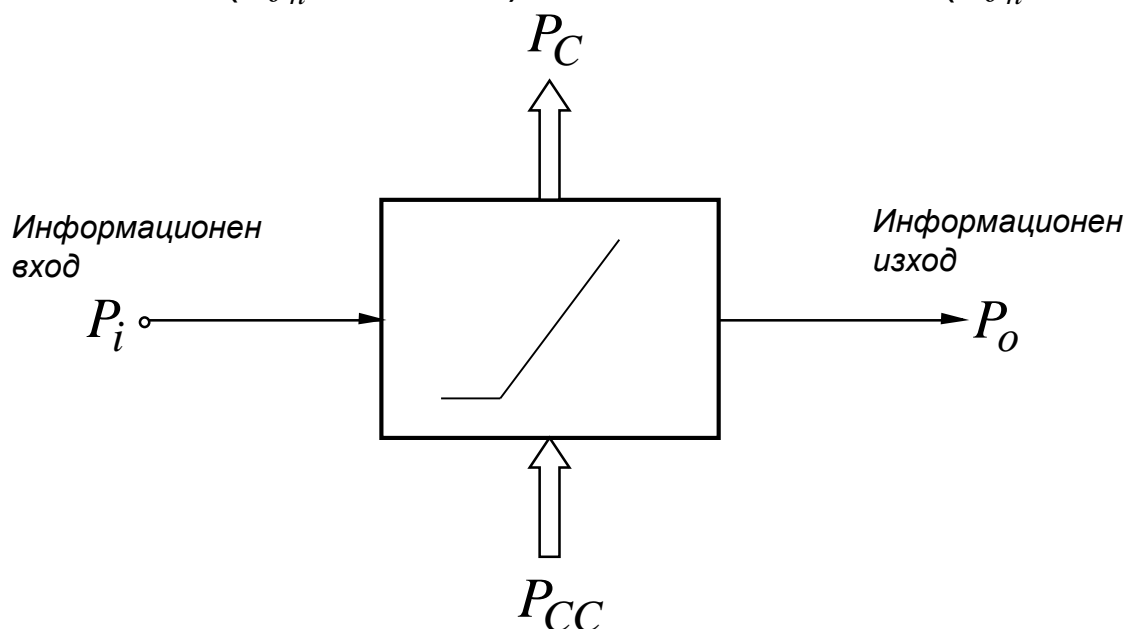


Нискочестотни усилватели на мощност

1 Основни определения

Усилвателите на мощност (power amplifiers) са аналогови електронни устройства, предназначени да предават на определен товар значителна електрическа мощност (например $P_L \geq 1W$) при голям коефициент на полезно действие. В зависимост от стойността на високата гранична честота f_h усилвателите на мощност биват нискочестотни (с $f_h \leq 100kHz$) и високочестотни (с $f_h > 100kHz$).

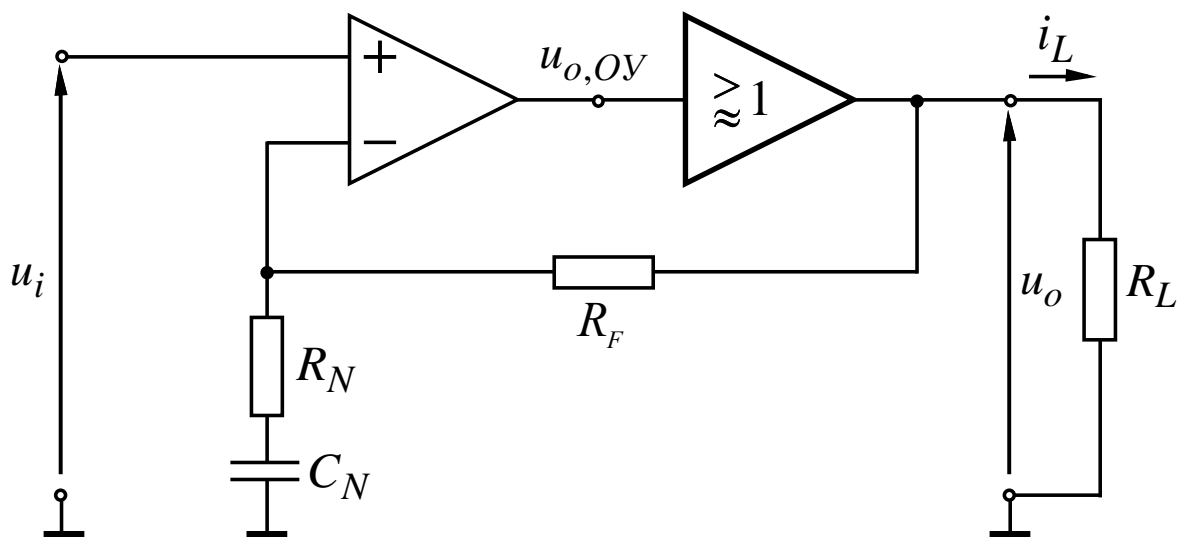


Основни изисквания:

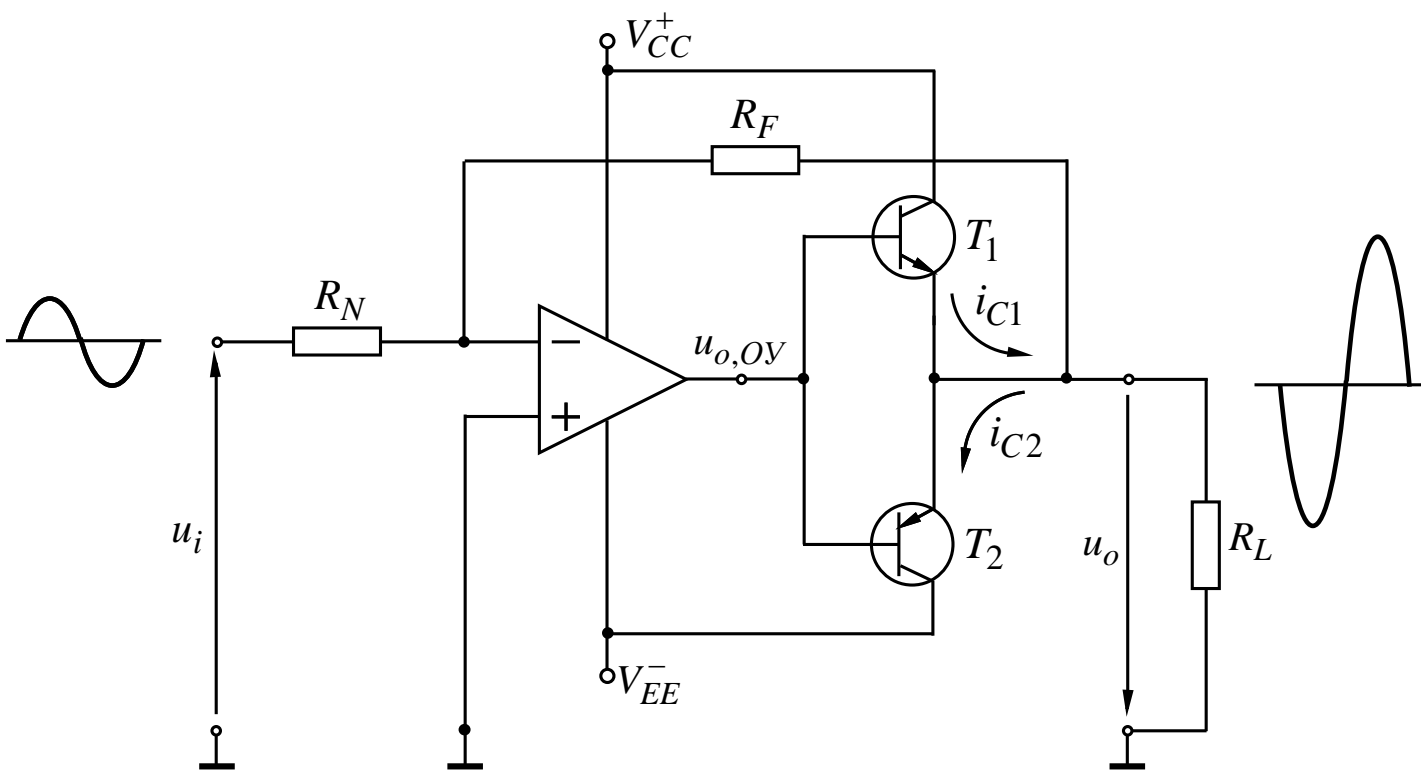
- Да отдават определена мощност в зададен товар, който в общия случай има комплексен характер;
- Да внасят минимални изкривявания във формата на усиления сигнал;
- Да имат голям коефициент на полезно действие. По такъв начин се осигурява по-голяма икономичност, което е от съществено значение при големи изходни мощности;
- Да имат голямо входно и малко изходно съпротивление. Така по-лесно се съгласува товарът с изходната верига на усилвателя и се постига голям коефициент на усиление по мощност;
- Да имат защиты срещу късо съединение или топлинно претоварване на крайните активни елементи.

2 Основни схеми на усилвател на мощност с ОУ и комплементарно крайно стъпало (клас АВ)

Обобщена схема



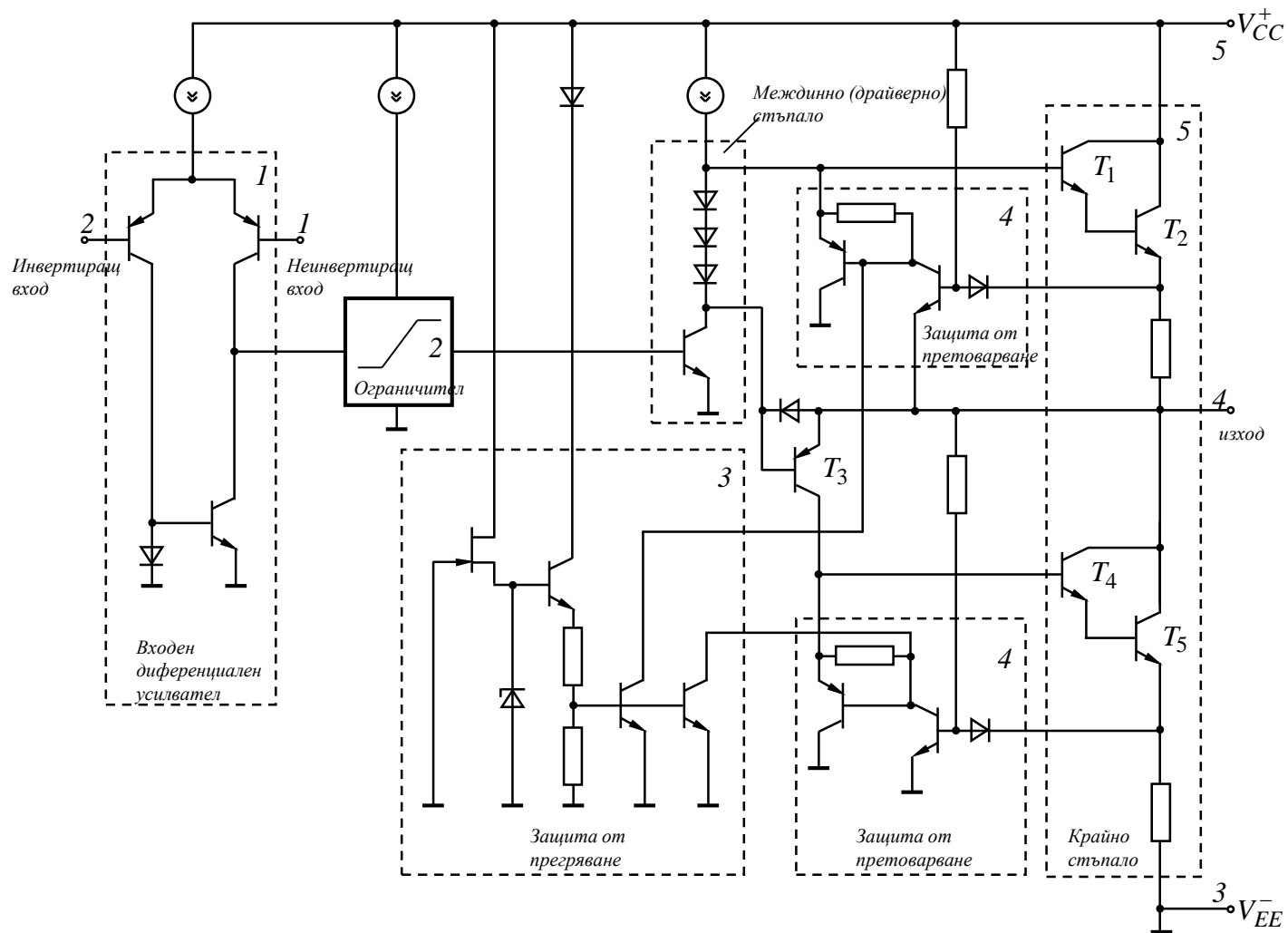
Принципна електрическа схема



3 Монолитни интегрални усилватели на мощност

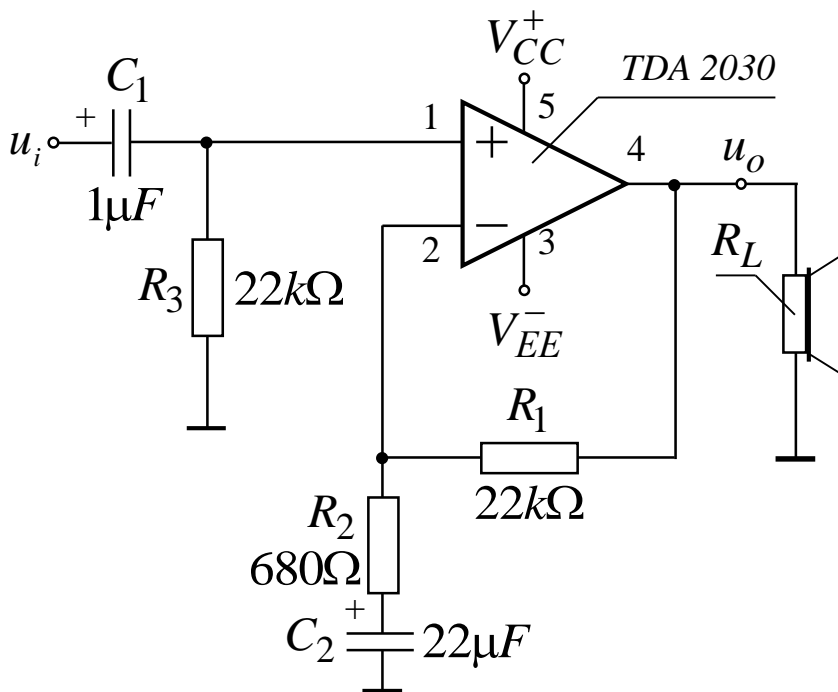
Редица фирми като *Maxim*, *National Semiconductor*, *Philips*, *Sanyo*, *Samsung*, *SGS Thomson*, *ST Microelectronics*, *Texas Instruments* и *Tesla* произвеждат монолитни интегрални нискочестотни усилватели на мощност. Някои от интегралните схеми съдържат само крайно стъпало, но често в чипа се включва и предусилвател. Принципните им схеми са подобни на тези с дискретни елементи.

- Опростена принципна схема на интегрален усилвател на мощност TDA 2030 (ST Microelectronics)

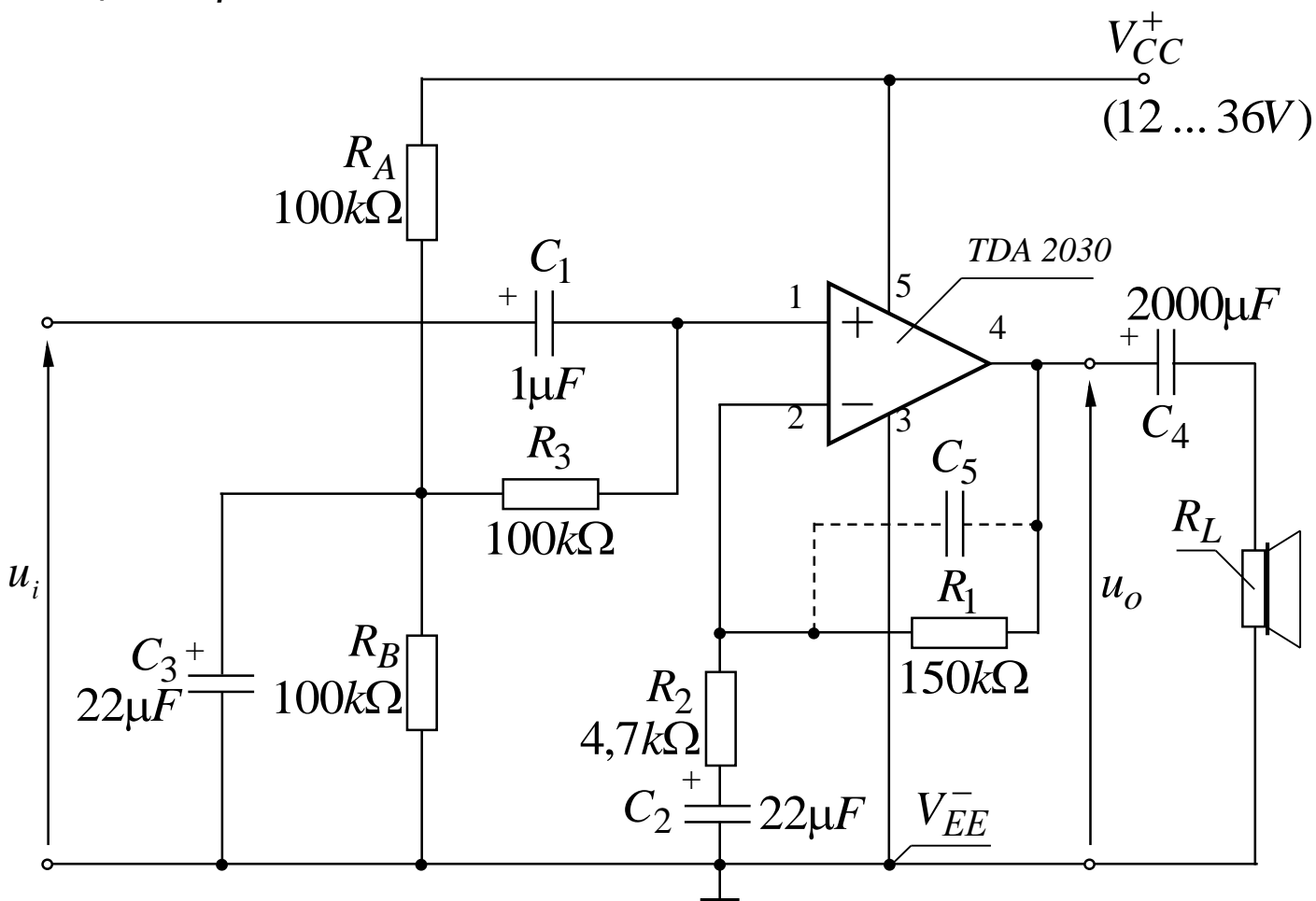


Основни каталожни данни на **TDA 2030**: Захранващо напрежение $\pm 6 \dots \pm 18V$ или $+12 \dots +36V$, пикова стойност на изходния ток $< 3,5A$, максимална разсейвана мощност $P_{tot} \leq 20W$, коефициент на усилване без ООВ $90dB$, клирфактор $0,2\%$ (за обхвата $f = 40 \dots 15000Hz$, $P_L \leq 12W$ и $R_L = 4\Omega$), работна честотна лента $10Hz \dots 140kHz$ за $P_L = 12W$, еквивалентно шумово напрежение и ток, съответно $3\mu V$ и $80pA$ в честотния обхват $B = 22Hz \dots 22kHz$, входен импеданс $\approx 5M\Omega$ за извод 1, топлинно съпротивление преход – корпус $\approx 3^\circ C/W$, 5 – изведен корпус тип Pentawatt.

- Усилвател на мощност с TDA 2030 с двуполярно захранващо напрежение

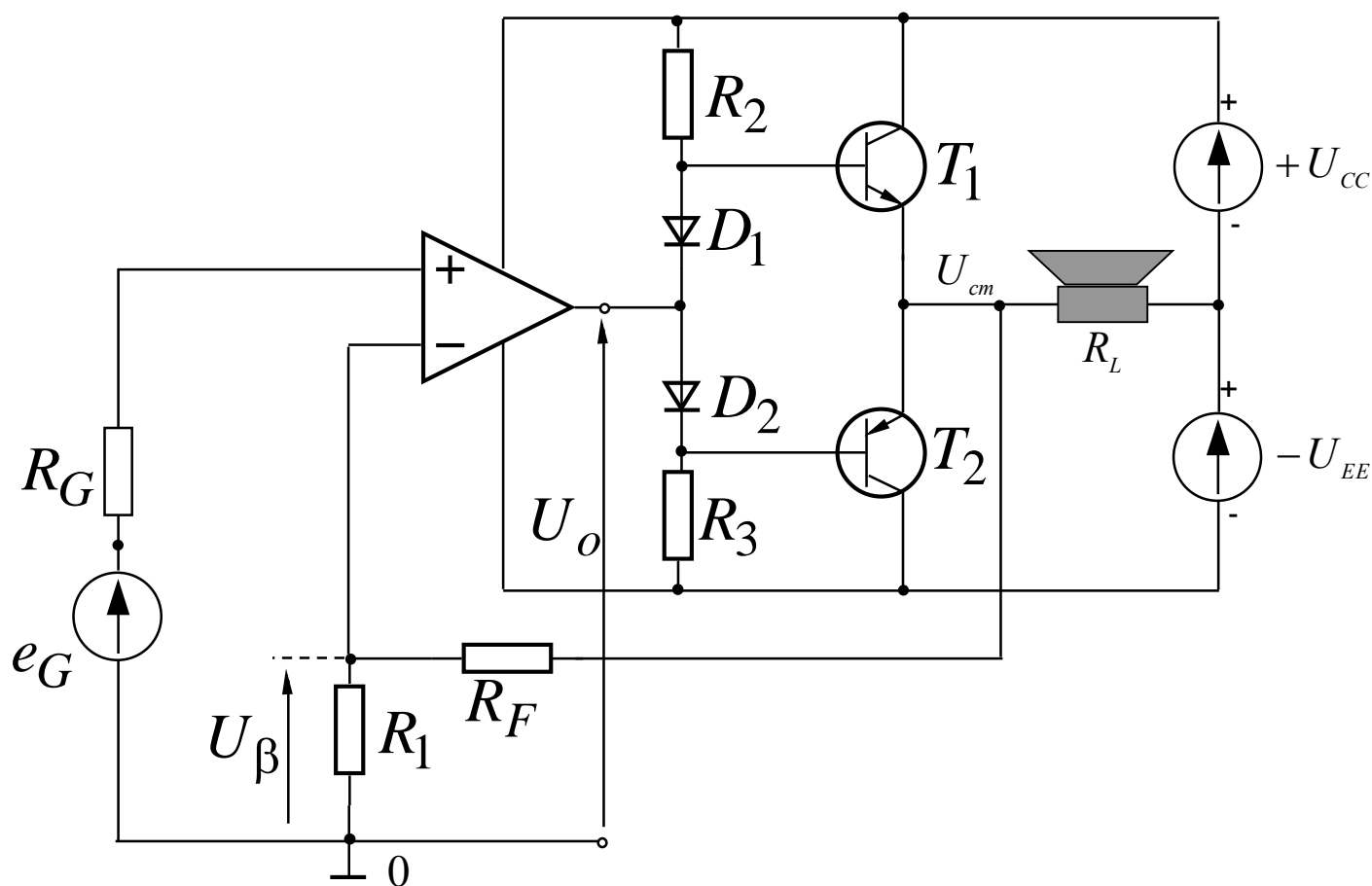


- Усилвател на мощност с TDA 2030 с еднополярно захранващо напрежение



Усилватели на мощност

Неинвертираща схема на аудиоусилвател на мощност с ОУ



1 Коефициент на усилване по напрежение

$$A_F = \frac{U_o}{e_G} = \frac{A_d}{1 + \beta A_d} = \frac{A_d}{F}; \quad \beta = \frac{U_\beta}{U_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_F}$$

2 Максималната мощност, която се отдава в товара

$$P_L = \frac{1}{2} U_{cm} I_{cm} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_{cm}^2}{R_L}; \quad P_{Lmax} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_{CC}^2}{R_L}$$

където $U_{cm} = U_{CC} - U_{CEsat} \approx U_{CC}$ при $U_{CC} \gg U_{CEsat}$

Усилватели на мощност

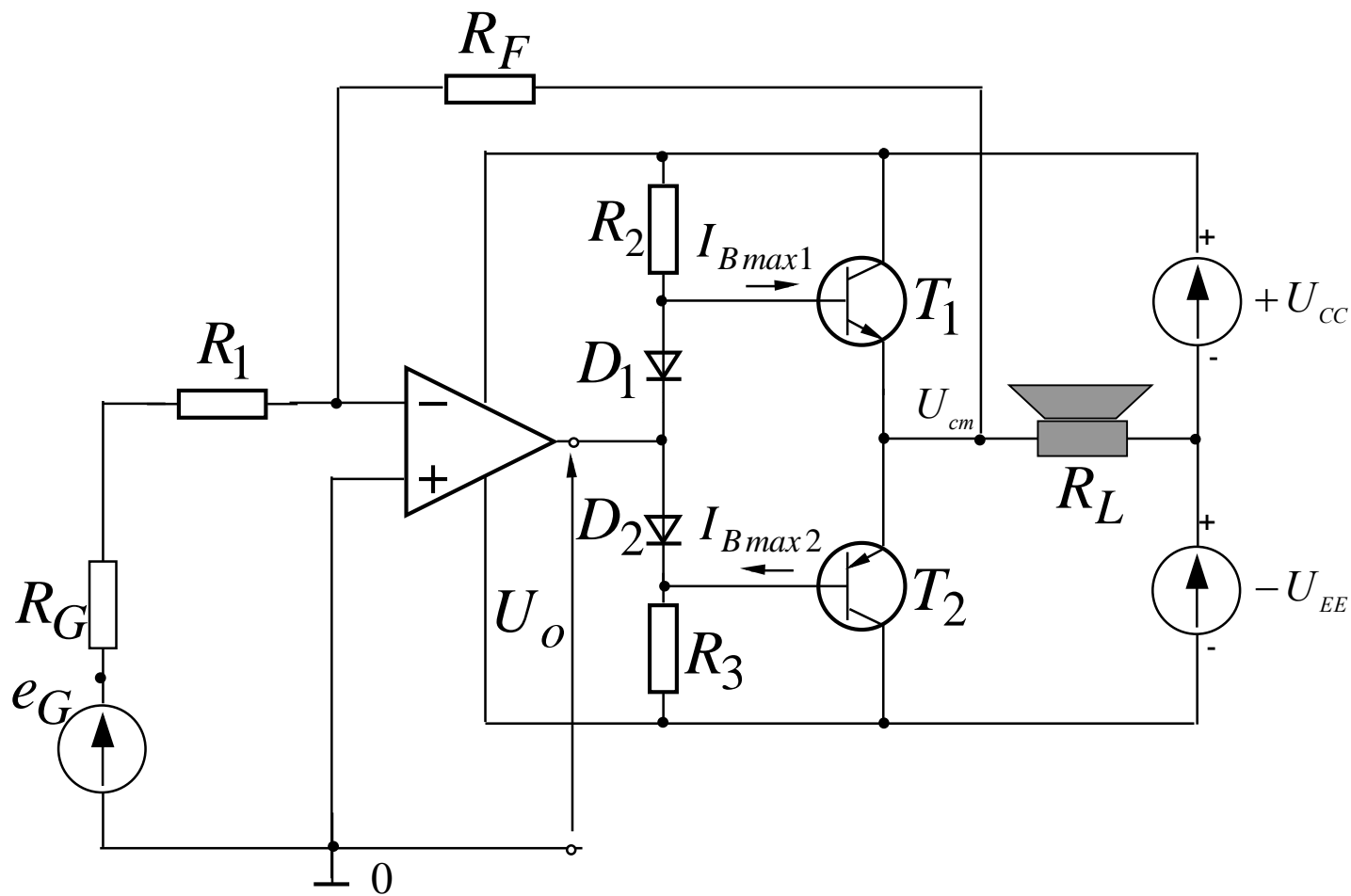
- 3 Изисквания към операционния усилвател в неинвертиращата схема на аудиоусилвател на мощност:

$$U_{o\max OY} > U_{cm}$$

$$I_{o\max, OY} > (5 \div 10) \times I_{B\max 1,2}$$

$$SR_{OY} > 2\pi f_h U_{i,m}, \quad \text{при } f_h < f_{p, OY} \times F$$

Инвертираща схема на аудиоусилвател на мощност с ОУ



Коефициент на усилване по напрежение

$$A_F = \frac{U_o}{U_G} = -\frac{R_F}{R_1} \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta A_d}}; \quad \beta = \frac{R_1}{R_1 + R_F} \text{ - коефициент на ООВ}$$

Топлинен режим на крайните транзистори. Радиатори

Разсеяна мощност в колекторния и емитерния преход за всеки от транзисторите T_1 и T_2

$$P_{tot} = P_{CE} + P_{BE} = I_C U_{CE} + I_B U_{BE} ;$$

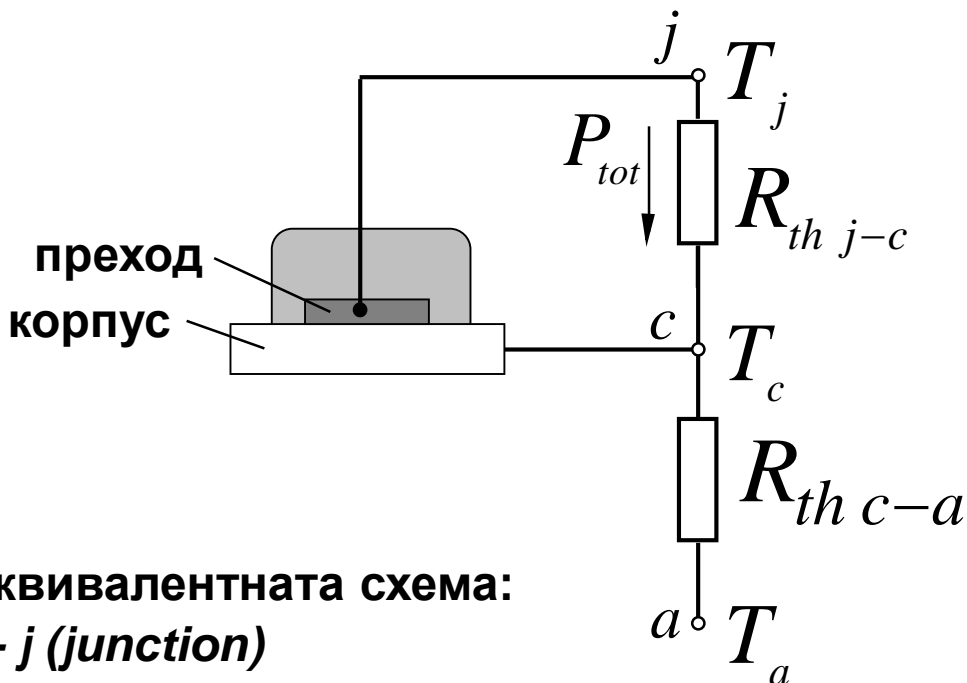
$$P_{CE} = I_C U_{CE} \quad \text{- Разсеяна мощност в емитерния преход}$$

$$P_{BE} = I_B U_{BE} \quad \text{- Разсеяна мощност в колекторния преход}$$

$$P_{tot} \approx I_C U_{CE} \quad (I_C \gg I_B)$$

Топлинен режим на крайните транзистори. Радиатори

Еквивалентната схема, илюстрираща преминаването на топлинния поток от колекторния преход на транзистора



Полюси в еквивалентната схема:

Преход - j (junction)

Корпус - c (corpus)

Околна среда - a (ambient)

Разсеяна мощност:

$$P_{tot} = \frac{T_j - T_a}{R_{th\ j-a}} = \frac{T_j - T_a}{R_{th\ j-c} + R_{th\ c-a}}$$

$$R_{th\ j-a} = R_{th\ j-c} + R_{th\ c-a}$$

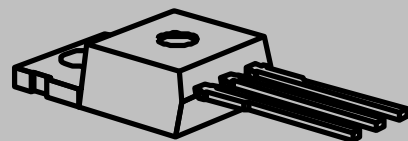
топлинно съпротивление
между колекторния преход и
околната среда

TO220

$$R_{th\ j-c} = 2,5^\circ C / W$$

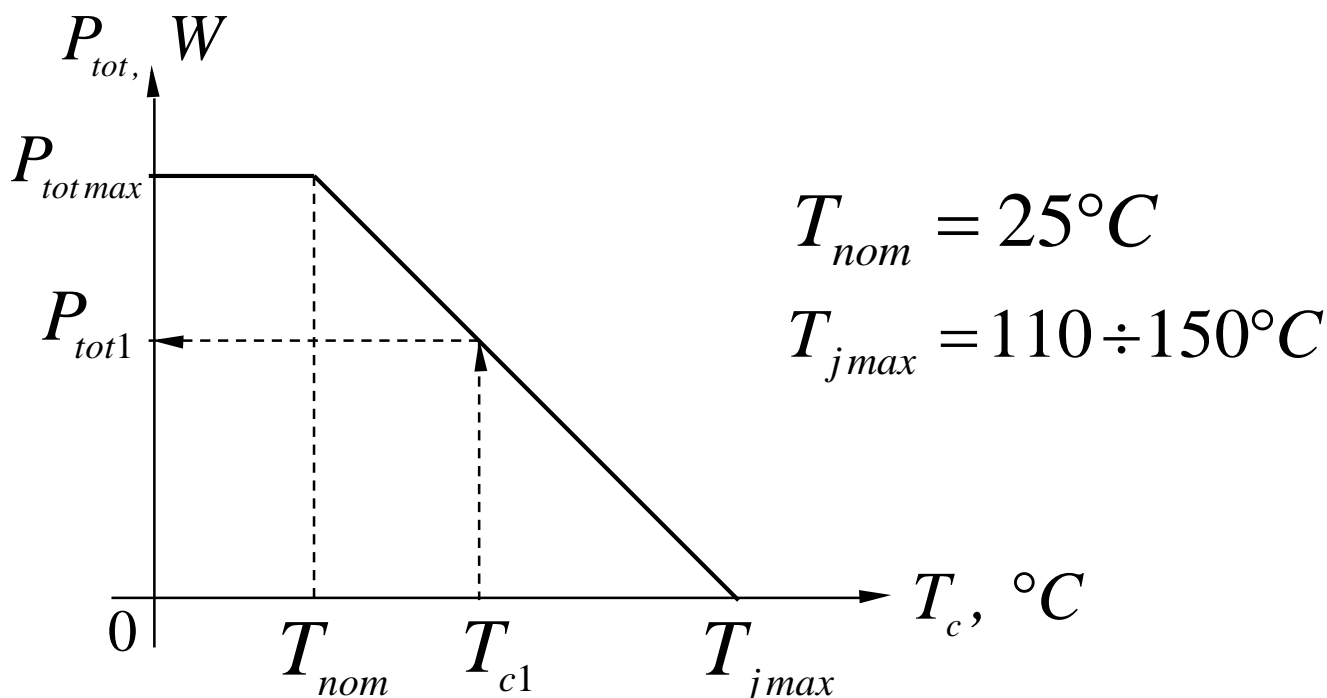
$$R_{th\ c-a} = 60^\circ C / W$$

$$R_{th\ j-a} = 62,5^\circ C / W$$

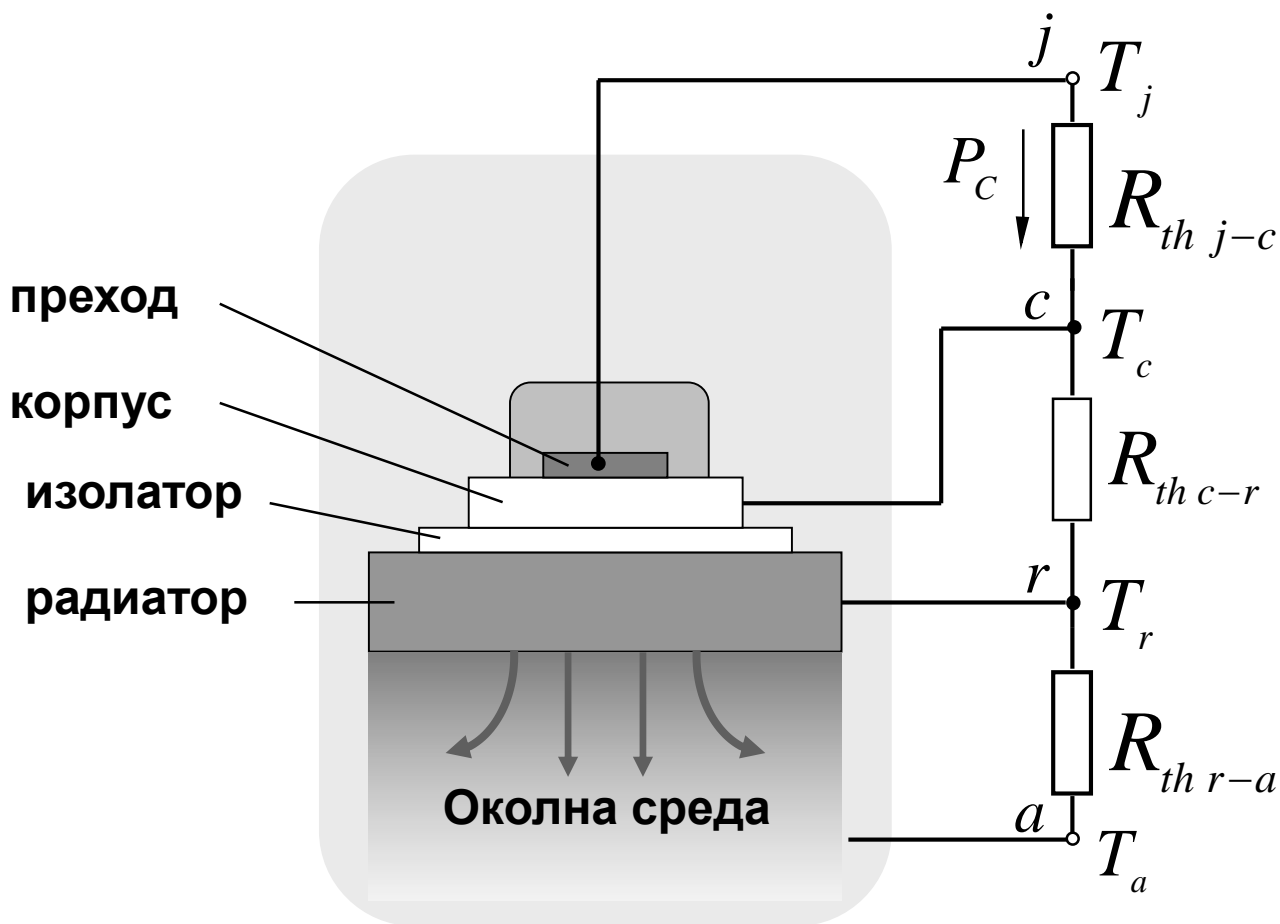


Топлинен режим на крайните транзистори. Радиатори

Зависимост на допустимата загубна мощност от температурата на корпуса



Еквивалентната схема, илюстрираща преминаването на топлинния поток от колекторния преход на транзистора с радиатор



Топлинен режим на крайните транзистори. Радиатори

Общо топлинно съпротивление

$$R_{th\ j-a} = R_{th\ j-c} + R_{th\ c-r} + R_{th\ r-a}$$

$R_{th\ j-c}$ - Топлинно съпротивление между прехода и корпуса

$R_{th\ c-r}$ - Топлинно съпротивление между корпуса и радиатора

$R_{th\ r-a}$ - Топлинно съпротивление между радиатора и околната среда

$$T_j - T_a = P_c (R_{th\ j-c} + R_{th\ c-r} + R_{th\ r-a}) = P_c R_{th\ j-a}$$

Максимално допустима загубна мощност при $T_{j\ max}$

$$P_{C\ max} = \frac{T_{j\ max} - T_a}{\underbrace{R_{th\ j-c} + R_{th\ c-r} + R_{th\ r-a}}_{R_{th\ j-a}}}$$

Охлаждащи радиатори (*Heat Sink – HS*) използвани с корпуси за мощни транзистори TO3, TO218 и TO220



Web – адреси на фирми, произвеждащи охлаждащи радиатори

Fischer Elektronik – www.fischer-elektronik-hf.de

Aavid Thermalloy – www.aavidthermalloy.com

Infineon Technologies – www.infineon.com