

Mezní údaje		
Napájecí napětí U_{CC} :		3 až 16 V.
Výstupní proud vrcholový, I_{OM} :		max. 1,5 A.
Ztrátový výkon P_{tot} při $\theta_a = 50^\circ\text{C}$:		max. 1,25 W.
Teplota přechodu θ_j :		max. 150°C .
Charakteristické údaje		
	Jmen.	Min.-max.
Výstupní výkon P_O ($R_L = 120\ \Omega$, $k = 10\%$, $f = 1\text{ kHz}$, $U_{CC} = 12\text{ V}$, $R_L = 8\ \Omega$):	2	W.
Vstupní napětí U_i ($U_{CC} = 9\text{ V}$, $P_O = 50\text{ mW}$, $f = 1\text{ kHz}$, $R_L = 8\ \Omega$, $R_i = 120\ \Omega$):	9,5	mV.
Napěťový zisk A_{v0} otevřené smyčky ($U_{CC} = 9\text{ V}$, $R_L = 8\ \Omega$, $f = 1\text{ kHz}$):	75	dB.
Šířka přeneseného pásma, BW (-3 dB) ($U_{CC} = 9\text{ V}$, $R_L = 8\ \Omega$, $R_i = 120\ \Omega$, $C_B = 220\text{ pF}$):	25 až 20 000 Hz.	
Zkreslení k ($U_{CC} = 9\text{ V}$, $P_O = 0,5\text{ W}$, $R_L = 8\ \Omega$, $R_i = 120\ \Omega$, $f = 1\text{ kHz}$):	0,4	%.
Vstupní odpor R_i :	5	M Ω .
Vstupní šumové napětí U_{iN} ($U_{CC} = 9\text{ V}$, BW = 25 až 20 000 Hz):	3	μV .

ATES a jiných výrobců, od něhož se odlišuje tvarováním vývodů (TBA820 je má tvarovány do dvou řad) a malých rozdílech elektrických vlastností.

Doporučená zapojení integrovaného obvodu UL1482M jsou shodná se zapojeními obvodu UL1482K (obr. 119 a 120).

Ní zesilovač malého výkonu UL1490N, UL1491R-UL1493R

Integrované obvody UL1490N a UL1491R – UL1493R jsou nízkofrekvenční zesilovače malých výkonů 600 mW a 1000 mW, určené pro použití v přenosných rozhlasových přijímačích napájených z baterií, gramofonech a magnetofonech. Jejich výstupní výkon je dán typem obvodu, závisí na napájecím napětí a použitím zatěžovacím odporu. Vnitřní elektrické zapojení obvodů je na obr. 122. Obvody UL1490N jsou v plastickém pouzdře CE75A, obvody UL1491R a UL1493R v pouzdře CE75B s 2× sedmi vývody ve dvou řádkách. Obdobnými zahraničními typy jsou: obvod UL1490N výrobek TBA790 Thomson-CSF, obvody UL1491R až UL1493R výrobek TBA790LA, TBA790LB a TBA790LC (jen velmi příbuzné).

Funkční blokové zapojení všech typů obvodů je na obr. 123. Obvody sdružují pět funkčních skupin: předzesilovač vstupního napětí, budicí zesilovač, invertor, dva koncové stupně a obvod automatické stabilizace stejnosměrné složky výstupního napětí.

Vývody: 01 – vazba typu „bootstrap“, 02 – nepoužit, 03 – kmitočtová kompenzace, 04 – nepoužit, 05 – zpětná vazba, 06 – nepoužit, 07 – vstup, 08 – zem, 09 – nepoužit, 10 – zem, 11 – nepoužit, 12 – výstup, 13 – nepoužit, 14 – přípoj napájecího napětí kladného $+U_{CC}$.

Předzesilovač tvoří tranzistory T_2 , T_3 pracující jako rozdílový zesilovač s malým proudem, který protéká přes proudový zdroj T_6 , T_7 , T_8 a R_1 a nezávisí na napájecím napětí. Tranzistorový stupeň T_2 , T_3 je symetrický, buzený vstupním signálem přes tranzistor T_1 typu p-n-p, jehož kolektor je součástí substrátu a tvoří zemní bod. Střídavý vstupní signál je omezo-

Obr. 123. Funkční
blokové zapojení
UL1490N, UL1491R
až UL1493R

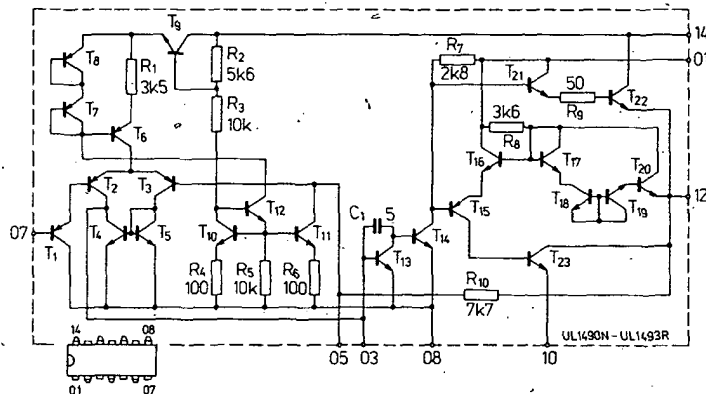
v kladné půlvlně napětí nasyceným stavem tranzistoru T_1 (asi 0,4 V).

Popsané uspořádání zesilovače dovoluje pracovat s malým kolektorovým proudem asi 0,1 mA u tranzistorů T_2 , T_3 a proudem báze tranzistoru T_1 rovným 25 nA. Proud báze slouží k vytvoření předpětí zesilovače. Protéká vnějšími vstupními obvody. Malý proud báze umožňuje vznik napětí, které vzhledem k trvalé funkci zpětné vazby se porovnává pouze v poměru k výstupnímu napětí; je asi 25 mV při vstupním odporu 1 M Ω , má vliv na posuv vstupního napětí a na maximální výstupní výkon.

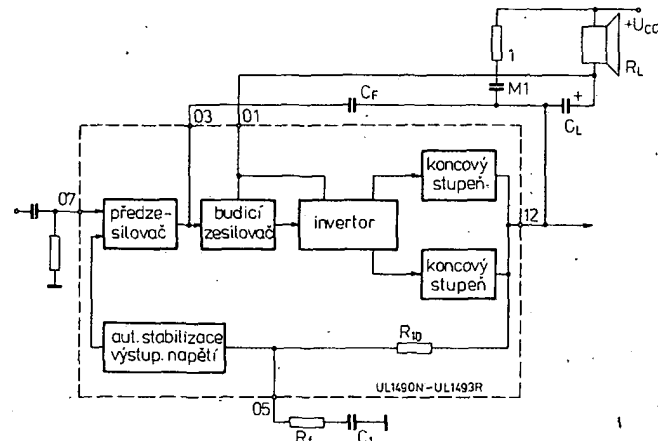
Na bázi tranzistoru T_3 se přivádí kladná zpětná vazba. Sumové napětí integrovaného obvodu UL1490N (další výklad platí též pro UL1491R až UL1493R) vzniká ve vstupním stupni obdobně jako ve všech zesilovačích. Sum se zmenšuje úměrně se stejnosměrným proudem kolektoru vstupního tranzistoru v okamžiku, kdy h_{21E} je blízko svého maxima. Technologie, kterou jsou IO vyrobeny, umožňuje vyrobit tranzistory s velkým proudovým zesilovacím činitelem i při malých proudech, což je velmi výhodné vzhledem k vlastnostem integrovaného obvodu.

Koncový zesilovač nepotřebuje při velkém proudu a zesílení velký proud budicího stupně. Proto pracuje budicí stupeň ve třídě A s klidovým proudem, zvětšujícím se na proudový proud báze, který je potřebný pro funkci tranzistoru T_{21} . Maximální výstupní signál tohoto stupně má být blízko napájecímu napětí U_{CC} , protože koncové stupně mají zesílení poněkud menší než jedna.

Zapojení tranzistorů T_{13} a T_{14} je rovnocenné použití jednoho tranzistoru n-p-n s velkým zesílením. Napětí emitor-báze tranzistoru T_{15} je minimálně $3U_{BE} + U_{CE\text{ sat}}$. Odpor R_8 ve vnitřní struktuře integrovaného obvodu je jedním koncem připojen k napájecímu napětí U_{CC} . Stejný směr



Obr. 122. Vnitřní elektrické zapojení
UL1490N, UL1491R až UL1493R



proud protékající tímto odporem udržuje vrcholové výstupní napětí, rovnající se napájecímu napětí U_{CC} .

K udržení počátečního vodivého stavu koncových tranzistorů (průtok omezeného klidového proudu) dostávají vstupní tranzistory T_{21} , T_{22} předpětí vzhledem k tranzistorům T_{15} , T_{23} . Při zbytečně velkém předpětí vznikají v obvodu výkonové ztráty. Naopak malé předpětí způsobuje omezovalání signálů s nízkým kmitočtem a velké zkreslení (posuvem fáze při průchodu nulou).

V zapojení zesilovače lze ještě poukázat na předpětí mezi bázemi tranzistorů T_{21} a T_{15} nebo na předpětí emitoru tranzistoru T_{15} . Klidový proud emitoru T_{22} nezávisí na proudovém zesílení h_{21E} tranzistorů n-p-n a p-n-p. Proud protékající odporem R_9 je asi 15 % proudu kolektoru tranzistoru T_{22} .

K dosažení nejlepší energetické bilance pracuje koncový zesilovač výkonu ve dvojčinném zapojení třídy AB. Jeho klidový proud má velikost potřebnou k vybuzení tranzistorů T_{15} a T_{21} . Každý pár řídicího a koncového tranzistoru T_{15} , T_{23} a T_{21} , T_{22} funkčně odpovídá jednomu tranzistoru s proudovým zesilovacím činitelem h_{21E} rovným součinu činitelů h_{21E} obou tranzistorů. Jeden pár tranzistorů (T_{21} , T_{22}) představuje obvod odpovídající tranzistoru typu n-p-n, druhý pár (T_{15} , T_{23}) tranzistoru p-n-p. Zapojení dovoluje použít výlučně tranzistory n-p-n s větším proudem, což je z technologického hlediska výhodnější a výrobně snazší než tranzistory p-n-p.

Tranzistory T_{21} , T_{22} jsou vodivé při kladné půlvlně vstupního signálu. Zatíženy jsou odporem reproduktoru přes elektrolitický kondenzátor, nabíjený na napětí $U_{CC}/2$, tj. na polovinu napájecího napětí. Napěťové zesílení stupně je blízké jedné. Během záporné půlvlny vstupního signálu jsou vodivé tranzistory T_{15} , T_{23} .

Protože časová konstanta $C_L R_L$ je vzhledem k napětí signálu velká, nabíjecí a vybíjecí pochod kondenzátoru C_L nezávisí jen na jeho svorkovém napětí. Výhodou použitého kvazikomplementárního zesilovače s dvojitým doplňkovým párem tranzistorů je velmi malý potřebný proud budícího stupně.

Výstupní výkon integrovaného obvodu UL1490N je omezen omezovačem napěťových špiček v okamžiku, kdy je jeden z tranzistorů v nasyceném stavu. Výstupní výkon je největší tehdy, přecházejí-li tranzistory T_{22} a T_{21} do nasyceného stavu při stejném signálu. Tento stav nastává při klidovém napětí, které se rovná polovině napájecího napětí U_{CC} .

Tranzistory T_{10} , T_{11} , T_{12} tvoří proudový zdroj. Tranzistor T_{12} kompenzuje proudy bází tranzistorů T_{10} , T_{11} .

Obvod zpětné vazby pro střídavé proudy se skládá z vnějšího kondenzátoru C_1 a odporu R_{11} , a z odporu R_{10} , který je součástí struktury IO. Vazba upravuje maximální zesílení signálu podle vztahu

$$G = \frac{R_{10}}{R_{11}}$$

přičemž odpor R_{10} je pevný a je 8 k Ω . Proto

$$G = \frac{A_u}{1 + \beta A_u} + \frac{1}{\frac{A_u}{\beta} + 1} = \frac{U_o}{U_i}$$

kde A_u je napěťové zesílení bez zpětné vazby,

G zesílení se zavedenou zpětnou vazbou,

β součinitel smyčky zpětné vazby.

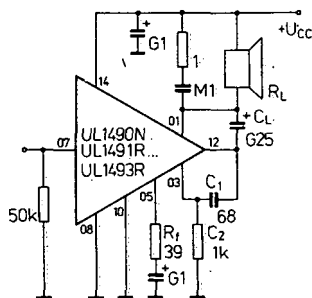
Pro integrované obvody UL1490N i UL1491R až UL1493R je β

$$\beta = \frac{R_{11}}{R_{11} + R_1}$$

K získání dobré stability obvodu se má překrývat průběh závislosti $A_u = f(f)$ s přímkou $G = 1/\beta$ se sklonem, který je blíží 6 dB na oktavu než 12 dB na oktavu, tzn. posuv fáze má být menší než 180° (nejvhodnější úhel je 135°).

Doporučeného posuvu fáze můžeme dosáhnout snížením mezního kmitočtu zesilovače s otevřenou smyčkou připojením vnějšího kondenzátoru C_F mezi vývody 12 a 03 integrovaného obvodu. Kapacita má být tím větší, čím je menší zesílení zesilovače s otevřenou smyčkou zpětné vazby. Kapacita, která zaručuje stabilní funkci pro malá zesílení, zaručuje stabilitu i pro větší zesílení $G = 1/\beta$. Přenášené kmitočtové pásmo není ovšem vždy optimální.

Napěťové zesílení UL1490N lze měnit volbou odporu R_{11} . Při $R_{11} = 0$ je zisk



Obr. 124. Doporučené zapojení UL1490N, UL1491R až UL1493R se zatěžovacím odporem připojeným ke kladnému napájecímu napětí

46 dB, zvětšuje-li se postupně odpor, bude napěťové zesílení až 1. Nedoporučuje se ovšem pracovat se ziskem uzavřené smyčky menším než 30 dB. Dolní hranice přenášeného kmitočtového pásma (pro pokles -3 dB) je dána kondenzátory C_1 a C_L . Je-li reaktance C_1 dostatečně menší než R_{11} , určuje dolní hranici přenášeného pásma kapacita kondenzátoru C_L . Kapacitu C_L v závislosti na zatěžovacím odporu R_L pro danou minimální hranici přenášeného pásma udává tabulka:

$f_{\min}$ [Hz]	R_L [Ω]	C_L [μ F]
10	16	1000
50	16	200
200	16	50
20	8	1000
100	8	200
400	8	50
40	4	1000
200	4	200
500	4	80

Obdobně lze určit hranici přenášeného pásma, které závisí na kapacitě kondenzátoru C_F .

Výstupní výkon zesilovače s UL1490N závisí na napájecím napětí a zatěžovacím odporu R_L podle vztahu

$$P_{O \max} = \alpha^2 \frac{U_{CC}^2}{8R_L}$$

kde α je součinitel využití, který určuje stupeň využití koncových stupňů; pohybuje se v mezích 0,8 až 0,9.

Maximální velikosti dalších parametrů jsou

$$I_{\max} = \frac{\alpha}{2} \frac{U_{CC \max}}{R_{L \min}}$$

$$P_{\text{tot max}} = \frac{1}{20} \frac{U_{CC}^2}{R_L} = \frac{0,4}{\alpha^2} P_{O \max}$$

Doporučená zapojení

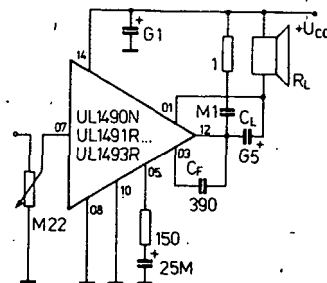
Integrované obvody UL1490N, UL1491R až UL1493R lze používat ve dvou již známých zapojeních – se zatěžovacím odporem připojeným k výstupu a kladnému napájecímu napětí anebo k zemi. První z obou zapojení nf zesilovačů malého výkonu je na obr. 124. Je vhodné pro použití v malých gramofonech a přenosných rozhlasových přijímačích. Rozdíl při použití jednotlivých typů IO je v rozdílných zatěžovacích odporech a kapacitě vazebního kondenzátoru C_L . Pro dané typy obvodů se doporučuje použít tyto součástky:

Typ	R_L [Ω]	C_L [μ F]
UL1490N	15	250
UL1491R	8	470
UL1492R	8	470
UL1493R	4	1000

Toto zapojení nf zesilovače je prakticky shodné s měřicím zapojením, v němž se měří integrované obvody ve výrobním pochodu.

Zapojení nf zesilovače s reproduktorem připojeným ke kladnému zdroji je na obr. 125. Takto zapojený IO UL1490N je často používán v přenosných gramofonech polské výroby Unitra.

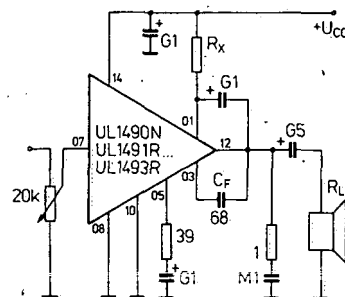
Zapojení zesilovače se zatěžovacím odporem mezi výstupem a zemí je na obr. 126. Elektrické vlastnosti obou popsaných zesilovačů odpovídají údajům uvedeným v tabulce. Pro úplnost uvádíme



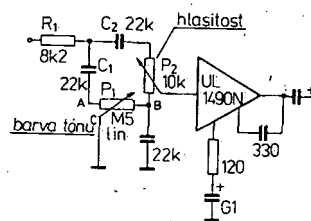
Obr. 125. Upravené doporučené zapojení nf zesilovače s UL1490N, UL1491R až UL1493R používané v přenosných gramofonech

rozsah přenášeného kmitočtového pásma v závislosti na kapacitě kondenzátoru C_F . Zcela lineární průběh charakteristiky začíná u dolního přenášeného kmitočtu 100 Hz, končí u kmitočtu 9000 Hz při $C_F = 68$ pF, u 5000 Hz při 150 pF, u 2000 Hz při 330 pF. Přenosová charakteristika se poněkud prodlouží pro -3 dB – začíná na 50 Hz a končí na 14 kHz, příp. 7 kHz. Pro -10 dB končí charakteristika na 31 kHz, příp. 18 a 9 kHz.

Těsně před integrovaným obvodem se doporučuje použít korekční obvod pro úpravu barvy tónu podle obr. 127. V tomto obvodu reaguje řízení barvy tónu na zpětnou vazbu zesilovače, přičemž se nemění poměr signálu k šumu. Potenciometrem P_1 se zdůrazňují v poloze A (bližší kondenzátoru C_1) hloubky při silném útlumu výšek, v poloze B (bližší kondenzátoru 22 nF) zdůrazňuje výšky na 10 kHz (při -3 dB) a 38 kHz (-10 dB) při současném potlačení hloubek.



Obr. 126. Doporučené zapojení nf zesilovače s UL1490N, UL1491R až UL1493R se zatěžovacím odporem připojeným na zem) R_x je 100 Ω pro UL1490N až UL1492R, 60 Ω pro UL1493R



Obr. 127. Korekční obvod používaný ve spojení s UL1490N v nf zesilovači výkonu

Mezní údaje			
Napájecí napětí U_{CC} :			6 až 12 V.
UL1492R:			6 až 15 V.
Výstupní proud I_O			
UL1490N:		max. 0,5 A,	
UL1491R, UL1492R:		max. 1,0 A,	
UL1493R:		max. 1,5 A,	
Ztrátový výkon P_{tot} (bez chladiče)			
UL1490N:		max. 0,6 W,	
UL1491R – UL1493R:		max. 1,0 W,	
Rozsah pracovních teplot okolí θ_a :			-25 až +70 °C.

Charakteristické údaje			
(platí při: UL1490N $\theta_a = 25$ °C, $U_{CC} = 9$ V, $R_L = 15$ Ω , $R_f = 39$ Ω .)			
UL1491R $\theta_a = 25$ °C, $U_{CC} = 9$ V, $R_L = 8$ Ω , $R_f = 39$ Ω .)			
UL1492R $\theta_a = 25$ °C, $U_{CC} = 12$ V, $R_L = 8$ Ω , $R_f = 39$ Ω .)			
UL1493R $\theta_a = 25$ °C, $U_{CC} = 9$ V, $R_L = 4$ Ω , $R_f = 39$ Ω .)			
Klidový napájecí proud I_{CCQ}	Jmen.	Min.-max.	
UL1490N:		≤ 10 mA,	
UL1491R, UL1493R:	6	≤ 10 mA,	
UL1492R:	8	≤ 10 mA,	
Výstupní výkon P_O			
($f = 1$ kHz, $k = 10$ %) UL1490N:	0,65	W,	
UL1491R:	1,2	W,	
UL1492R, UL1493R:	2,1	W,	
($f = 1$ kHz, $k = 2,5$ %) UL1491R:	1,0	W,	
UL1492R, UL1493R:	1,9	W,	
Zkreslení k			
($P_O = 0,15$ W, $f = 1$ kHz) UL1490N:		≤ 1 %,	
($P_O = 0,5$ W, $f = 1$ kHz)			
UL1491R – UL1493R:	0,4	≤ 1 %,	
Napěťový zisk A_u			
($P_O = 0,15$ W, $f = 1$ kHz) UL1490N:	46	41 až 50 dB,	
($P_O = 0,5$ W, $f = 1$ kHz)			
UL1491R – UL1493R:	46	41 až 50 dB,	
Šířka přenášeného pásma, BW:	15	kHz,	
Účinnost:			
($P_O = 0,53$ W, $f = 1$ kHz) UL1490N:	65	%,	
($k = 2,5$ %, $f = 1$ kHz) UL1491R, UL1492R:	70	%,	
($k = 2,5$ %, $f = 1$ kHz) UL1493R:	65	%,	
Vstupní odpor při $f = 1$ kHz:	1	M Ω ,	
Citlivost U_i			
($f = 1$ kHz, $P_O = 50$ mW) UL1490N:	4,3	2 až 20 mV,	
UL1491R, UL1492R:	3,2	1,5 až 15 mV,	
UL1493R:	2,0	1,0 až 10 mV,	
Šumové napětí na vstupu, U_{IN} :	1,0	mV,	

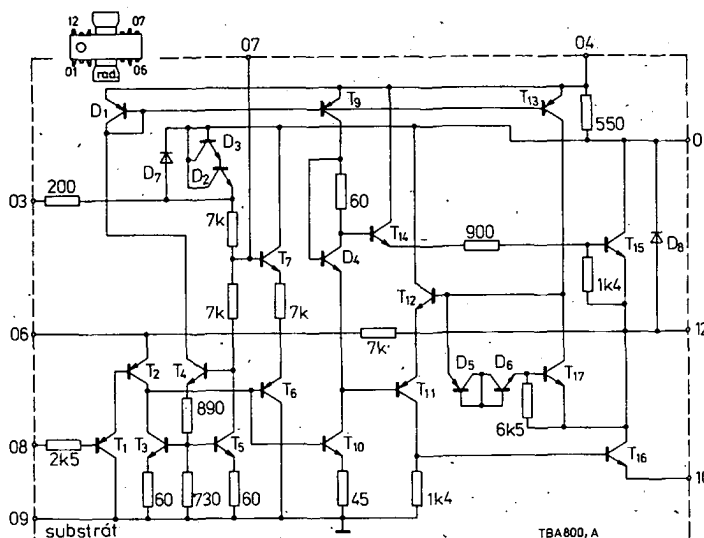
Nízkofrekvenční zesilovač výkonu, 5 W TBA800, TBA800A

Integrované obvody TBA800, TBA800A maďarské výroby Tungsram jsou monolitické nízkofrekvenční zesilovače středního výkonu 5 W, určené pro nf koncové zesilovače zvuku v televizních přijímačích a jiných nf zesilovačích, pracujících ve třídě B. Zesilovače pracují s napájecím napětím 24 V a zatěžovacím odporem 16 Ω . Vyznačují se širokým rozsahem napájecích napětí, velkým špičkovým výstupním proudem až 1,5 A, velkou účinností v provozu a malým zkreslením. Vnitřní elektrické zapojení obvodů je na obr. 128. Oba integrované obvody jsou v plastickém pouzdře s 2× šesti vývody tvarovanými do čtyř řad a středními širokými chladičskými vývody. Ty jsou u typu TBA800 tvarovány do třetí řady k připájení k fólii plošných spojů (pouzdro (P3) 9 W), u TBA800A jsou rovné a opatřeny dírou o $\varnothing$ 3,6 mm k přišroubování k chladiči (pouzdro (P4) 9 W).

Vývody: 01 – přípoj napájecího napětí U_{CC} , 02 – nepoužitý, 03 – nastavení předpětí, 04 – zpětná vazba „bootstrap“, 05 – kmitočtová kompenzace, 06 – zpětná vazba, 07 – potlačení zvlnění napájecího zdroje, 08 – vstup, 09 – substrát, 10 – zem výkonového stupně, 11 – nepoužitý, 12 – výstup. Široké chladičské vývody se uzemňují.

Doporučené zapojení

Příklad doporučeného zapojení nf zesilovače výkonu 5 W s TBA800, TBA800A je na obr. 129. Zesilovač pracuje s napájecím napětím 24 V a zatěžovacím odporem 16 Ω . Použije-li se zatěžovací odpor 8 Ω , lze dosáhnout výstupního výkonu jen 3,5 W, napájecí napětí je přitom třeba zmenšit na 18 V. Kapacity kondenzátorů C_3 a C_7 jsou voleny pro optimální přenosovou kmitočtovou charakteristiku zesilovače. Elektrické údaje zesilovače jsou uvedeny v tabulce.



Obr. 128. Vnitřní elektrické zapojení TBA800, TBA800A

Mezní údaje			
Napájecí napětí U_{CC} :			max. 30 V.
Výstupní proud I_{OM} vrcholový, neopakovatelný:			max. 2 A.
Výstupní proud I_{OM} opakovatelný:			max. 1,5 A.
Ztrátový výkon P_{tot} při $\theta_a = 80$ °C:			max. 1,0 W,
Ztrátový výkon P_{tot} při $\theta_c = 90$ °C:			max. 5,0 W,
Rozsah pracovních teplot okolí θ_a :			-40 až +150 °C.
Teplota θ vývodu při pájení ($t = 10$ s):			max. 260 °C.

Charakteristické údaje ($\theta_a = 25$ °C, $U_{CC} = 24$ V)			
Napájecí napětí U_{CC} :	Jmen.	Min.-max.	
Výstupní napětí klidové U_{OQ12} (při $U_{CE} = 24$ V):	12	5 až 30 V,	
Klidový proud vývodu 01, I_{CCQ1} :	9	≤ 20 mA,	
Předpětový proud I_g :	1	≤ 5 μ A,	
Výstupní výkon P_O ($R_L = 16$ Ω , $k = 10$ %, $f = 1$ kHz)	5	$\geq 4,4$ W,	
Vstupní saturační napětí $U_{I sat}$:		≥ 220 mV,	
Vstupní napětí $U_{I sat}$ ($R_L = 16$ Ω , $P_O = 5$ W, $f = 1$ kHz):	80	mV,	
Vstupní odpor R_{I18} (vývod 08):	5	M Ω ,	
Přenášené kmitočtové pásmo BW (-3 dB) ($R_L = 16$ Ω , $C_3 = 330$ pF):		40 až 20 000 Hz,	
Celkové zkreslení k harmonickým ($R_L = 16$ Ω , $P_O = 50$ mW až 2,5 W, $f = 1$ kHz):	0,5	%,	
Napěťový zisk A_u otevřené smyčky ($R_L = 16$ Ω , $f = 1$ kHz):	80	dB,	
Napěťový zisk A_{uO} uzavřené smyčky ($R_L = 16$ Ω , $f = 1$ kHz):	42	39 až 45 dB,	
Vstupní šumové napětí U_{IN} ($R_G = 0$ Ω , BW (-3 dB) = 40 až 20 000 Hz):	5	μ V,	
Vstupní šumový proud I_{IN} (BW (-3 dB) = 40 až 20 000 Hz):	0,2	nA,	
Účinnost ($R_L = 16$ Ω , $P_O = 5$ W, $f = 1$ kHz):	75	%,	
Teplotní odpor R_{thjc} TBA800:		≤ 12 K/W,	
TBA800A:		≤ 10 K/W,	
Teplotní odpor R_{thja} TBA800:		≤ 70 K/W,	
TBA800A:		≤ 80 K/W,	

