

Fig. 3.9 Transistor als versterker geschakeld.

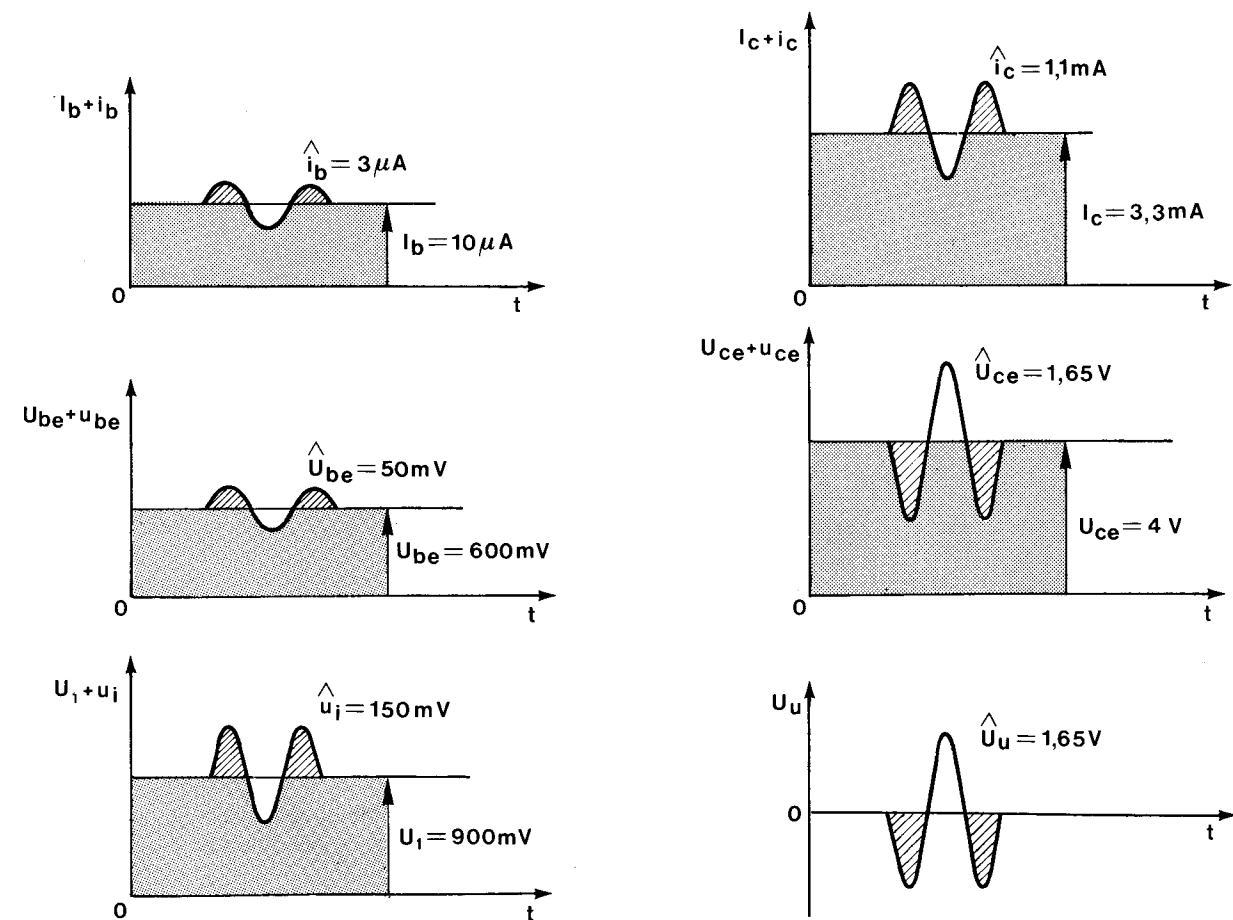


Fig. 3.11 Links zijn de ingangsgrootheden en rechts de uitgangsgrootheden voorgesteld

### 3.6 Constructie van uitgangssignalen

In fig. 3.9 wordt de transistor als versterker voorgesteld (GES) en in fig. 3.10 de dynamische uitgangskarakteristiek of belastingslijn. Stelt men  $I_b = 10 \mu\text{A}$  dan vloeit een  $I_c = 3,33 \text{ mA}$  die over  $R_c$  een spanningsval  $I_c \cdot R_c = 5 \text{ V}$  verwekt. Hierdoor wordt  $U_{ce} = U_2 - I_c \cdot R_c = 4 \text{ V}$ . Wanneer  $u_i$  de stroom  $i_b$  doet toenemen met  $3 \mu\text{A}$  dan stijgt  $i_c$  met  $1,1 \text{ mA}$ . Over  $R_c$  treedt er nu een grotere spanningsval op waardoor  $U_{ce}$  afneemt. Als  $i_b$  daalt met  $3 \mu\text{A}$  dan zal volgens de transferkarakteristiek  $i_c$  dalen met  $1,1 \text{ mA}$  zodat over  $R_c$  een kleinere spanningsval ontstaat waardoor  $U_{ce}$  toeneemt.

We stellen vast dat op de collector gelijkstroom  $I_c = 3,33 \text{ mA}$  een wisselstroom  $i_c$  met amplitude  $\hat{i}_c = 1,1 \text{ mA}$  gesuperponeerd is zodat tussen c en e een gelijkspanning  $U_{ce} = 4 \text{ V}$  is waarop eveneens een wisselspanning  $u_{ce}$  gesuperponeerd is met een amplitude  $\hat{u}_{ce} = \hat{i}_c \cdot R_c = 1,1 \cdot 1,5 = 1,65 \text{ V}$ . Opvallend is dat een toename van  $i_c$  een afname van  $u_{ce}$  tot gevolg heeft en omgekeerd. Men zegt dat  $i_c$  en  $u_{ce}$  in tegenfase verlopen. De ingangsgrootheden  $u_i$ ,  $u_{be}$  en  $i_b$  verlopen allen in fase. Omdat  $i_c$  en  $i_b$  eveneens in fase verlopen is  $u_{ce}$  in tegenfase met  $u_i$ ; de uitgangsspanning  $u_{ce}$  en de ingangsspanning  $u_i$  zijn dus in tegenfase.

Wordt in de schakeling van fig. 3.9 aan de collector een koppelcondensator  $C$  aangesloten dan is er achter  $C$  uitsluitend een wisselspanning  $u_u$  aanwezig die ook in tegenfase is met  $u_i$ . De spanning  $u_u$  is ontstaan van het gelijkspanningsaandeel  $U_{ce} = 4 \text{ V}$ .

### 3.7 Grafische afleiding van de versterking

We beschouwen opnieuw de schakeling uit fig. 3.9 waar de transistor als versterker fungeert en alle grootheden gekend zijn. Het berekenen van de componenten wordt later behandeld. We brengen de uitgangs-, de ingangs- en de transferkarakteristiek van de transistor in een assenstelsel. Fig. 3.12. Vervolgens worden de twee belastingslijnen AB en A'B' getekend die rekening houden met de grootte van de belastingsweerstand  $R_c$  en  $R_b$  en de voedingsspanningen  $U_1$  en  $U_2$ . Door de geschikte keuze van  $R_b$  ontstaat in de ingangsketen een gelijkstroom  $I_b = 10 \mu\text{A}$  zodat het instelpunt  $P_3$  ongeveer in het midden van de uitgangsbelastingslijn AB ligt. Hetzelfde instelpunt wordt ook op de transferkarakteristiek en de ingangsbelastingslijn A'B' overgebracht. De punten  $P_1$ ,  $P_2$  en  $P_3$  liggen op de hoekpunten van een denkbeeldige rechthoek.

Wordt  $u_i = 150 \text{ mV}$  dan schuift de ingangsbelastingslijn evenwijdig tussen  $750$  en  $1050 \text{ mV}$ . De snijpunten  $P_1'$  en  $P_2''$  van de glijdende ingangsbelastingslijn worden loodrecht overgebracht naar de transferkarakteristiek ( $P_2'$  en  $P_2''$ ) en vandaar horizontaal naar de uitgangsbelastingslijn ( $P_3'$  en  $P_3''$ ). Wegens de gekromde ingangskarakteristiek is zowel  $i_b$ ,  $i_c$  als  $u_{ce}$  vervormd. Door  $R_b$  groter te kiezen dan  $30 \text{ k}\Omega$  wordt de vervorming van  $i_b$  en  $i_c$  veel kleiner. (Stroomsturing!) De spanningen en stromen uit de grafische afleiding van fig. 3.12 waren reeds voorgesteld in fig. 3.11. Hieruit volgt dat de uitgangsstroom  $i_c$  niet alleen in fase verloopt met  $i_b$  maar ook veel groter is.

De stroomversterking  $A_i$  bedraagt:

$$A_i = \frac{\hat{i}_c}{\hat{i}_b} = \frac{1,1 \text{ mA}}{3 \mu\text{A}} = \frac{1100 \mu\text{A}}{3 \mu\text{A}} = 366,67$$

De uitgangsspanning  $u_u = u_{ce}$  is groter dan de ingangsspanning  $u_i$  zodat de spanningsversterking  $A_u$  bedraagt:

$$A_u = \frac{\hat{u}_u}{\hat{u}_i} = \frac{\hat{u}_{ce}}{\hat{u}_i} = \frac{1,65 \text{ V}}{0,15 \text{ V}} = 11$$

Nu verstaat men onder vermogenversterking  $A_p$  de verhouding van het uitgangsvermogen  $P_u = \frac{\hat{u}_u \cdot \hat{i}_c}{2}$

tot het ingangsvermogen  $P_i = \frac{\hat{u}_i \cdot \hat{i}_b}{2}$

Vandaar:

$$A_p = \frac{P_u}{P_i} = \frac{\hat{u}_u \cdot \hat{i}_c}{\hat{u}_i \cdot \hat{i}_b} = \frac{1,65 \cdot 1,1}{0,15 \cdot 0,003} = \frac{1,82}{0,00045} = 4033,33$$

De vermogenversterking kan ook gevonden worden door de uitdrukking:

$$A_p = A_u \cdot A_i = 366,67 \cdot 11 = 4033,37$$

Dit is maar een eerste principiële benadering van het versterkingsprincipe. In de volgende paragrafen worden de meeste punten uitvoeriger en ook nauwkeuriger benaderd.