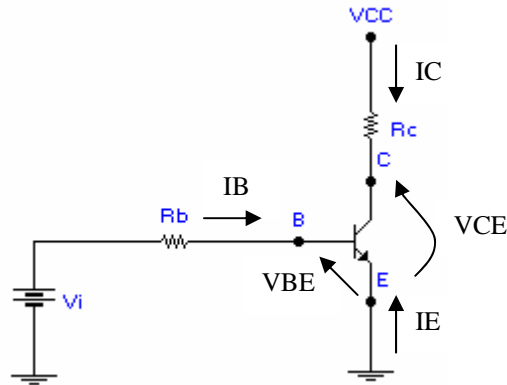


TRANSISTORE BIPOLARRARI
BURUZKO ARIKETAK

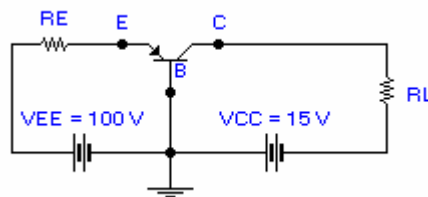
Transistore bipolarrari buruzko ariketak I – Erregimen estatikoa

1.- Irudian agertzen den zirkuituan, analizatu siliziozko transistorearen lan-guneak v_i tentsioaren arabera. Haren igorle/base juntura zuzenean dagoenean, $V_{BE} \sim 0.7 \text{ V}$ da.



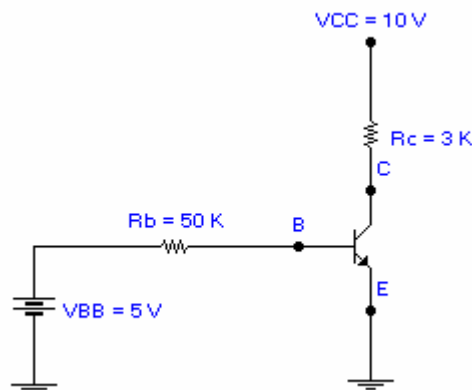
2.- Beheko zirkuituan, kalkulatu Q puntua (lan-puntua):

DATUAK: $\alpha = 0.998$; $|I_{C0}| = 1 \mu\text{A}$; $R_E = 10 \text{ k}\Omega$; $R_L = 1 \text{ k}\Omega$.



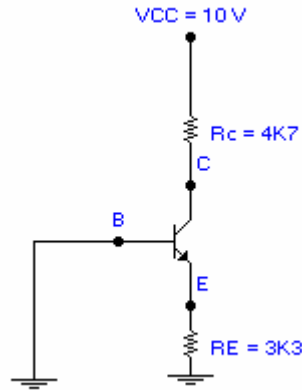
3.- Kalkulatu transistorearen lan-puntua.

DATUAK: $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$; $|I_{C0}| = 20 \text{ nA}$; $\beta = 100$.



Transistore bipolarrari buruzko ariketak I – Erregimen estatikoa

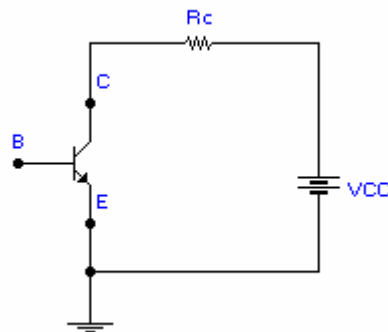
4.- Analizatu beheko zirkuitua.



5.- Irudian agertzen den zirkuituan, $I_B = 0$. Kalkulatu I_C eta V_{BE} Ebers-Mollen eredua erabiliz.

DATUAK: $|J_{ES}| = 2 \text{ pA/cm}^2$; $\alpha_F = 0.98$; $|J_{CS}| = 7 \text{ pA/cm}^2$; $\alpha_R = 0.28$.

$kT/q = 0.025 \text{ V}$; Azalerak: $A_E = A_C = 10^{-4} \text{ cm}^2$.



6.- Siliziozko pnp transistore baten oinarritzko datuak honako hauek dira:

Igorlea: $N_E = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$; $L_{nE} = 0.3 \text{ }\mu\text{m}$; $w_E = 3 \text{ }\mu\text{m}$; $D_{nE} = 5 \text{ cm}^2/\text{s}$.

Basea: $N_B = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$; $L_{pB} = 50 \text{ }\mu\text{m}$; $w_B = 2 \text{ }\mu\text{m}$; $D_{pB} = 7 \text{ cm}^2/\text{s}$.

Kolektorea: $N_C = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$; $L_{nC} = 20 \text{ }\mu\text{m}$; $w_C = 200 \text{ }\mu\text{m}$; $D_{nC} = 6 \text{ cm}^2/\text{s}$.

$n_i = 1.5 \cdot 10^{10}$; $V_T = 25 \text{ mV}$.

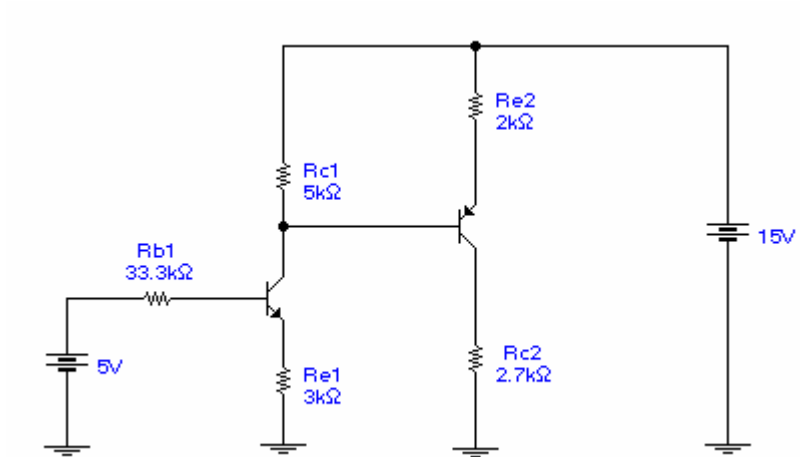
Aktiboan lan egiten duela onartuz, kalkulatu:

- Eramaile-fluxuekin erlazionaturiko korronteen barneko osagaiak.
- Injekzio-eraginkortasuna (γ)
- Garraioko faktorea α_T
- α , β eta I_{C0} .
- Igorleko, kolektoreko eta baseko korronte osoak (I_E , I_B , I_C)

Transistore bipolarrari buruzko ariketak I – Erregimen estatikoa

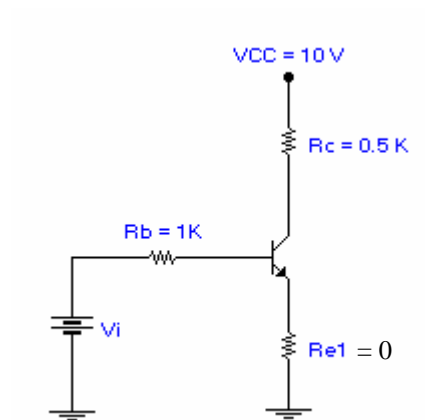
7.- Kalkulatu beheko zirkuituan agertzen diren bi transistoreen korroneak:

DATUAK: $\beta = 100$; $V_{BE1} = 0.7 \text{ V}$; $V_{BE2} = -0.7 \text{ V}$.



8.- Irudiko germaniozko transistorearen parametroak honako hauek dira:

$\beta = 100$; $|I_{C0}| = 5 \mu\text{A}$; $|I_{E0}| = 2 \mu\text{A}$.



Kalkulatu:

- α_R parametroa
- Kolektoretik pasa daitekeen korronterik altuena (I_{Cmax}) pasa dadin aplikatu behar den gutxieneko baseko korronea (gutxi gorabehera)
- $I_C = 10.5 \text{ mA}$ izateko behar den v_I .
- $I_B = 300 \mu\text{A}$ bada, zenbat da $V_{CE, sat}$?

Transistore bipolarrari buruzko ariketak I – Erregimen estatikoa

9.- Beheko zirkuituan, eragiketa eta neurketa batzuk egin dira:

1.- SW_1 etengailua itxi, SW_2 eta SW_3 ireki eta honako korrante hauek neurtu dira:

$$I_E = 10 \mu A \text{ eta } I_C = -9.1 \mu A.$$

2.- SW_2 eta SW_3 itxiz eta SW_1 irekiz, $I_C = 13 \mu A$ neurtu da.

Kalkulatu:

a) Transistorearen α_F eta α_R parametroak

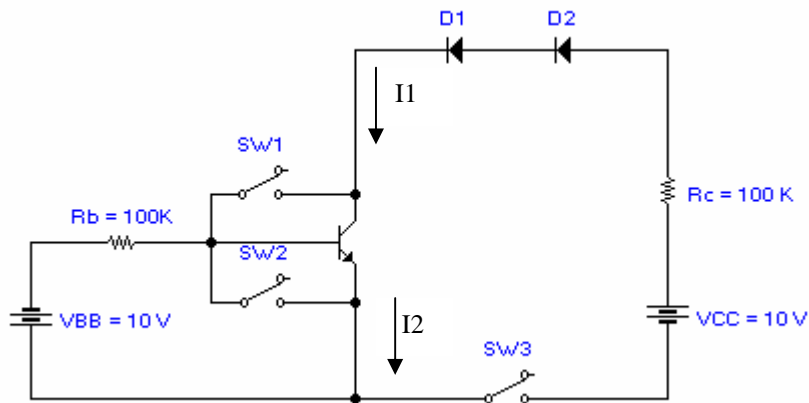
b) I_{C0} eta I_{E0} korronteak

c) SW_1 eta SW_2 irekita eta SW_3 itxita:

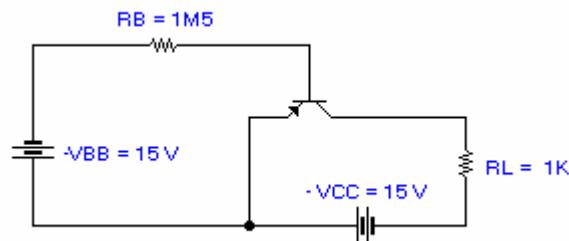
c1) Kalkulatu I_1 eta I_2 (zirkuituan adierazi diren noranzkoetan)

c2) Kalkulatu V_{D1} , V_{D2} , V_{CE} eta V_{BE} .

DIODOEN DATUAK: D_1 eta D_2 berdinak dira eta $I_{sat} = 3.9 \mu A$.

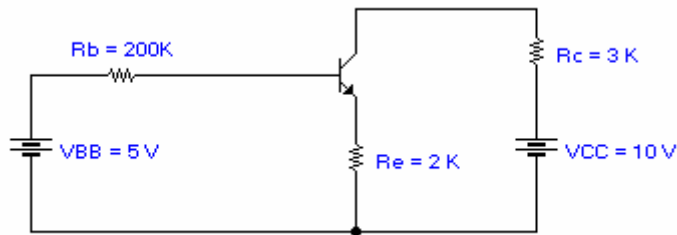


10.- $\alpha = 0.998$ eta $|I_{C0}| = 1 \mu A$ direla jakinez, kalkulatu Q lan-puntua.

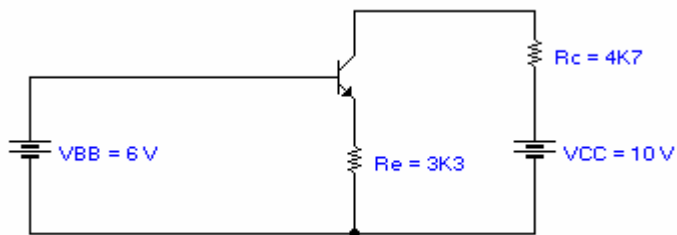


Transistore bipolarrari buruzko ariketak I – Erregimen estatikoa

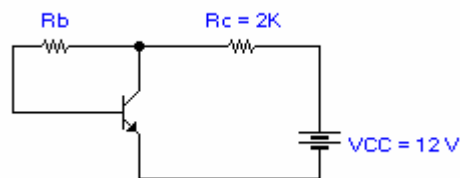
11.- Kalkulatu lan-puntua, $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$; $\beta = 100$ eta $|I_{C0}| = 20 \text{ nA}$ badira.



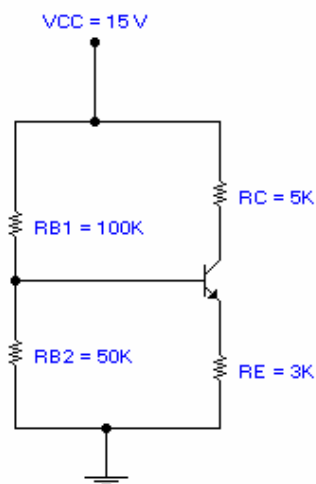
12.- $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$; $\beta = 100$ hartuz, kalkulatu Q.



13.- Kalkulatu $I_C = 2.5 \text{ mA}$ izateko behar den R_B erresistentzia ($\beta = 50$).



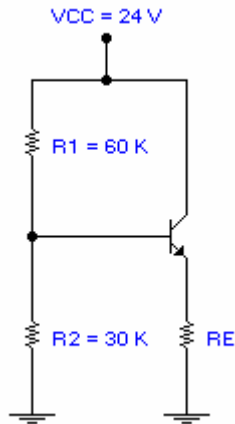
14.- Kalkulatu Q ($\beta = 100$; $I_{C0} \sim 0$).



Transistore bipolarri buruzko ariketak I – Erregimen estatikoa

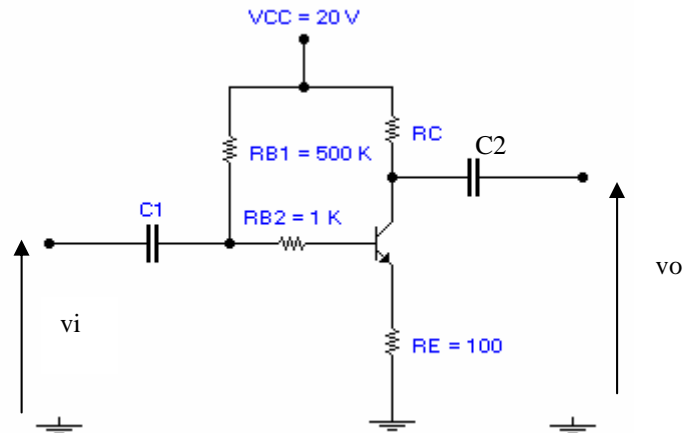
Transistore bipolarrari buruzko ariketak II – Erregimen dinamikoa

- 1.- Irudian agertzen den zirkuituan, kalkulatu R_E erresistentzia erregimen dinamikoan g_m (eroankortasuna edo transkonduktantzia) $140 \text{ m}\Omega^{-1}$ izan dadin.



DATUAK: $kT/q = 25 \text{ mV}$; $V_{BE} = 0 \text{ V}$; $\beta = 80$; $I_{CB0} = 0 \text{ A}$.

- 2.- Irudian agertzen den zirkuituaren portaera analizatu nahi dugu sarrerako v_i sinusoidala (eta txikia) denean.



Horretarako:

- Irudikatu polarizaziorako eta seinale txikirako zirkuitu baliokideak.
- Kalkulatu (R_c erresistentziaren balioaren arabera) I_B , I_C , V_{CE} eta V_C (hau da, lan-puntua).
- Kalkulatu, R_c parametroaren arabera, $A_V = v_o/v_i$ (tentsio-irabazia) eta $v_{ce}(v_i)$ (hau da, kolektore-igorle tentsioa sarrerako tentsioaren arabera). Hartu $R_c \gg R_e$.
- Kalkulatu (R_c erresistentziaren funtzioan) transistorea eteten eta asetzen duten sarrerako seinalearen (bi) anplitudeak.

Transistore bipolarrari buruzko ariketak II – Erregimen dinamikoa

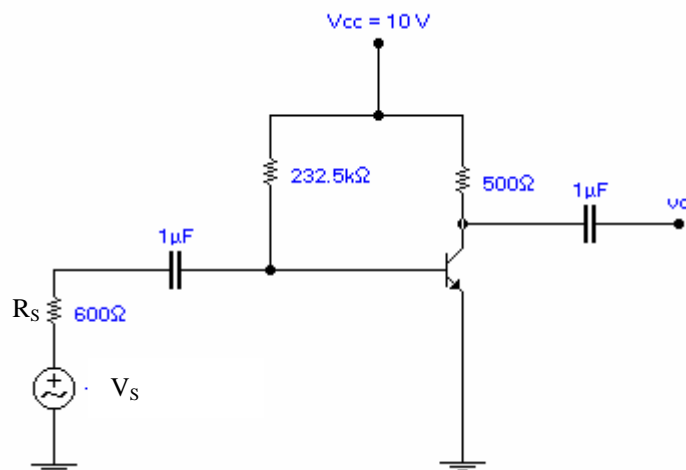
- e) Kalkulatu zenbat izan behar duten R_c erresistentziak eta sarrerako seinalearen anplitudeak etendurara eta asetaserako anplitude berdinarekin heltzeko.
- f) $R_c = 2k5$ eta v_i -ren anplitudea $= |v_i| = 100$ mV hartuz, kalkulatuz v_c eta v_o seinale osoak (osagai jarraitua eta alternoa).

DATUAK: $C_1 = C_2 = \infty$; $\beta = 100$.

OHARRA: zirkuituan agertzen diren kondentsadoreen helburua v_i seinalearen eransketa erraztea da, eta, horretarako, bi baldintza betetzea komeni da: polarizazio-puntuan efekturik ez izatea (hau da: v_i sartzerakoan, Q ez aldatzea) eta osagai jarraitua alternoko iturritantz joatea eragozteko (dc osagaia geldiarazi edo blokeatu egiten da). Horretarako, paseko kondentsadorea (erdaraz, coupling capacitor) nahiko handia izaten da (kasu idealean, $C = \infty$ hartzen da). Haa, seinale jarraitua analizatzerakoan inpedantzia infinitua hartzen badu ere, zirkuitulaburtzat har dezakegu lan-maiztasunean ($Z_C(f=0) = \infty$ eta $Z_C(f \neq 0) = 0$).

3.- Irudian agertzen den zirkuituan, $I_C = 8$ mA dela dakigu. Kalkulatu:

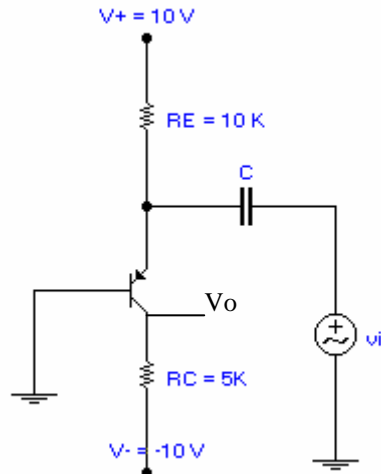
- Irteerako seinalearen puntako balioa $V_0 = 2$ V izan dadin behar dugun $V_{sorgailu}$ sarrerako seinalearen puntako balioa: V_s .
- Sarrerako seinalearen puntako balioa $V_s = 2$ mV denean lortzen den V_0 (irteerako seinalearen puntako balioa).
- Errepikatu aurreko atala, $V_s = 265$ mV denean.
- Azaldu emaitzak.



Transistore bipolarrari buruzko ariketak II – Erregimen dinamikoa

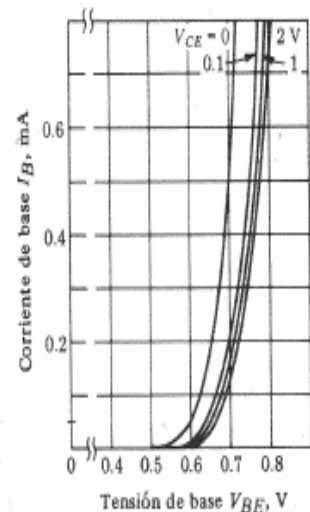
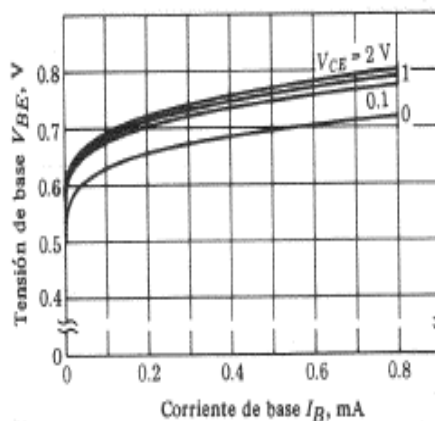
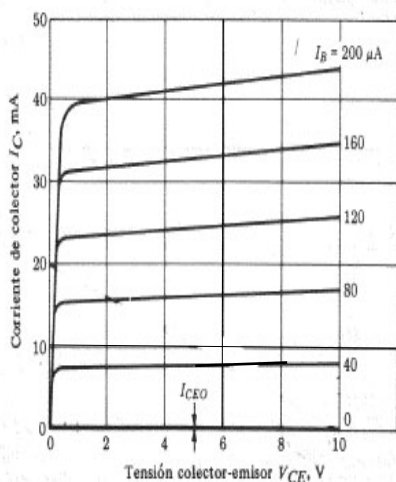
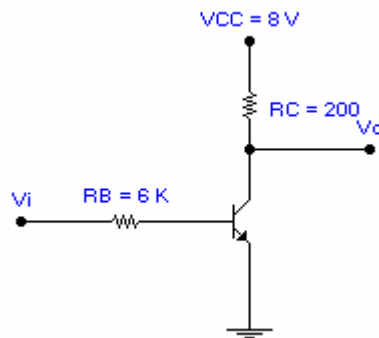
4.- Irudian agertzen den zirkuituaren tentsio-irabazia eta puntu batzuetan ditugun seinaleen forma analizatu nahi ditugu. Kalkulatu v_E eta v_C (osoak) sarrerako seinale sinusoidalaren puntako balioa $V_i = 10$ mV denean ($\beta = 100$).

Irteeran distortsiorik agertzea saihestu nahi badugu, zenbat da v_i seinalearen gehieneko balioa?



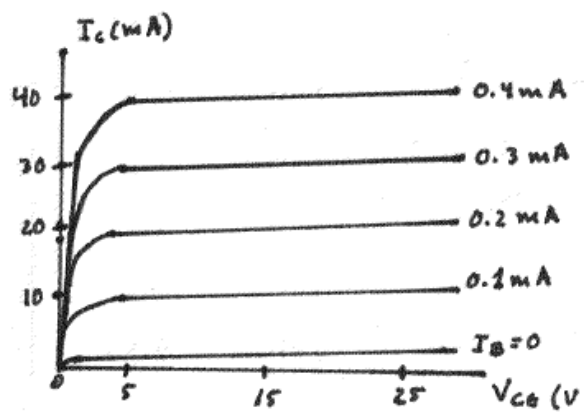
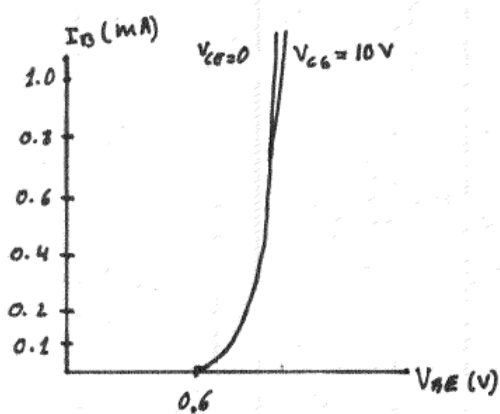
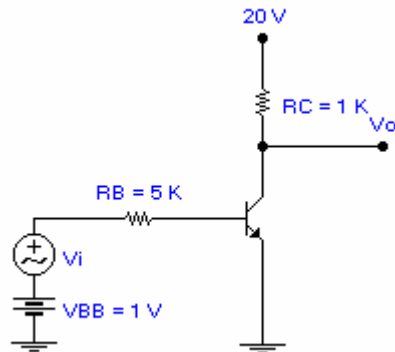
5.- Zirkuituko transistorearen ezaugarriak hurrengo orrialdeko irudietakoak dira. Irudikatu $0 < V_i < 3.6$ volt tartean eta baliorik interesgarrienak adieraziz honako funtzio hauek:

- $I_B = I_B(V_i)$
- $I_C = I_C(V_i)$
- $V_0 = V_0(V_i)$

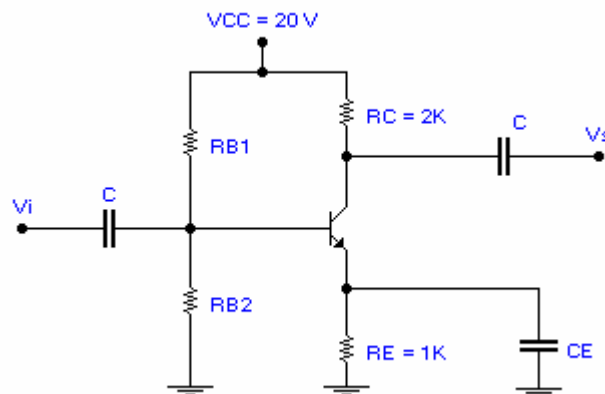


6.- Zirkuituko transistorearen ezaugarriak beheko irudietan agertzen dira.

- a) Kalkulatu Q eta β .
- b) Lortu $V_{CE}-V_{BE}$ transferentzia-kurba.
- c) Irudikatu irteerako seinalea honako kasu hauetan:
 - 1.- $V_i = 0.05 \sin(\omega t)$ volt denean
 - 2.- $V_i = 0.7 \sin(\omega t)$ volt denean

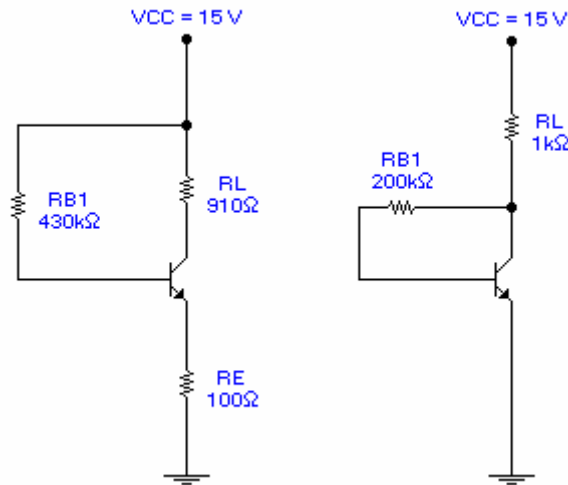


7.- i_C korronean gehienezko ibilbide simetrikoa lortzeko, zenbat izan behar dute R_{B1} eta R_{B2} erresistentziak? DATUAK: $\beta = 100$; $I_{C0} = 0$.

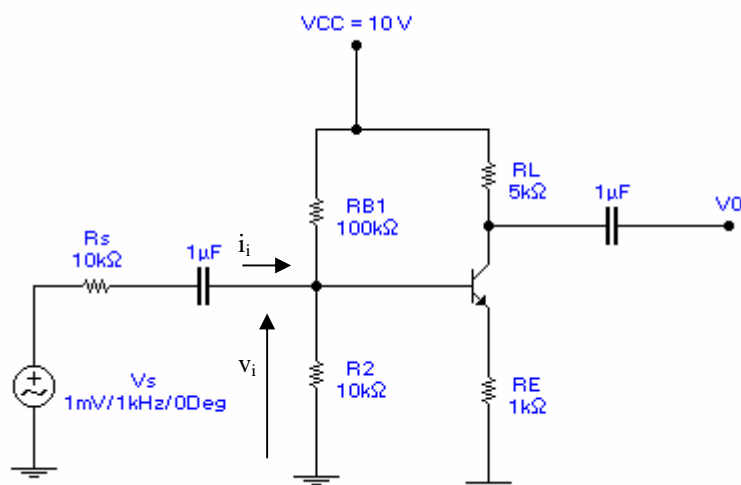


Transistore bipolarrari buruzko ariketak II – Erregimen dinamikoa

- 8.- Irudietako transistorea era egonkorrean polarizatu nahi dugu, β parametroan egon daitezkeen gorabeheren aurrean. Beheko egiturak hartzen ari gara kontuan. $100 < \beta < 300$ bada, zein da polarizazio-zirkuiturik egokiena? ($V_{BE} = 0.7 \text{ V}$).



- 9.- Irudian agertzen den zirkuituan, $h_{fe} = 50$ eta $h_{ie} = 1.1 \text{ k}\Omega$ dira ($h_{oe} = 1/40 \text{ k}\Omega$ eta $h_{re} = 2.5 \cdot 10^{-9}$ aintzat ez hartzeko modukoak). Kalkulatu:

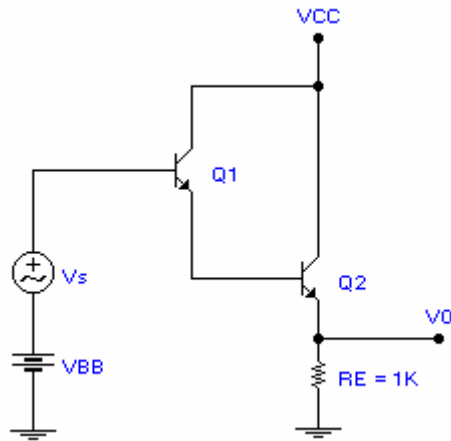


- R_I (sarrerako inpedantzia: sarrerako terminaletatik ikusten den inpedantzia — altxanoan— v_I/i_I).
- $A_I \equiv i_0/i_I$ (korrante-irabazia) eta $A_V \equiv v_0/v_I$ (tentsio-irabazi lagungarria).
- $A_{VS} \equiv v_0/v_S$ (tentsio-irabazi *erreal*a, tentsio-sorgailuaren barneko inpedantzia kontuan hartuz kalkulatzen dena: $R_S = 0$ denean, $A_{VS} = A_V$).
- R_0 (irteerako inpedantzia: kargak ikusten duen inpedantzia —irteerako terminaletatik ikusten den inpedantzia— altxanoan. Kontuz: ez da v_0/i_0).

10.- Beheko zirkuituko transistore-konbinaketak DARLINGTON izena du.

Kalkulatu R_i , A_v eta A_i . Honako hauek dira transistoreen datuak :

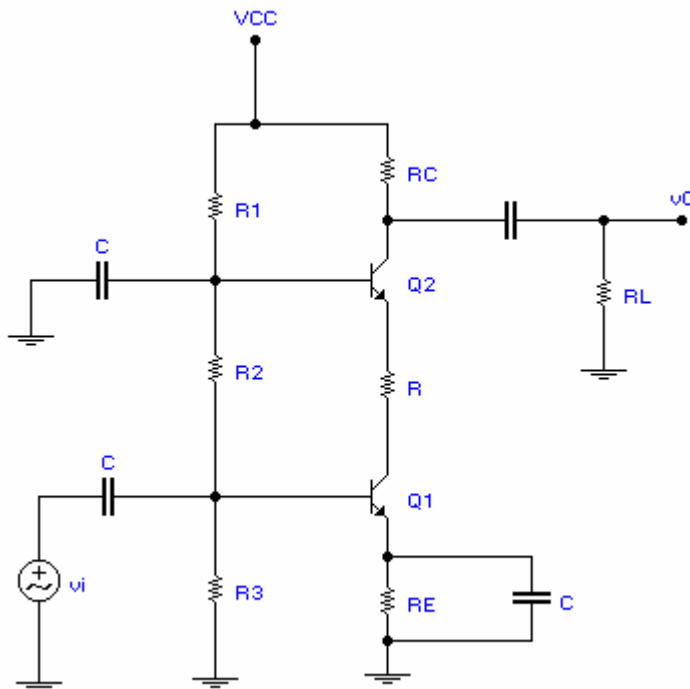
$$h_{11} = h_{ie} = 1.1 \text{ k}\Omega; h_{12} = h_{re} = 1; h_{21} = h_{fe} = -51; h_{22} = h_{oe} = 1/(40 \text{ k}\Omega).$$



11.- Irudian agertzen diren bi transistoreak berdinak dira.

DATUAK: $h_{ie} = 2\text{K}5$; $h_{fe} = \beta = 100$; $h_{oe} = 0 \Omega^{-1}$; $I_{C0} = 0 \text{ pA}$; $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$; $C = \infty \text{ F}$.

$V_{CC} = 20 \text{ V}$; $R_1 = 134 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 16 \text{ k}\Omega$; $R_C = 10 \text{ k}\Omega$; $R_L = 10 \text{ k}\Omega$; $R_E = 1\text{k}\Omega$



Transistore bipolarrari buruzko ariketak II – Erregimen dinamikoa

Kalkulatu:

- Kolektoreko korronteak (ebazpena erraztearren, baseko korronteak aintzat ez hartakotzat jo daitezke, R_1 , R_2 eta R_3 erresistentziak zeharkatzen ditu(zt)en korronte(ar)ekin alderatuz gero).
- R erresistentziaren balioa, $V_{CE1} = V_{CE2}$ izan daitezen.
- Tentsio-irabazia.

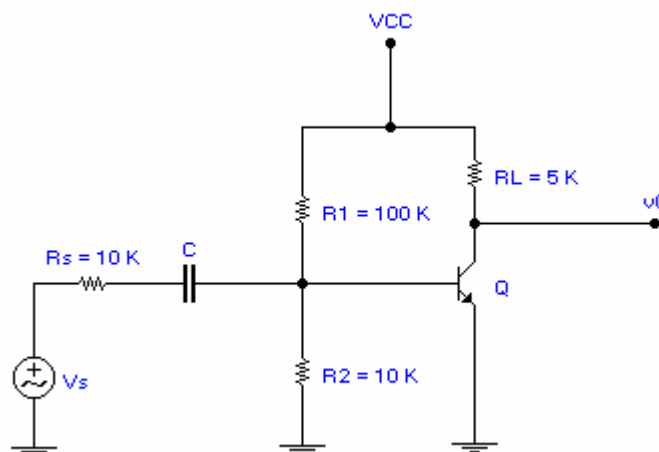
OHARRA: $h_{fb} = -h_{fe}/(1+h_{fe})$

12.- $V_{CC} = 20$ V elikadura-tentsioa duen autopolarizazio-zirkuitu batean, $\beta = 50$, $V_{BE} = 0.8$ V dituen transistore bat erabilitalan-puntu egokia genuen ($I_C = 2$ mA eta $V_{CE} = 14$ V), baina transistorea erre da eta beste bat jarri behar izan dugu. Oraingo transistorearen parametroak $\beta = 200$ eta $V_{BE} = 0.6$ V dira (I_{C0} ez da ia aldatzen).

β berriak dakarren I_C korrontearen hazkundera (ΔI_{C1}) 0.1 mA baino txikiagoa izatea nahi dugu; eta beste hainbeste V_{BE} tentsioari dagokionez ($\Delta I_{C2} = 0.1$ mA). Hau da, transistore berria sartzean, $I_C \leq 2.2$ mA. Kalkulatu lau erresistentzien balioak.

13.- Irudian agertzen den zirkuituan, kalkulatu A_V , A_{VS} , A_I eta R_I :

DATUAK: $h_{ie} = 1.1$ k Ω , $h_{re} = 2.5 \cdot 10^{-4}$, $h_{fe} = 50$, $1/h_{oe} = 40$ k Ω .



Transistore bipolarrari buruzko ariketak II – Erregimen dinamikoa

14.- Irudian agertzen den zirkuitu amplifikadorean:

- Kalkulatu karga-zuzen estatikoa (KZE) eta karga-zuzen dinamikoa (KZD), eta Q puntua argi eta garbi adierazi.
- Irudikatu seinale txikiko zirkuitu baliokide osoa.
- Zirkuitu baliokide sinplifikatua erabiliz, kalkulatu A_V , A_I , R_I eta R_O .
- Zenbat da distortsiorik sartu gabe aplika dezakegun V_s tentsioaren gehienezko balioa.

DATUAK: $h_{oe} = h_{re} = 0$; $h_{ie} = 2 \text{ k}\Omega$; $h_{fe} = 100$; $\beta = 100$; $C = \infty$.

