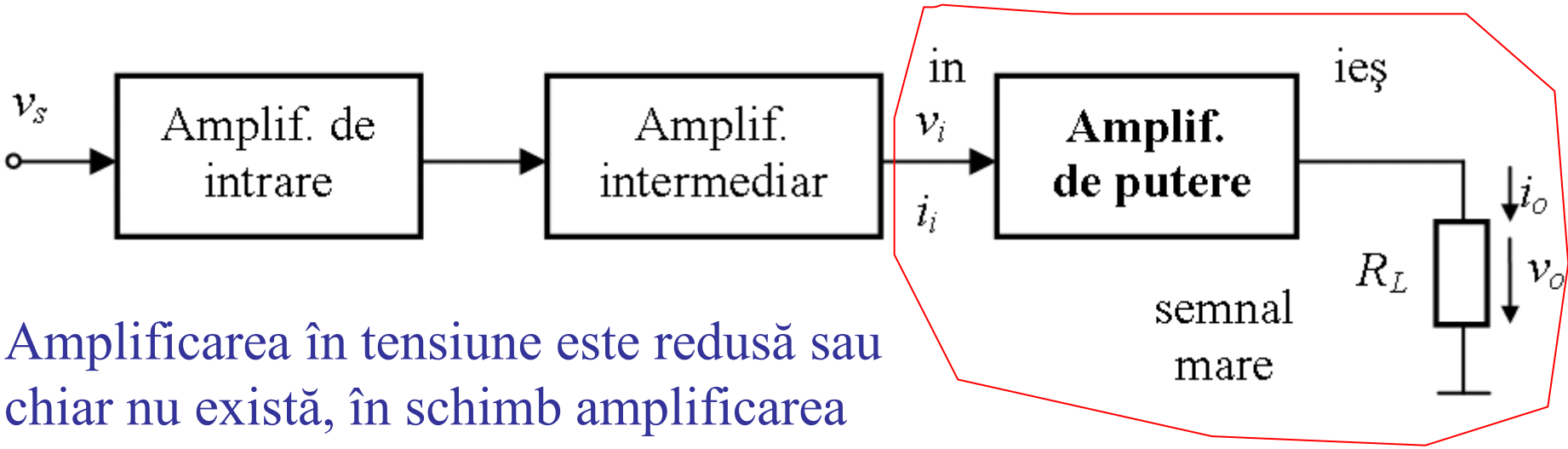
Amplificatoare de putere



Amplificarea în tensiune este redusă sau chiar nu există, în schimb amplificarea în curent este substanţială.

$$v_o \approx v_i \qquad p_i = i_i v_i$$

$$i_o > i_i \qquad p_o = i_o v_0$$

$$p_o > p_i$$

Se mai numesc și amplificatoare de semnal mare sau amplificatoare de ieșire.

Cerințe pentru amplificatoarele de putere

- rezistenţă de ieşire scăzută (poate furniza semnal de ieşire fară piedere de putere)
- liniaritate cât mai bună (semnal de ieşire nedistorsionat)

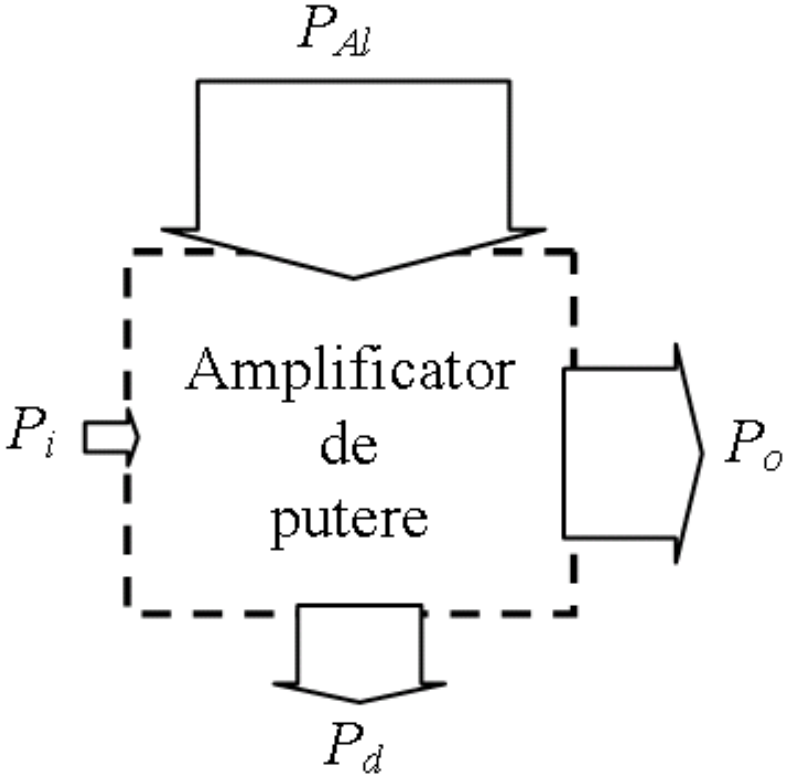
$$THD = \frac{\sqrt{V_{ef2}^2 + V_{ef3}^2 + V_{ef4}^2 + \cdots}}{V_{ef1}}$$

$$THD < 1\%$$

amplificatoare Hi-Fi

- randament (cât mai) ridicat (prelungeşte durata de funcţionare a bateriilor)

Transferul de putere. Randament



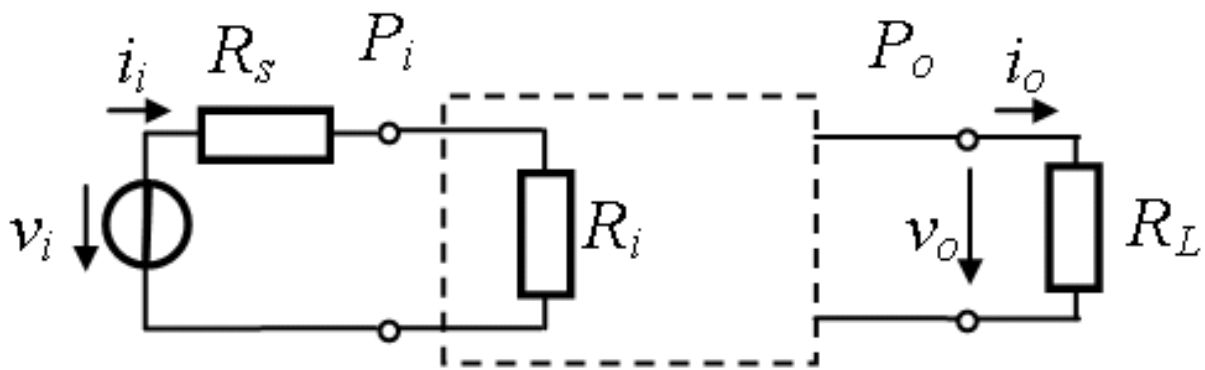
$$P_i + P_{Al} = P_d + P_o$$

$$P_i << P_{Al}$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_{Al}}$$

P_d - putere disipata sub forma de caldură (putere pierduta)

Amplificarea în putere



Optional

$$A_p = \frac{P_o}{P_i}$$

puteri medii, in regim sinusoidal

$$P_o = \left(\frac{\hat{V}_o}{\sqrt{2}}\right)^2 \frac{1}{R_L} = \frac{\hat{V}_o^{\,2}}{2R_L}$$

$$P_i = R_i\left(\frac{\hat{I}_i}{\sqrt{2}}\right)^2 = R_i \frac{\hat{V}_i^{\,2}}{2(R_i + R_s)^2}$$

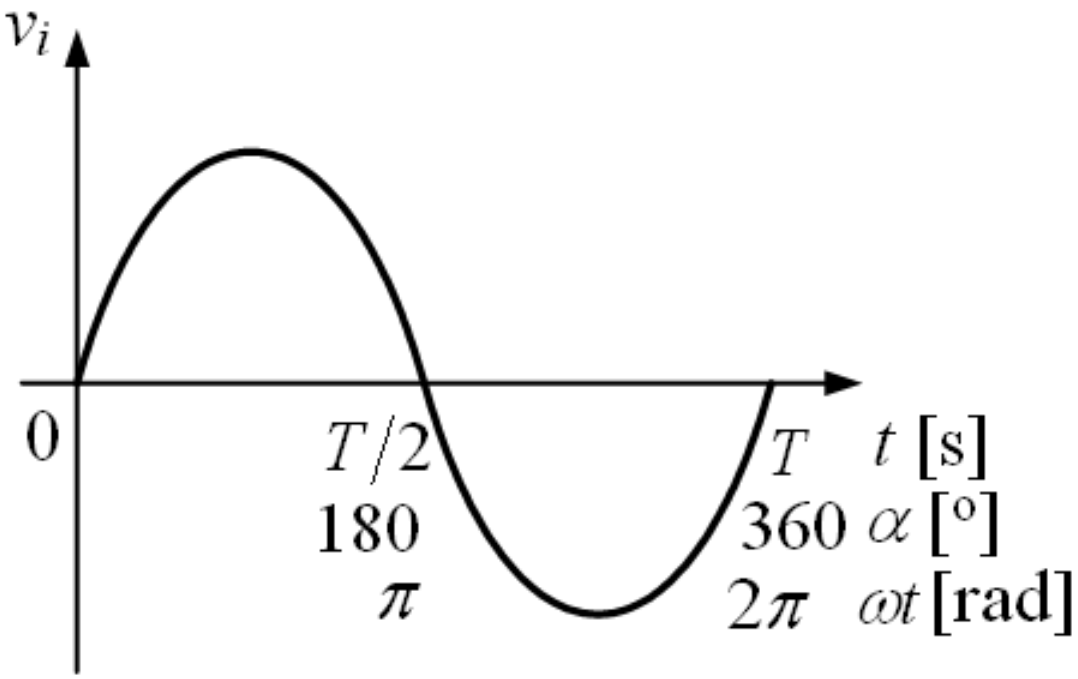
$$A_p = \frac{P_o}{P_i} = \left(\frac{\hat{V}_o}{\hat{V}_i}\right)^2 \frac{(R_i + R_s)^2}{R_i R_L}$$

$R_i >> R_s$

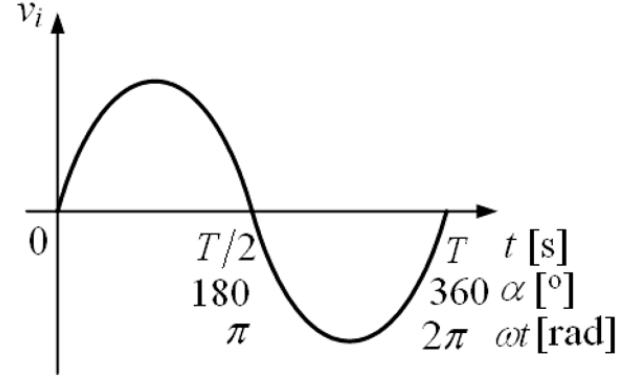
$$A_p \approx \left(\frac{\hat{V}_o}{\hat{V}_i}\right)^2 \frac{R_i}{R_L}$$

Clase de funcționare

• în concordanţă cu intervalul de conducţie al tranzistorului amplificator într-o perioadă a semnalului sinusoidal

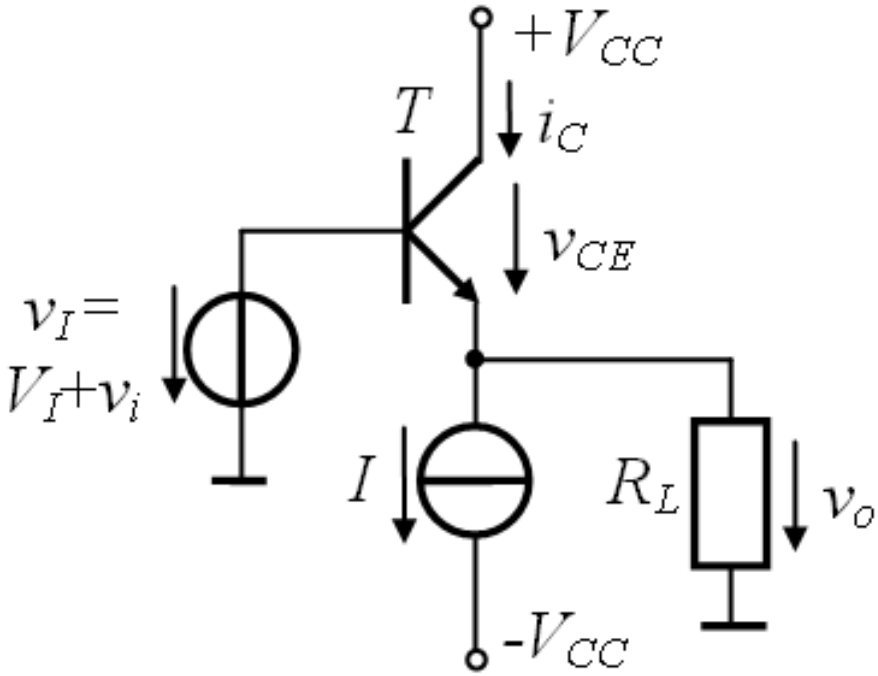


Clase de funcționare



Clasa de functionare	Interval de conductie	Randament maxim teoretic	Obs.
A	$t_C=T$	25%	amplificatoare de semnal mic
B	$T/2$	78,5%	distorsiuni de racordare; amplificatoare audio
AB	$T/2<t_C<T$	78,5%	elimina distorsiunile de racordare; amplificatoare audio
C	$t_C<T/2$	90%	transmitatoare RF, sarcina acordata pentru etajul de ampificare
D	comutare	80% - 95%	utilizeaza modularea impulsurilor in latimesi filtrarea pasiva la ieşire; amplificatoare audio (subwoofer in automobile), controlul motoarelor cc.
E	comutare	96%	amplificatoare acordate (unde radio si microunde)
G	similar AB		comutatrea tensiunii de alimentare in funcție de marimea semnalului de ieşire
H	similarG	100%	Tensiune de alimentare este "modulată" de semnalul de ieşire (menținută cu puțin peste mărimea semnalului).

Clasa A



$v_o \approx v_i$ semnal variabil

repetor pe emitor pentru tensiunea variabila de intrare

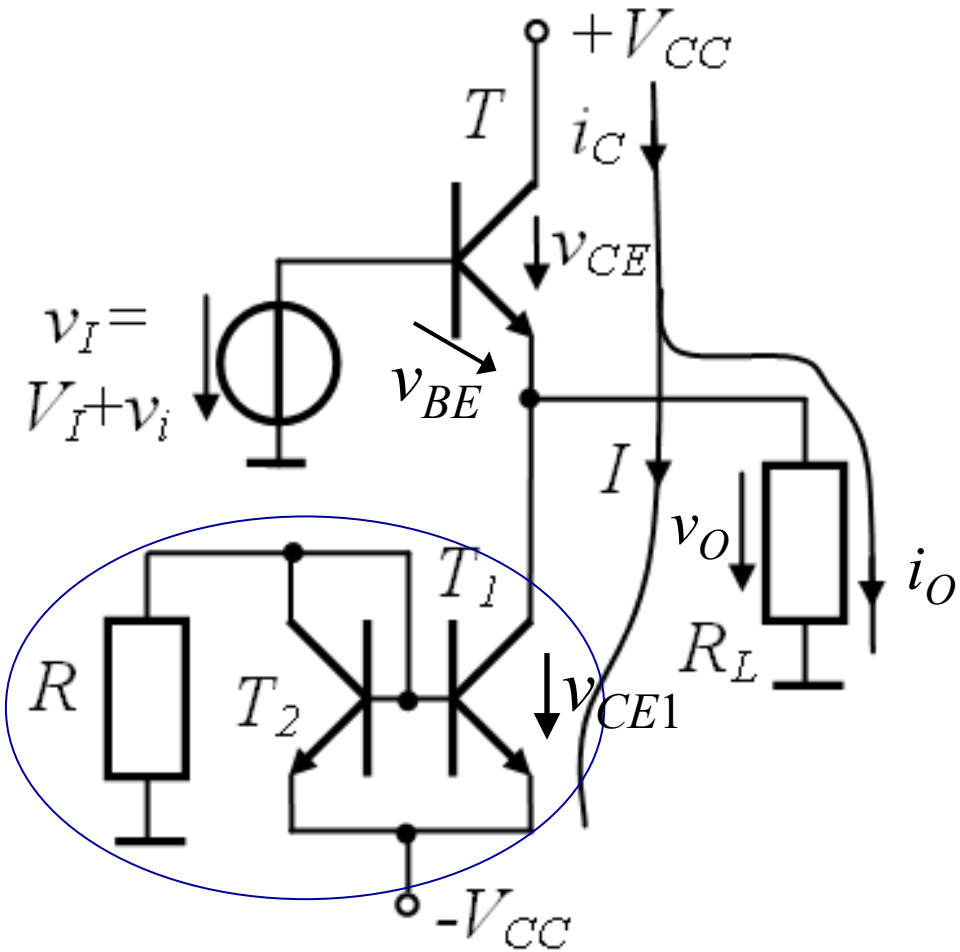
conexiune colector comun (CC)

Cum se poate implementa sursa de curent?

Funcționare. CSTV

$$v_O = v_I - v_{BE} = v_I - 0{,}7\text{V}$$

$$v_{CE} = V_{CC} - v_O; \quad v_{CE1} = v_O + V_{CC}$$



$v_I \uparrow, \quad v_o \uparrow, \quad v_{CE} \downarrow$

$$\boldsymbol{v_{Omax}} = V_{CC} - v_{CEsat} \approx \boldsymbol{V_{CC}}$$

T – ajunge la saturație

$$v_{Imax} = v_{Omax} + 0{,}7\text{V} \approx V_{CC} + 0{,}7\text{V}$$

$v_I \downarrow, \quad v_o \downarrow, \quad v_{CE1} \downarrow$

$$\boldsymbol{v_{Omin}} = -V_{CC} + v_{CE1sat} \approx -\boldsymbol{V_{CC}}$$

T_1 – ajunge la saturație

$$v_{Imin} = v_{Omin} + 0{,}7\text{V} \approx -V_{CC} + 0{,}7\text{V}$$

Sursa de curent

$$I = \frac{V_{CC} - V_{BE2}}{R}$$

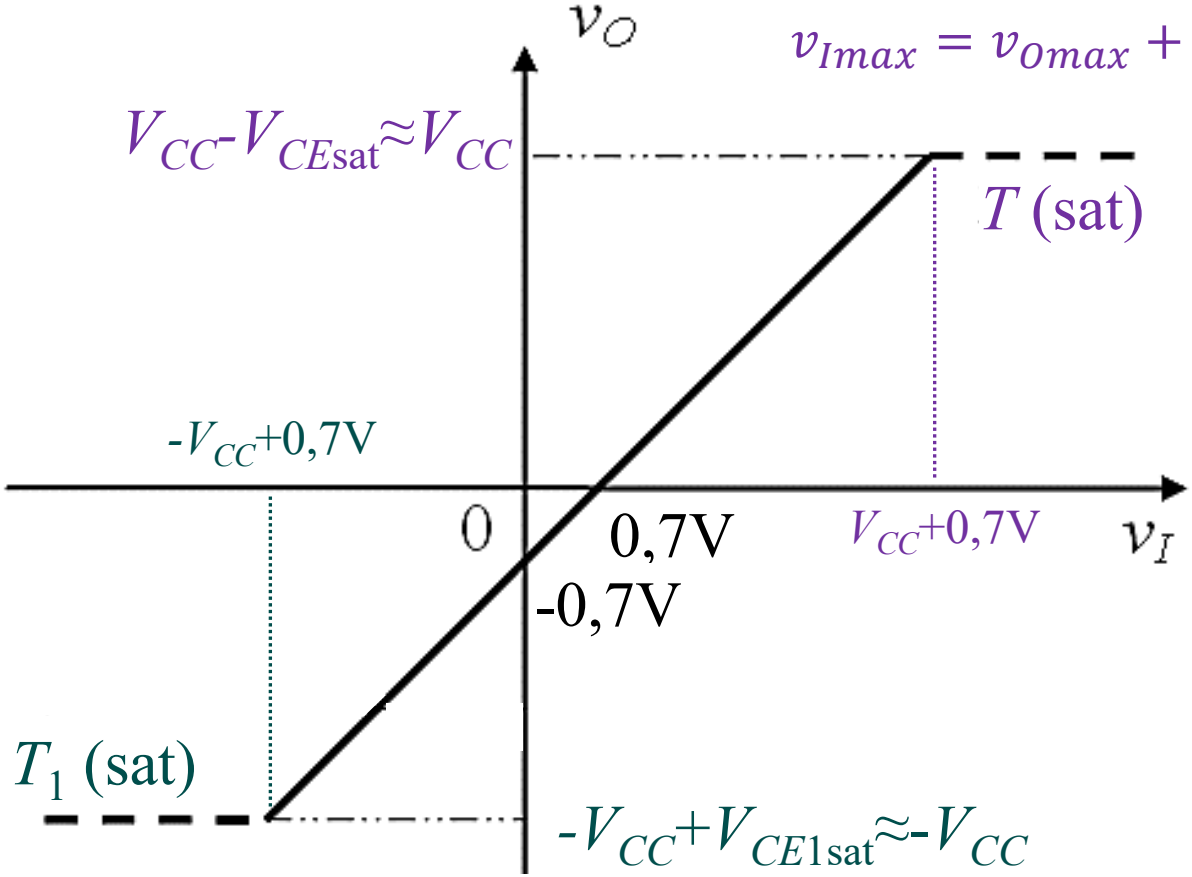
Caracteristica statică de transfer în tensiune (CSTV)

$$v_O = v_I - v_{BE} = v_I - 0,7\text{V}$$

$$v_{Omax} = V_{CC} - v_{CEsat} \approx V_{CC}$$

T – ajunge la saturație

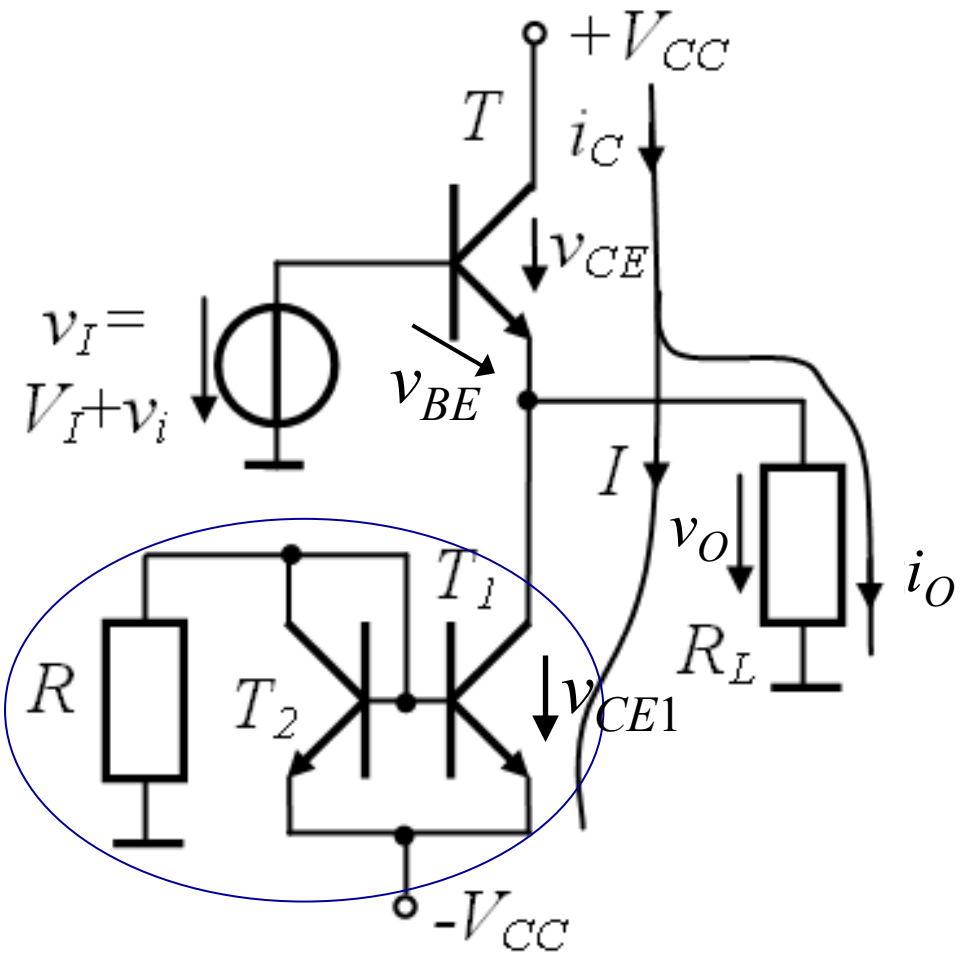
$$v_{Imax} = v_{Omax} + 0,7\text{V} \approx V_{CC}+0,7\text{V}$$



$$v_{Omin} = -V_{CC} + v_{CE1sat} \approx -V_{CC}$$

T_1 – ajunge la saturație

$$v_{Imin} = v_{Omin} + 0,7\text{V} \approx -V_{CC}+0,7\text{V}$$



$$i_C = I + i_O = I + \frac{v_O}{R_L}$$

$$i_{Cmax} = I + \frac{v_{Omax}}{R_L} = I + \frac{V_{CC}}{R_L}$$

$$i_{Cmin} = I + \frac{v_{Omin}}{R_L} = I - \frac{V_{CC}}{R_L}$$

$$T - (a_F); \quad i_{Cmin} \geq 0$$

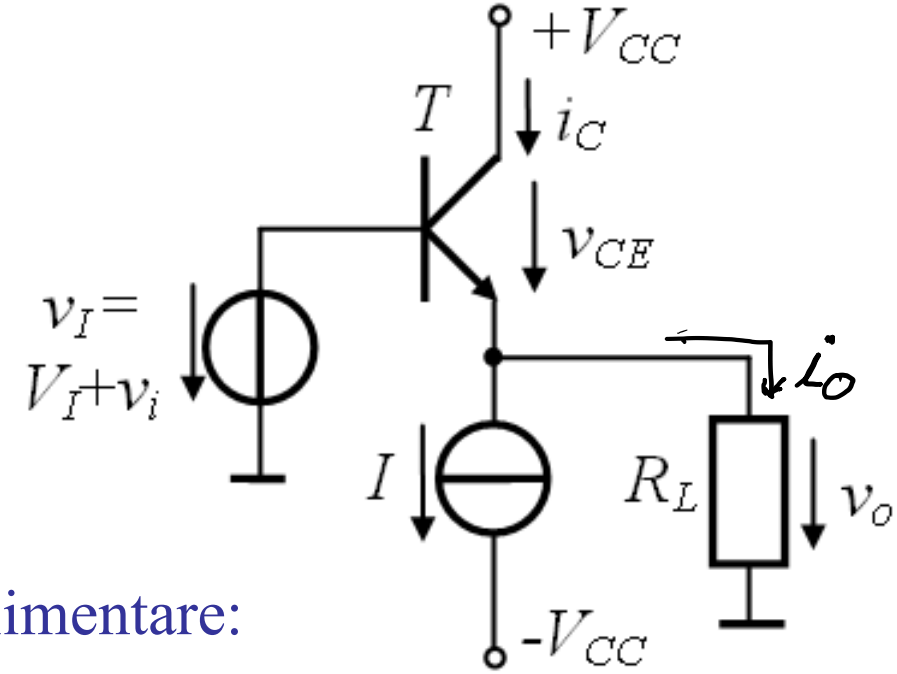
$$I - \frac{V_{CC}}{R_L} \geq 0; \quad \boxed{\boldsymbol{R_L I \geq V_{CC}}}$$

Puteri. Randament

$$v_i(t) = \hat{V}_i \sin \omega t$$

$$v_o(t) = \hat{V}_o \sin \omega t$$

$$i_o(t) = \hat{I}_o \sin \omega t \qquad \hat{I}_o = \frac{\hat{V}_o}{R_L}$$



Puterea medie consumată de la alimentare:

$$P_{Al} = P_{+V_{cc}} + P_{-V_{cc}} = V_{CC} i_{cmed} + (-V_{CC})(-I)$$

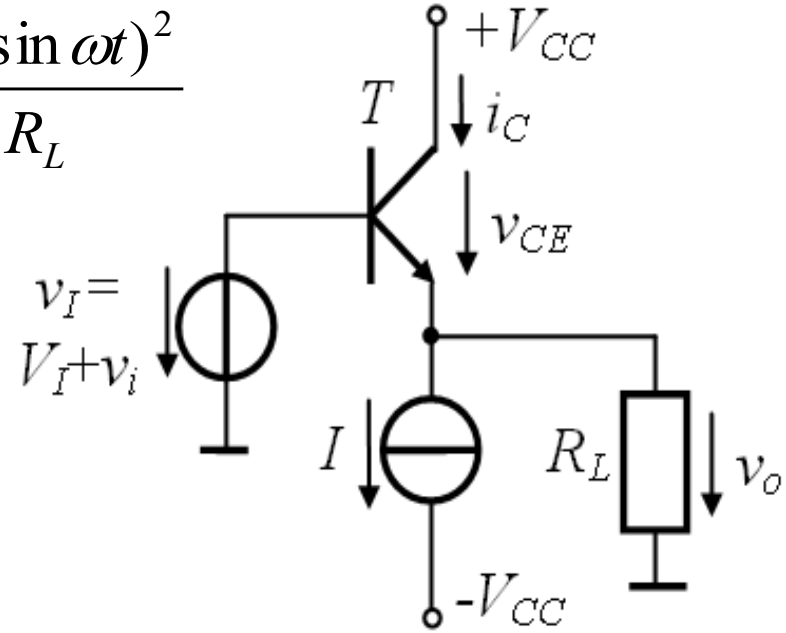
$$i_C(t) = I + \frac{v_o(t)}{R_L} = I + \frac{\hat{V}_o \sin \omega t}{R_L}$$

$$i_{cmed} = I + 0 = I \qquad \boxed{P_{Al} = 2V_{CC} I}$$

Se consumă putere şi în lipsa semnalului de intrare (conduce la scăderea randamentului)

Putere instantanee la ieșire

$$p_o(t) = i_o(t)v_o(t) = \frac{v_o^{\,2}(t)}{R_L} = \frac{\hat{V}_o^2(\sin\omega t)^2}{R_L}$$



Putere medie la ieșire

$$P_o = \frac{1}{T}\int_0^T \frac{\hat{V}_o^2}{R_L}\left(\sin\frac{2\pi}{T}t\right)^2 dt$$

•Tensiunea şi curentul de ieşire sunt sinusoidale

$$P_o = v_{oef} i_{oef} = \frac{\hat{V}_o}{\sqrt{2}}\frac{\hat{I}_o}{\sqrt{2}} = \frac{\hat{V}_o^2}{2R_L}$$

$$\boxed{P_o = \frac{\hat{V}_o^2}{2R_L}}$$

Randamentul mediu

$$\eta = \frac{P_o}{P_{Al}} = \frac{\frac{\hat{V}_o^2}{2R_L}}{2V_{CC}I} = \frac{\hat{V}_o^2}{4V_{CC}R_L I}$$

Randamentul mediu maxim $\eta_{\max}$

$$\hat{V}_o = V_{CC}$$

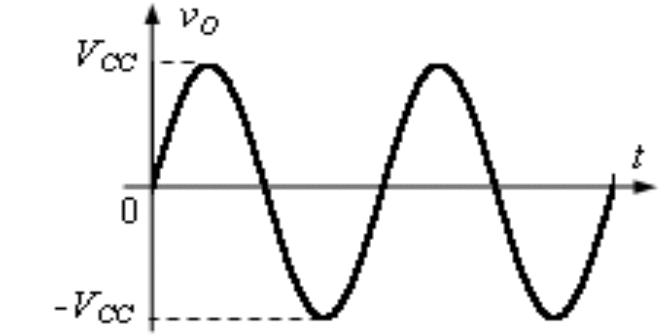
R_L cât mai mică, dar să asigure excursia maximă la ieșire ($R_L I \geq V_{CC}$)

$$R_L I = V_{CC}$$

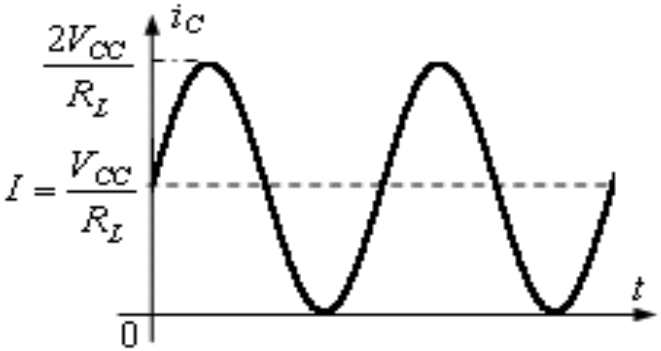
$$\boxed{\eta_{\max} = 25\%}$$

În practică $\eta \leq 20\%$

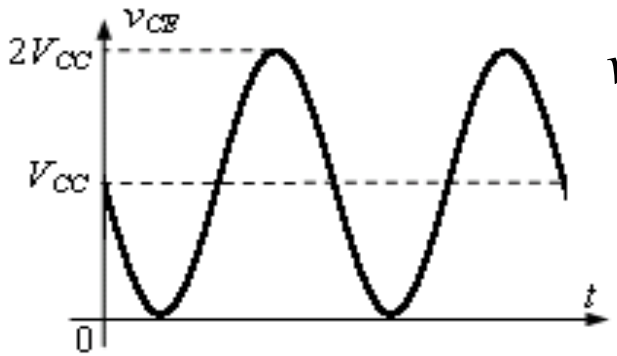
Cronograme



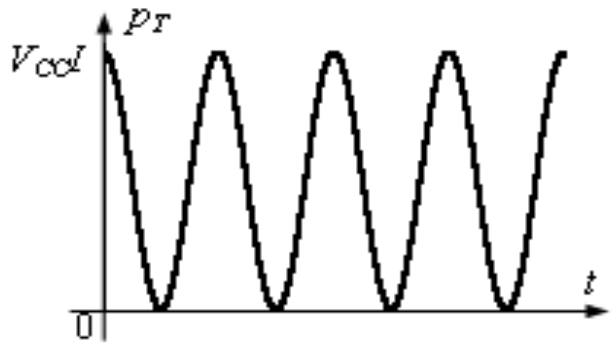
$$v_o(t) = V_{CC} \sin \omega t$$



$$i_c(t) = I + \frac{v_o(t)}{R_L}$$



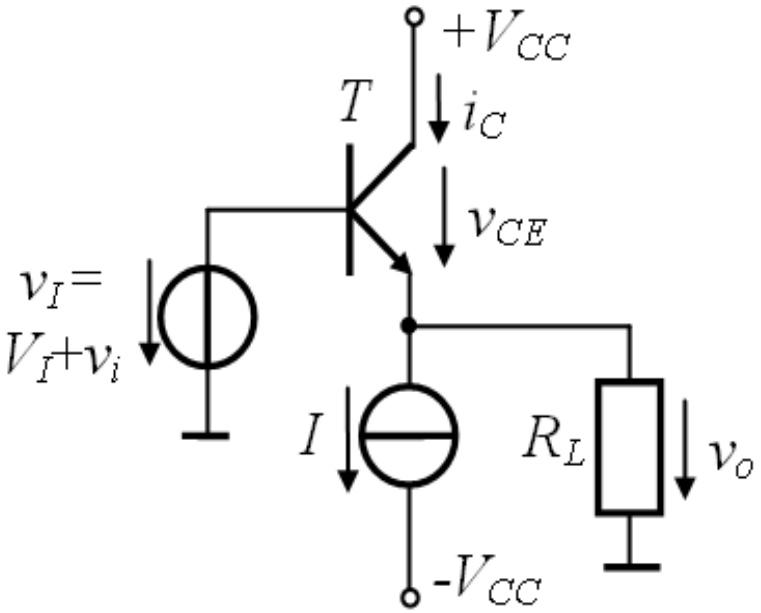
$$v_{CE}(t) = V_{CC} - v_o(t)$$



$$p_T = i_C(t) v_{CE}(t)$$

În condiții de randament maxim

$$\hat{V}_O = V_{CC}, \quad R_L I = V_{CC}$$

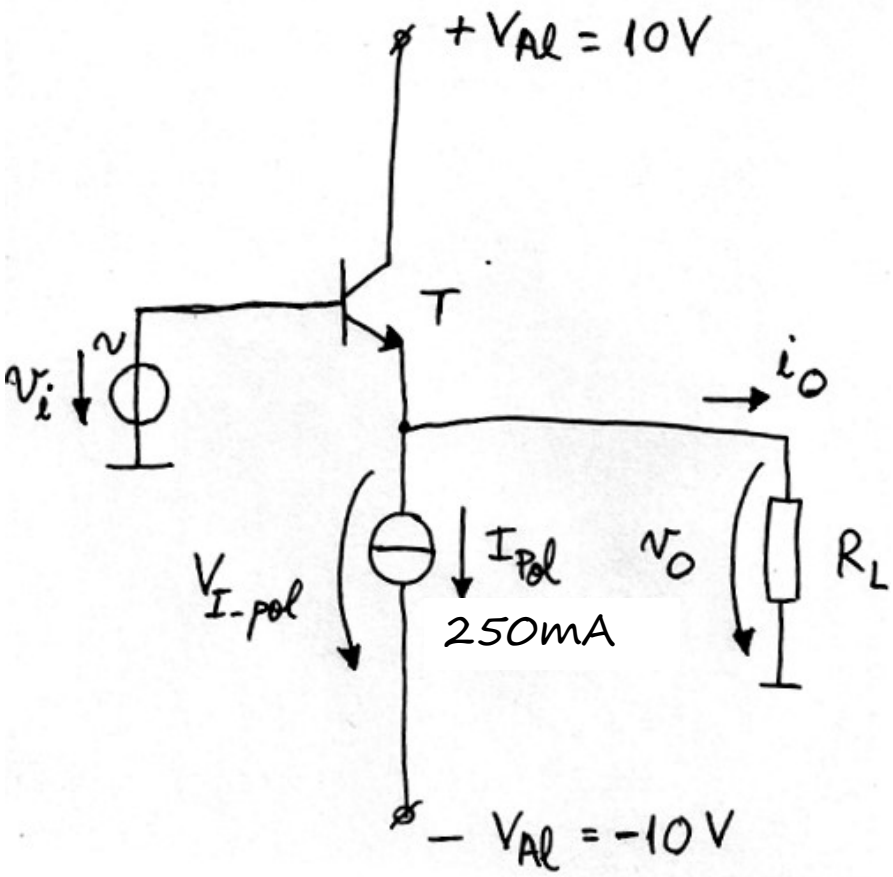


Problema

Pentru o funcţionare corectă a sursei de curent I_{Pol} este necesar ca $V_{I_pol} > 0$. Pentru T: V_{BEon}=0,7V; V_{CEsat}≈0V; β=50.

a) Care este clasa de funcţionare? Justificaţi răspunsul. Ce valoare are randamentul mediu maxim posibil?

b) Care este valoarea optima a R_L (sa asigure excursie maxima a tensiunii de iesire si randament mediu maxim)?

c) Cum arată cronogramele $v_O(t)$, $v_{CE}(t)$, $i_O(t)$, $i_C(t)$ pentru: R_L = 40 Ω si $v_i(t)$ = 0,7 + 8sinωt [V]?

d) Pentru $v_i(t)$ si R_L de la punctul c) care sunt valorile medii pentru puterea consumata de la sursele de alimentare, puterea in sarcina si randamentul?