeho chování v přechodových jevech při zapnutí zesilovače a při výpadku některé větve napájení.

Proto jsem raději upravil zapojení velmi dobrého a osvědčeného zesilovače LEACH AMP. Tento zesilovač má několik výhod – je velmi snadno reprodukovatelný, kmitočtově naprosto stabilní, poměrně jednoduchý, rychlý – má velkou výkonovou šířku pásma, má velmi malé všechny druhy zkreslení atd. Upravil jsem zapojení a nakreslil desku s plošnými spoji na dva komplementární páry tranzistorů ThermalTrak s pěti vývody.

Vznikl tak malý a kompaktní jednoduše aplikovatelný modul o rozměrech desky pouze 102 × 88 mm s tranzistory přímo na desce s plošnými spoji. Tento modul dá při dobrém chlazení a napájení 2 × 63 V_{nf} výkon kolem 200 W/8 Ω, případně min. 300 W/4 Ω, o kmitočtové charakteristice a zkreslení nemá cenu vůbec mluvit. Podle grafu v dokumentaci výrobce by zesilovač s těmito tranzistory měl mít minimální zkreslení kolem 0,0008 % při 1 kHz, což ale neumím ověřit. Rozhodně zesilovač má méně než 0,1 %

při běžném provozním režimu. Sestavený modul je určen k montáži na chladič a celek se pak vestaví například přímo do aktivní reproduktorové soustavy. Výroba modulu trvá pár hodin (zručnému i pod 1 hodinu) a nastavení spočívá jen v nastavení klidového proudu.

Zapojení zesilovače je na *obr. 4.5*. Jak je vidět, zapojení je zesilovači LEACH velmi podobné. Není také důvod ho měnit. Oproti původnímu zesilovači bylo zapojení ještě zjednodušeno. Byla vynechána nadproudová ochrana, a to hned ze tří důvodů:

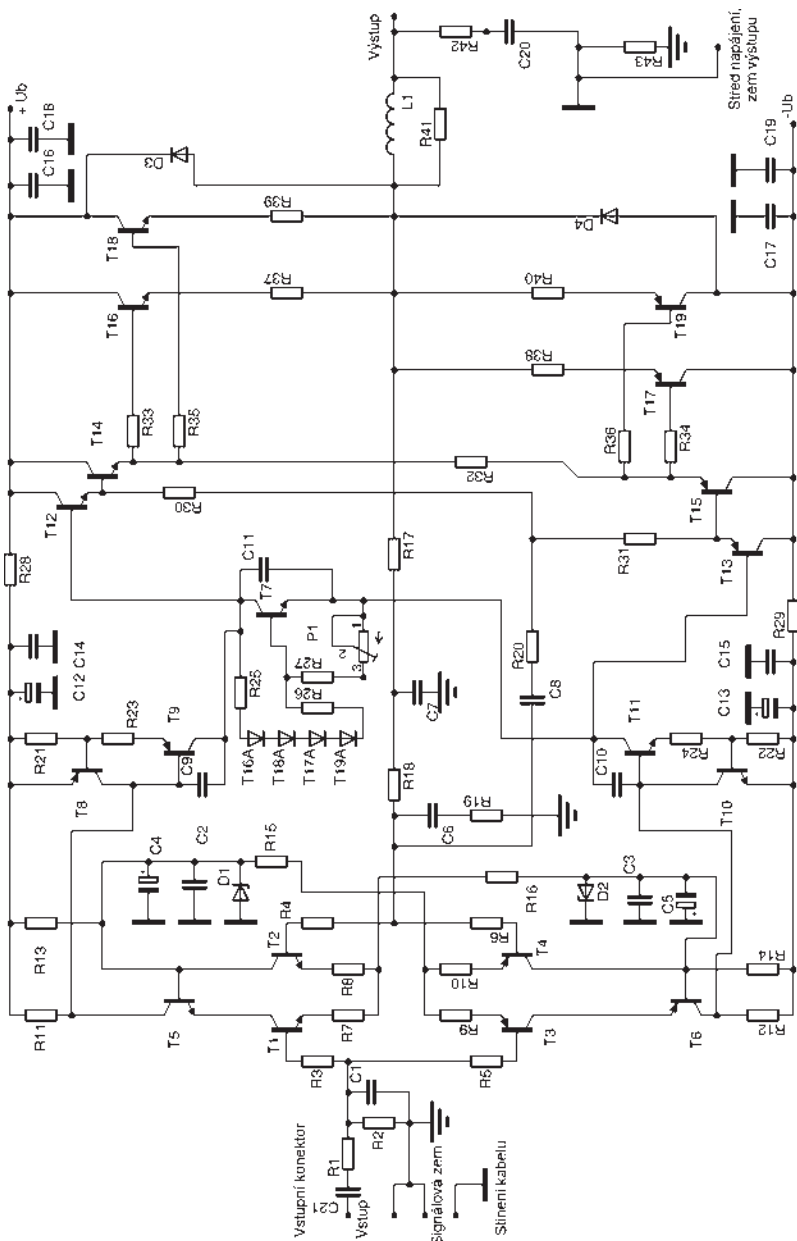
- Ochrana způsobuje při komplexní zátěži (složitější reproduktorové výhybky) „zoubky“ na sinusovce v při větším vybuzení zesilovače (fázový nesoulad mezi proudem a napětím v zátěži).
- Na desku vytvořenou „freearovou“ verzí programu Eagle se mi obvody ochrany prostě nevešly (maximální velikost desky je omezena).
- Pojistky F5A zařazené do přívodů napájení (za hlavní filtrační kondenzátory zdroje!) spolehlivě zesilovač při zkratu a přetížení ochrání.

Zesilovač je zapojen přísně symetricky v komplementárním zapojení, s diferenčním vstupním zesilovačem. Jsou použity dostupné a rychlé polovodičové součástky, jejich cena není vysoká.

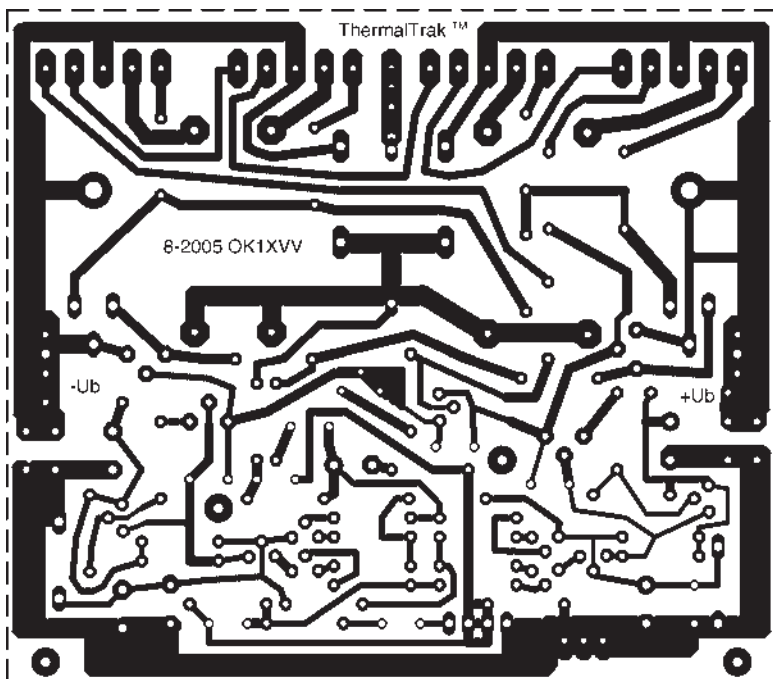
Snímací diody obsažené v tranzistorech (označené ve schématu jako T16A až T19A) jsou zapojeny do série, vysokofrekvenčně jsou odděleny od zbytku zapojení rezistory R25 a R26.

4.1 STAVBA ZESILOVAČE

Modul zesilovače je umístěn na desce s plošnými spoji (*obr. 4.6*). Přestože je deska jednovrstvá, neobsahuje žádné drátové propojky a jsou na ní umístěny i koncové tranzistory. Vyvrtejte očištěnou a nalakovanou desku s plošnými spoji, vše nejprve vrtákem o průměru 0,8 mm, pak vrtákem 1 mm díry pro trimr, tlumivku a díry 1,3 mm pro vývody výkonových tranzistorů, výkonové rychlé diody a konektory FASTON, pokud je použijete. Zkontrolujte spoje. Přečtěte si celý tento odstavec, včetně poznámek o výběru součástek a potom osadte součástky, včetně chladičů pro T14 a T15, mimo koncových tranzistorů T16 až T19, v libovolném pořadí. Pod tranzistory T9, T11, T12 a T13 dejte plastové podložky. Zkontrolujte pájení. Koncové tranzistory nejprve umístěte izolovaně na opracovaný chladič, pak je teprve připájejte do desky, aby jejich vývody a spoje na desce nebyly zbytečně namáhány.



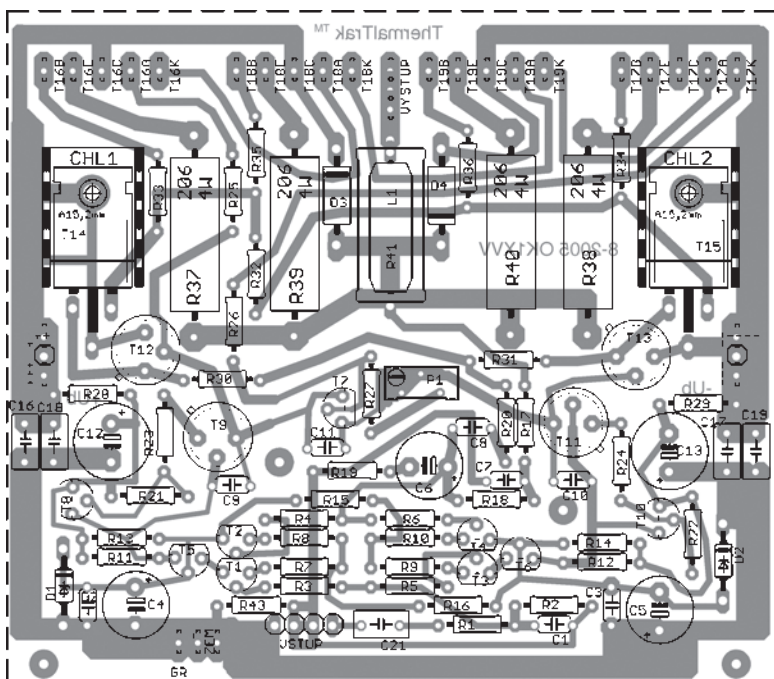
Obr. 4.5 Schéma zapojení zesilovače s tranzistory ThermalTrak



Obr. 4.6 Deska s plošnými spoji zesilovače s ThermalTrak (102 × 88 mm) – BEN0208

Tranzistory v pouzdře TO-264 se snadno upevňují, díra je izolovaná, jako izolační podložku použijte pásek k tomuto účelu vyráběného materiálu. Může být společný pro všechny 4 kusy. Hlavy šroubů můžete podložit větší tuhou podložkou nebo páskem hliníku či mědi tl. 4 mm s dírami svrtanými s chladičem, dosáhnete tak lepšího přitlaku tranzistorů k chladiči a lepšího přenosu tepla. I přitlačný pásek může být společný pro všechny čtyři koncové tranzistory, zlepši se rovnoměrnost chlazení. Pamatujte na dostatečně velký chladič, obzvláště pokud budete využívat maximálního napájecího napětí ± 63 V. Při zátěži jen 8 nebo 16 Ω lze připustit i vyšší napájecí napětí, ale musí se použít odpovídající filtrační kondenzátory na desce na napětí minimálně 100 V.

Malé rozměry modulu a vynikající teplotní stabilita svádí k použití malého chladiče, ale pro spolehlivý provoz a plné využití výkonu zesilovače by měl mít chladič se žebry tepelný odpor min. 1,5 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ pro zatížení zesilovače hudebním signálem. Podívejte se na Internetu do katalogu firem



Obr. 4.7 Rozmístění součástek zesilovače s tranzistory ThermalTrak

dodávajících chladiče. Lze s výhodou využít i aktivní chlazení dnes velmi levnými a dostupnými ventilátory z PC. Desku lze umístit kolmo k rovině chladiče nebo rovnoběžně na chladič, podle toho vytvářejte vývody tranzistorů a desku přichyťte k chladiči, nespolehejte na to, že ji při kolmé montáži udrží vývody tranzistorů, byť jich je 20. Pozor, ať spojovací materiál nebo deska nezpůsobí zkrat! Pokud chcete moduly zesilovače použít pro ozvučení, můžete je vestavět do skříně RACK. Do skříně výšky 2U lze umístit pohodlně čtyři tyto moduly, toroidní transformátor 500 až 600 W a odpovídající zdroj s kondenzátory min. $2 \times 20\,000\ \mu\text{F}$, avšak pak je nutné velmi účinné aktivní chlazení a teplotní odpojovače zátěže nebo napájení, který chrání moduly v případě poruchy chlazení.

Napěťové zesílení modulu je asi 20, takže pro výstupní výkon $200\ \text{W}/4\ \Omega$ (výstupní napětí 28,3 V) je potřeba vstupní napětí asi 1,42 V. To je tak „akorát“ pro buzení zesilovače z linkových výstupů předzesilovačů nebo mixážních pultů. Napěťové zesílení lze zvýšit úměrným zmenšením odporu rezistoru R19, například pro vybudzení zátěže s impedancí 8 Ω . Pokud