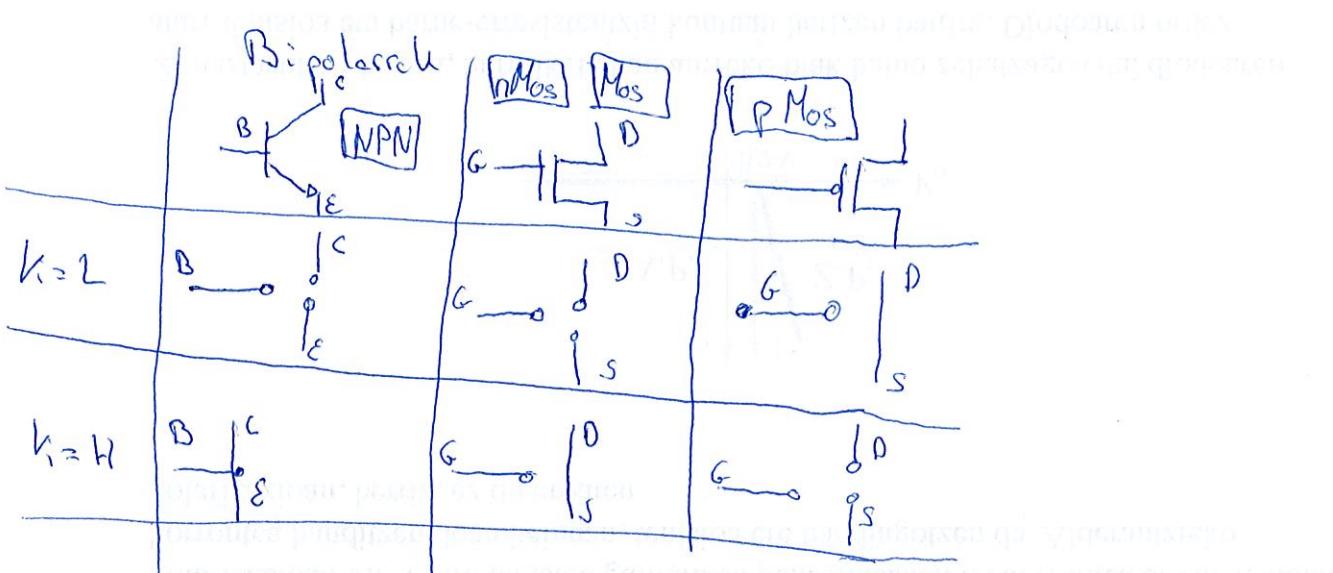
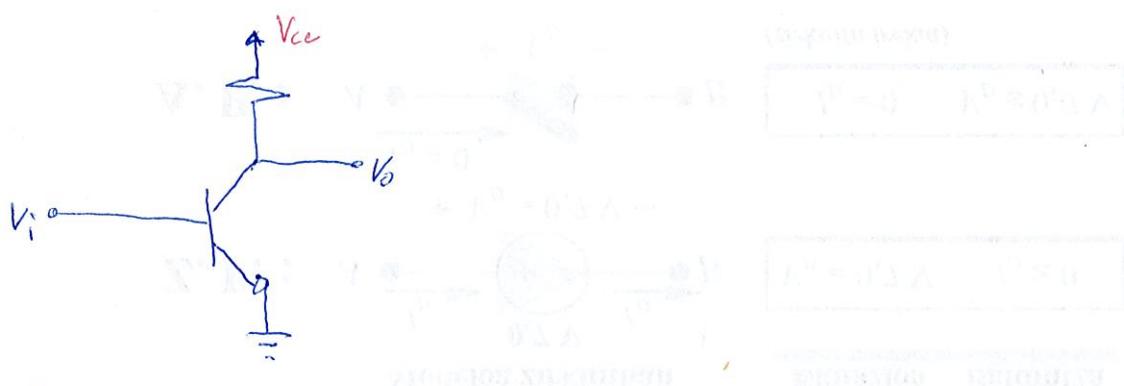


## Txuleta

transistoreen ereduak sistema digitalera



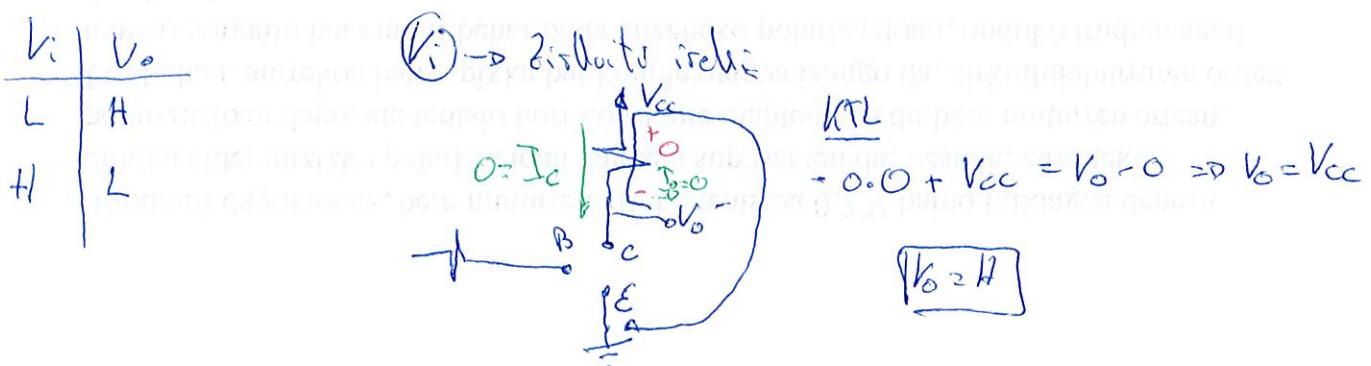
## Ariketa



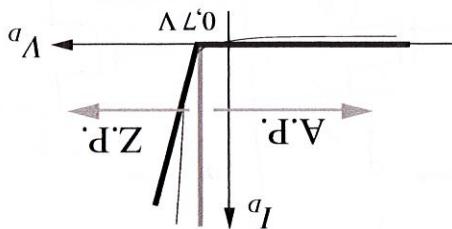
familia logikoa: RTL : transistore bipolarki ote erresistorra  
analizatu portera:

funtzio logikoa:

Urtzak sartzen dituen kontakoa pultsoan dagoen sarrerako pultsoa aldeko sarrerako aho  
gertzen da.

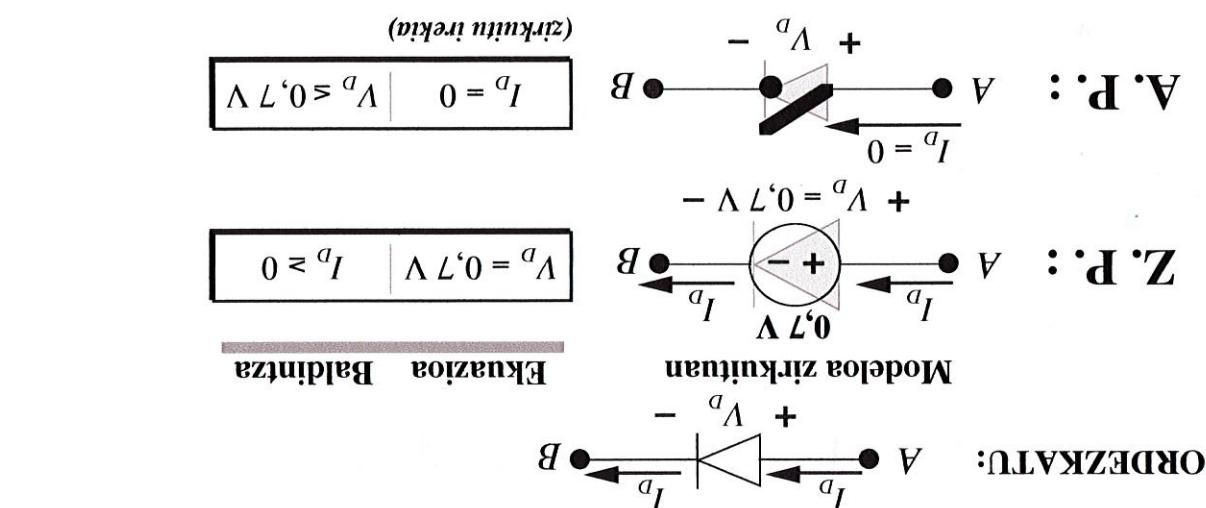


Zehaztasunari begira, hurbilketak hau aurreko bila baino zehatzagoa da, diodoren atari-tensiota eta barne-erresistentzia kontuan harzen baitira. Diodoren ordez



polarizazioan, berriiz, ez du erotzen.

Korrontea handitzen doan heinean, tensioa ere handiagotzen da. Alderantzikoa polarizazioan  $0,7\text{ V}$ -eko tensioa gainditzen denean hasten da korrontea erotzen, baina Hirugarraren hurbilketak (kalkulu gehien eskatzen duena) : Diodoa zuzeneko



baldimitzak erabili behar dira:

Diododun zirkuitu bat ebatzeke hurbilketak hau erabili, honako eredu, ekuaizio eta den bezala.

Eredu hau, aurrekoa baino pixka bat konplexuagoa izango da, zirkuitulaburareen ordez tensio-sorgailu bat erabili behar baita zuzeneko polarizazioan, ondoiko irudian ageri polarizazioan dago, eta tensio hori konstante mantentzen du bera multuren artean.

Ereduan dagokionez, bera multuren arteko tensioa  $0,7\text{ V}$  baino txikiagoa denean diodoa alderantzikoa polarizazioan dagoeela suposatzen da; bestela, zuzeneko

### G6.1 ariketa

Sistema digital bat diseinatu da irudietan ageri diren eskemen arabera.  
Hauxe da sistemaren Kontrol-Unitateak jarraitzen duen ASM algoritmoa:

BESTEL

Q<sub>0</sub>

Q<sub>1</sub>

Q<sub>2</sub>

Q<sub>3</sub>

Q<sub>4</sub>

Q<sub>5</sub>

Q<sub>6</sub>

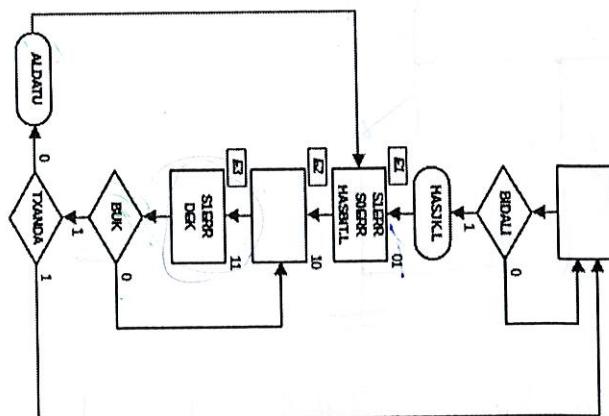
Q<sub>7</sub>

Q<sub>8</sub>

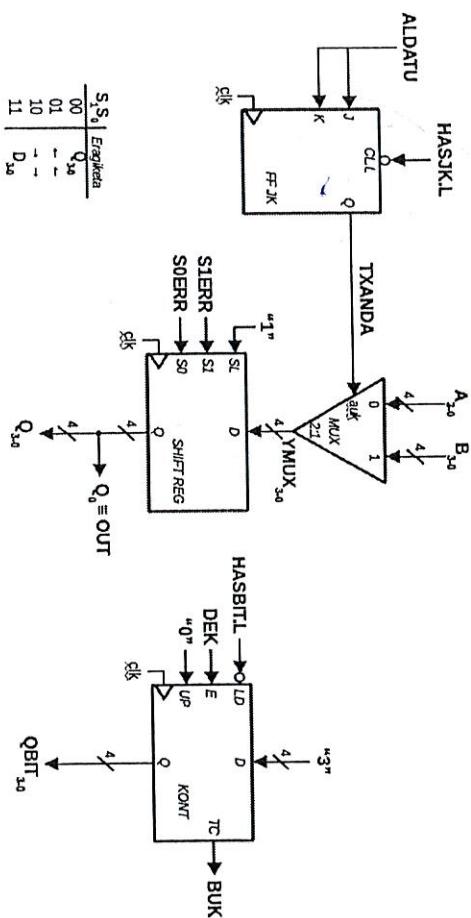
Q<sub>9</sub>

Q<sub>10</sub>

Q<sub>11</sub>



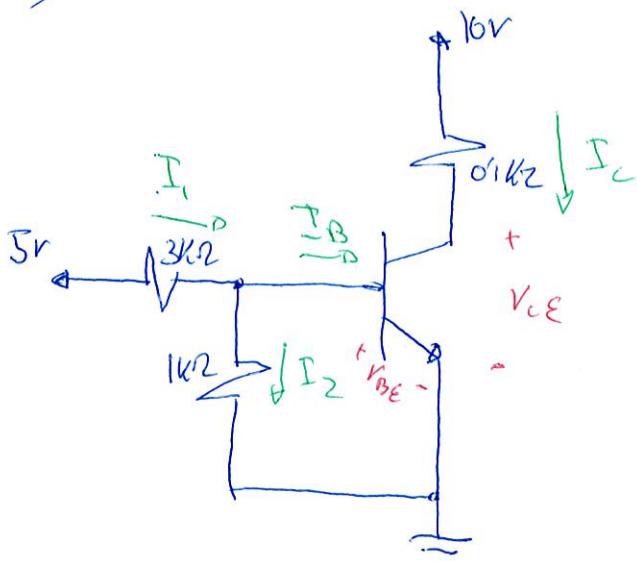
Eta hauxe da sistemaren Prozesu-Unitatea:



Eskema horiek kontuan izanik, erantzun izazti bi galdera hauek:

- 4.a Eraiki ezazu Kontrol-Unitatea multiplexoreen metodoaren bitartez. Adierazi argi eta garbi egoera-transizionen taula eta kontrol-seinalleen ekuazioak.
- 4.b Bete ezazu sistemaren portera azaltzen duen kronograma.

c)



Supsttulo dugo Z.A.An dagele.

KKL

$$\textcircled{1} \quad I_c = I_B + I_2$$

KTL

$$\textcircled{2} \quad 0.1I_c + V_{CE} = 10 - 0 \Rightarrow 2.3 + V_{CE} = 10 \Rightarrow \boxed{V_{CE} = 7.7V}$$

$$\textcircled{3} \quad 3I_c + V_{BE} = 5 - 0$$

$$\textcircled{4} \quad 3I_c + 1I_2 = 5 - 0$$

Bildintz,  $V_{CE} \geq 0.2V$  iztca de,  
beraz,  $R = 3k\Omega$  denen betetza de.  
Z.A.An egotello bildintz.

Transistoraren eldubidoak

$$\textcircled{5} \quad I_c = 100 I_B$$

$$\textcircled{6} \quad V_{BE} = 0.2V$$

$$\textcircled{3} \xrightarrow{\textcircled{5}} 3I_c + 0.2 = 5 \Rightarrow 3I_c = 4.8 \Rightarrow \boxed{I_c = 1.6mA}$$

$$\textcircled{4} \xrightarrow{\textcircled{6}} 3 \cdot 1.6 + I_2 = 5 \Rightarrow \boxed{I_2 = 0.2mA}$$

$$\textcircled{1} \xrightarrow{\textcircled{5}, \textcircled{6}} I_B = I_c - I_2 \Rightarrow \boxed{I_B = 0.18mA}$$

$$\textcircled{5} \xrightarrow{\textcircled{6}} I_c = 100 I_B \Rightarrow \boxed{I_c = 16mA}$$

c)

AsetzungKKL

$$I_o = I_1 + I_c$$

$$I_1 = I_B + I_2 \Rightarrow I_1 = 0'209 \text{ mA}$$

$$I_c = I_B 100 \Rightarrow I_B = 0'0148 \text{ mA}$$

KKL

$$10I_c + V_{CE} = 14 \Rightarrow 10I_c = 14'8 \Rightarrow I_c = 1'48 \text{ mA}$$

$$RI_1 + 100I_B + V_{BE} = 14$$

$$RI_1 + 10I_2 = 14 \quad \left. \begin{array}{l} 10I_2 - 100I_B - 0'2 = 0 \\ \Rightarrow 10I_2 - 1'48 - 0'2 = 0 \end{array} \right.$$

$$V_{BE} = 0'2 \text{ V}$$

$$V_{CE} = 0'2 \text{ V}$$

$$\Rightarrow RI_1 + 10I_2 = 14 \Rightarrow R 6'209 + 2'08 = 14 \Rightarrow R = 53'5 \text{ k}\Omega$$

$$V_{BE} = 0'2 \text{ V}$$

$$R = 6'209 \text{ k}\Omega$$

$$I^2 = 0'148^2 = 0'0219 \text{ A}^2$$

$$P = (I^2) \cdot R = 0'0219 \cdot 53'5 \text{ k}\Omega = 1'14 \text{ W}$$

$$V_{BE} = 0'2 \text{ V}$$

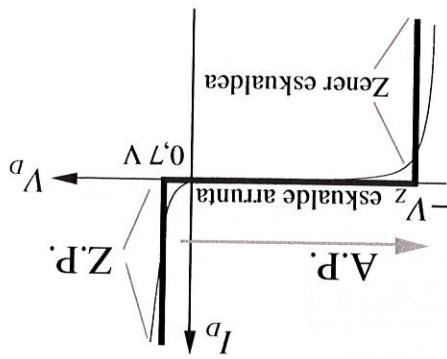
$$P = (I^2) \cdot R = 0'0219 \cdot 53'5 \text{ k}\Omega = 1'14 \text{ W}$$

$$V_{CE} = 0'2 \text{ V}$$

$$P = (I^2) \cdot R = 0'0219 \cdot 53'5 \text{ k}\Omega = 1'14 \text{ W}$$

Rechnungslinie: 

Es werden die Werte für die Spannungen und Ströme im Schaltungsbild eingezeichnet:  
 - Die Spannung am Emitter ist  $V_E = 0'2 \text{ V}$   
 - Der Emitterstrom ist  $I_E = 1'48 \text{ mA}$   
 - Der Kollektorstrom ist  $I_C = 0'209 \text{ mA}$   
 - Der Basisstrom ist  $I_B = 0'0148 \text{ mA}$

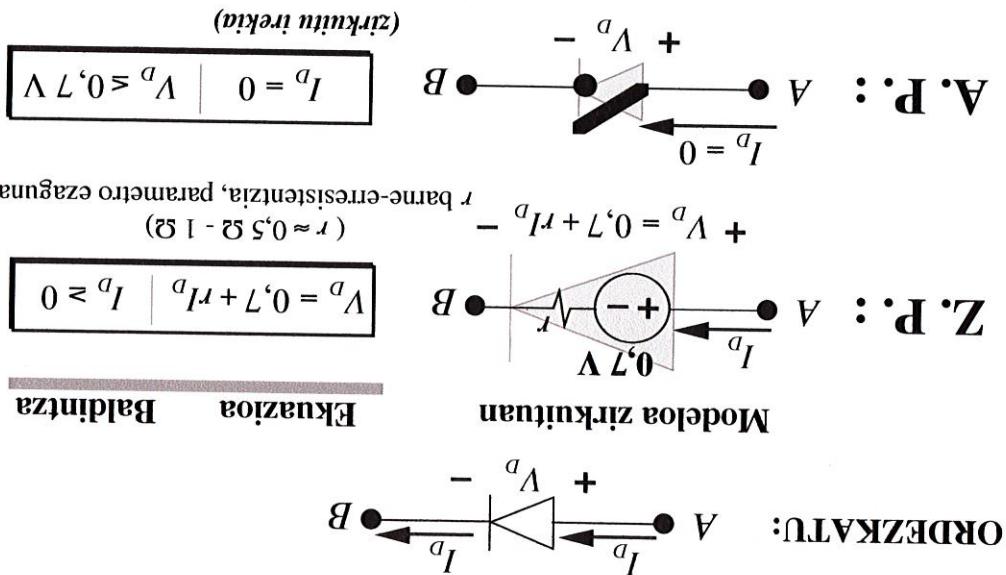


Zener diodak zuzeneko polarizazioan oztopotik gabe erooten du  $0,7\text{ V}$ -eko tensioa Zener diodoak hontean deneneko polarizazioan oztopotik gabe erooten du  $0,7\text{ V}$ -eko tensioa parkoa den hurbilketak erabiliko duugu.

Zener diodok dituzten zirkuituak ebazteko, diodo artezlearen 2. hurbilketaren ez bada, ez du erooten, eta tensio hori gaindituz gero, alderantzikoz korrontea sortzen gainditzen denenam; eta alderantzikoz polarizazioan, berri, Zener tensioa gainditzen da. Azken kasu honetan esaten da Zener dioda alderantzikoz polarizatuta dagoe la Zener eskuadela; bestela, alderantzikoz polarizatuta eskuadela arruntean.

#### Zener diodoa:

LED diodaren kasuan, hurbilketeta berak erabil daitzeke, aldatzen den gauza bakarra atari-tensiorenen balioa izanik.



erabilitzuen den ereduari begira, beraz, aurkeoa baino pixka bat konplexuagoa izango da (barne-erresistentzia dela kausa).

Diododun zirkuitu bat ebazteko hurbilketeta hau erabiliz, honako eredu, ekuazio eta baldintzak erabili behar dira:

# transistorreinen Emitterdiode Merten

$$\textcircled{2} \quad I_C = 0$$

$$\textcircled{3} \quad I_B = 0$$

$$\textcircled{3} \rightarrow I_E = I_C + I_B \Rightarrow \boxed{I_E = 0}$$

$$\textcircled{2} \rightarrow I_2 + I_E = I_C \Rightarrow \boxed{I_2 = 0}$$

$$\textcircled{1} \rightarrow I_1 = I_2 + I_B \Rightarrow \boxed{I_1 = 0}$$

$$\textcircled{4} \rightarrow 6I_1 + 100I_B + V_{BE} \geq 9 - 0 \Rightarrow \boxed{V_{BE} = 9V}$$

$$\textcircled{5} \quad 6I_C + V_{CE} + I_E = 5 - 0 \Rightarrow \boxed{V_{CE} = 5V}$$

1. Hypothesen aufstellen: Merten eigentlich bildint.  $V_{BE} \approx 0.2V$   
 ist der Fall dass Konstanter  $V_{BE} = 9V$  direkter Bezug es liegt Merten.

## 2.1. A

### Emitterdiode

$$\textcircled{2} \rightarrow I_C = 100I_B \Rightarrow \boxed{I_C = -0.33mA}$$

$$\textcircled{3} \quad V_{BE} = 0.2$$

$$\textcircled{4} \rightarrow \left. \begin{array}{l} I_1 + 10I_B + V_{BE} + I_E = 9 \\ 6I_1 + 12I_2 = 9 \end{array} \right\}$$

$$6I_1 + 12I_2 = 9$$

$$100I_B - 12I_2 + 0.2 + I_B + 100I_B = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 100I_B + 12I_B + I_B + 100I_B = -0.2$$

$$I_E = I_C + I_B \Rightarrow \boxed{I_E = -0.33mA}$$

$$\boxed{I_B = -3.29 \cdot 10^{-3} mA}$$

$$\boxed{I_2 = 3.29 \cdot 10^{-3} mA}$$

$$\boxed{I_1 = 0}$$



**1.** (2 puntu)

Zein dira NPN motako transistore bipolar baten modelo baliokideak eta berauek erabiltzeko baldintzak?

**2.** (6 puntu)

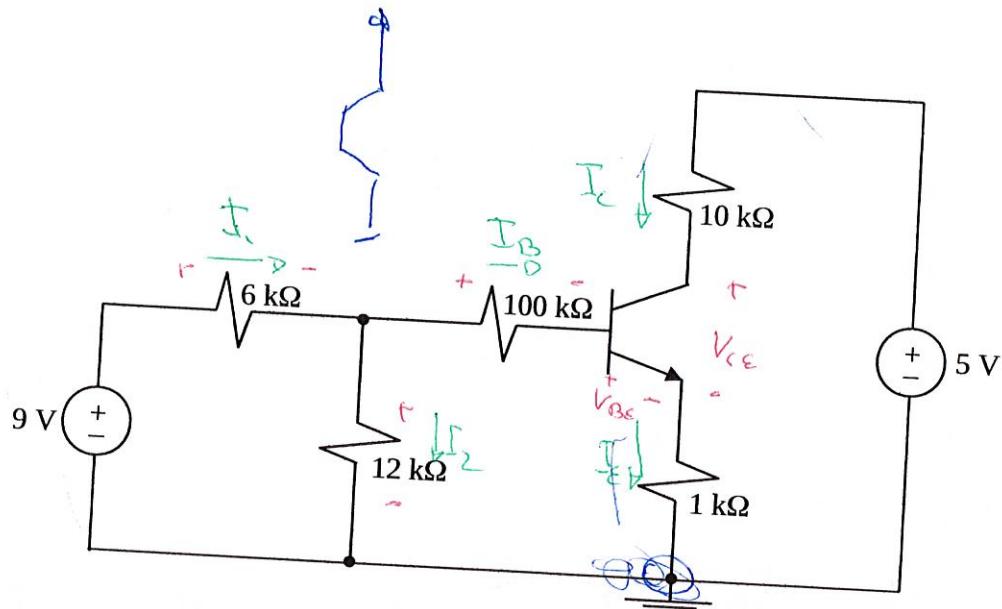
Irudiko zirkuituan, kontuan hartuta transistorearen irabazia  $\beta = 100$  dela:

- Bila ezazu zer funtzionamendu-zonatan dagoen transistorea. Horretarako, azter itzazu aukera posible guztiek eta aukera ezazu betetzen dena.
- Zein da transistorearen operazio-puntuak?
- Kalkula itzazu transistorearen hiru muturren tentsioak,  $V_C$ ,  $V_B$  eta  $V_E$  tentsioak, alegia.

$$V_E = 3529 \cdot 10^{-3} V$$

$$V_B = 0.203 V$$

$$V_C = 1.713 V$$



a)

Demagun transistoreko korteak degoela.

KKL

$$\textcircled{1} \Rightarrow -I_2 = I_B \Rightarrow I_2 = -I_B$$

KTL

$$\textcircled{4} \quad 6I_1 + 100I_B + V_{BE} + 1I_E = 9.0$$

$$\textcircled{5} \quad 6I_1 + 12I_2 = 9.0 \Rightarrow 2I_1 + 4I_2 = 3$$

$$\textcircled{6} \quad 10I_C + V_{CE} + 1I_E = 5.0 \Rightarrow V_{CE} = 1.71 V$$

$$\textcircled{1} \quad I_1 = I_B + I_2$$

$$\textcircled{2} \quad I_E + I_2 = I_C$$

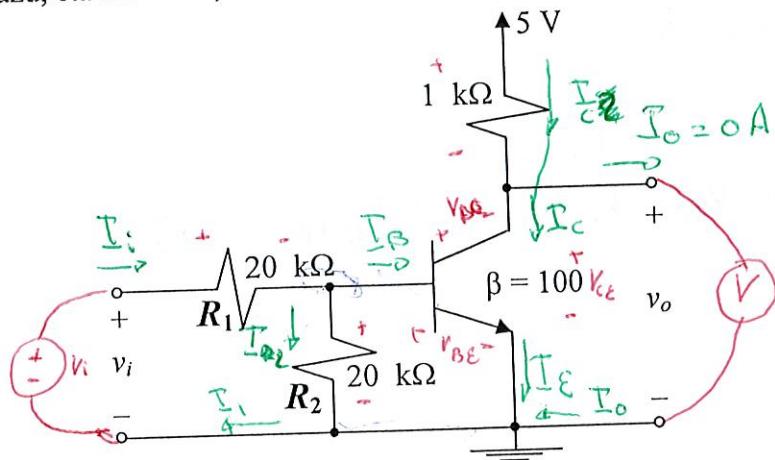
$$\textcircled{3} \quad I_E = I_C + I_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_E = 10I_B$$

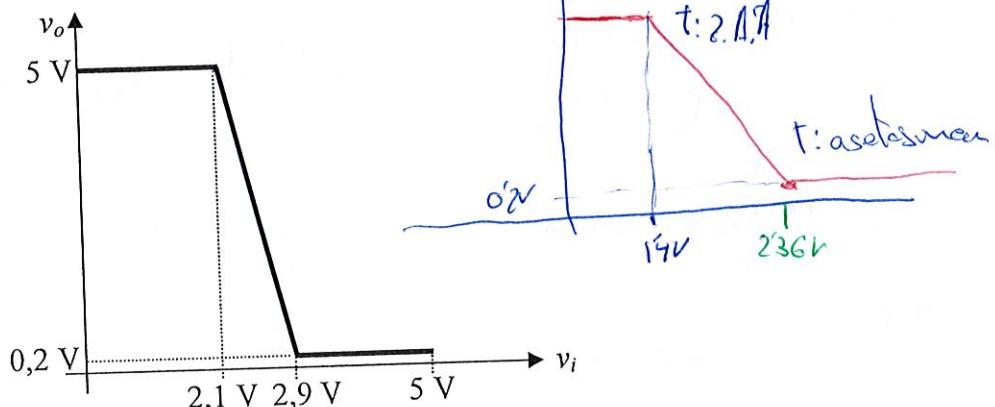


Informatika Fakultatea, UPV-EHU  
Konputagailuen Arkitektura eta Teknologia Saila  
Elektronika Digitalaren Oinarriak  
2001 – I – 31

- a) Lor ezazu, eta irudikatu, irudiko zirkuituari dagokion transferentzia-kurba,  $v_o = f(v_i)$ .



- b) Kalkula itzazu  $R_1$  eta  $R_2$  erresistentziiek izan behar dituzten balioak hurrengo irudiko transferentzia-kurba lortzeko.



I. Kurriketa

Zirkuituko magnitude ezezagunak ( $I_B, I_C, V_{BE}, V_{CE}$ )<sup>①</sup>, transistorearen

Besteak,  $I_1, I_2$ <sup>②</sup>

Goztira, & elkarrian...

Elektrisch befasst dir.

6 { 2 transistorearen elektrisch  
4 zirkuittheo elektrisch

? Vorausse  
Kth zirkuittheo elektrisch

$$I_C + V_{CE} = 5 \quad (4)$$

~~$$20I_1 + 20I_2 = V_i \quad (2)$$~~

$$20I_1 + V_{BE} = V_i \quad (3) \Rightarrow 20I_2 = V_{BE} \Rightarrow 20I_2 = 0.2 \Rightarrow I_2 = 0.0035 \text{ mA}$$

KKL

$$I_i = I_B + I_2 \quad (1)$$

Transistorareen ergoese:  $\beta: 2, A, A$

Elektrisch:  $V_{BE} = 0.2 \text{ V}$

$$I_C = \beta I_B$$

Baldintz:  $V_{CE} \geq 0.2$

$$I_i = I_B + 0.035 \text{ mA} \Rightarrow I_i = \frac{V_i - 0.2}{20} \text{ mA}$$

~~$$20I_C = 0.2 + 0.2 = V_i$$~~

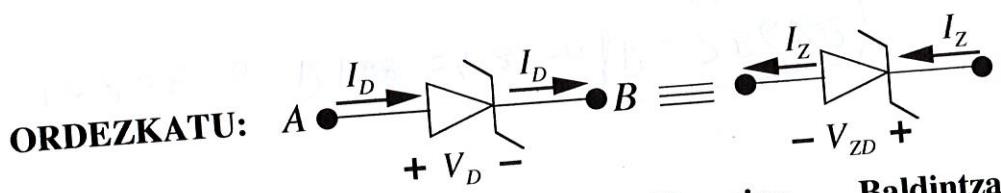
$$\frac{V_i - 0.2}{20} = I_B + \frac{0.2}{20} \Rightarrow I_B = \frac{V_i - 0.4}{20} \text{ mA}$$

$$I_C = \beta I_B \Rightarrow I_C = 5(V_i - 0.4) \Rightarrow 5V_i - 2 = I_C$$

$$V_{CE} = 5 - I_C \Rightarrow V_{CE} = 12 - 5V_i \text{ V}$$

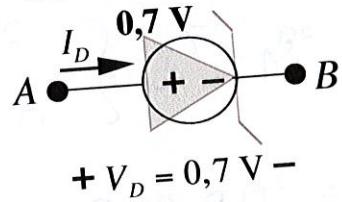
Hipotesieren ergoerapen:  $V_{CE} = 12 - 5V_i \geq 0.2 \text{ V}$

$$11.8 \geq 5V_i \Rightarrow 2.36 \geq V_i$$



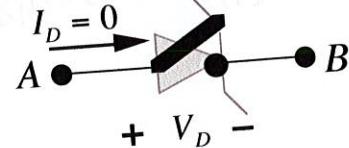
**Modeloa zirkuituan**      **Ekuazioa**      **Baldintza**

**Z. P. :**



$$V_D = 0,7 \text{ V} \quad | \quad I_D \geq 0 \equiv I_Z \leq 0$$

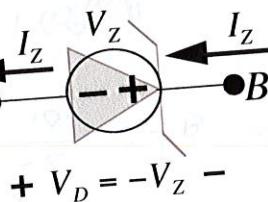
**A. P. :**  
zona arruntean:



$$I_D = 0 \quad | \quad -V_Z \leq V_D \leq 0,7 \text{ V}$$

$V_Z$  parametro ezaguna

**Zener eskualdean:**



$$V_D = -V_Z \quad | \quad I_Z \geq 0 \equiv I_D \leq 0$$

$$R = 2.56 \text{ k} \quad I_{C,0} = 5 \text{ A} \quad I_{C,0} + I_{C,0} = 10 \text{ A} \quad I_{C,0} = 4.3 \text{ A}$$

$$\boxed{I_{C,0} = 5 \text{ A}} \quad V_{BE} = 0.7 \text{ V} \quad I_C = I_{C,0} - I_{BE} = 5 - 0.7 = 4.3 \text{ A}$$

$$I_{C,0} = 5 \text{ A} \quad I_{C,0} = I_{C,0} + I_{BE} = 5 + 0.7 = 5.7 \text{ A}$$

$$I_{C,0} = 5 \text{ A} \quad I_{C,0} = I_{C,0} + I_{BE} = 5 + 0.7 = 5.7 \text{ A}$$

$$\boxed{I_{C,0} = 5 \text{ A}} \quad I_{C,0} = \frac{100}{100+1} = 0.99 \text{ A}$$

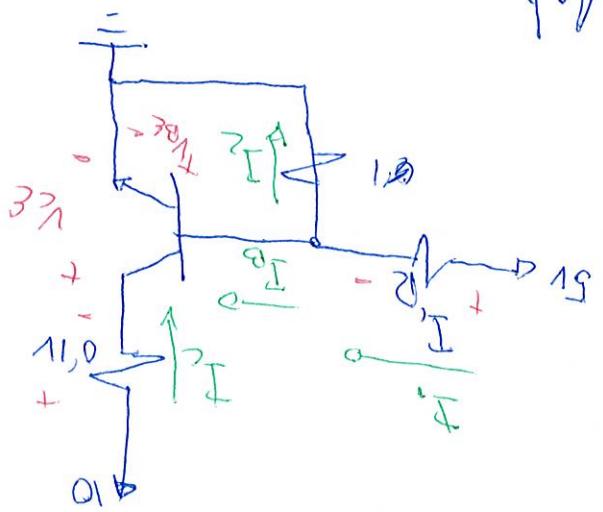
$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

$$I_{C,0} = 0.99 \text{ A}$$

$$V_{CE} = 0.1 \text{ V}$$

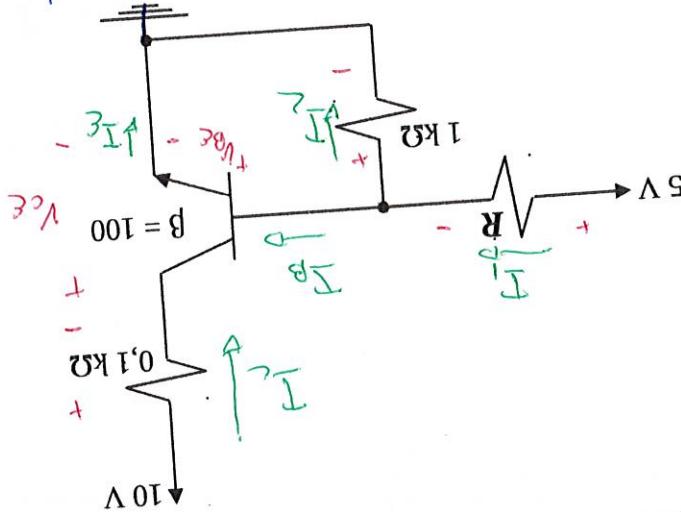
This is a linear approximation

Because, we neglect the base current  $I_B = 100 I_C$ , the output voltage is  $V_{CE} = 100 I_C + 0.1$



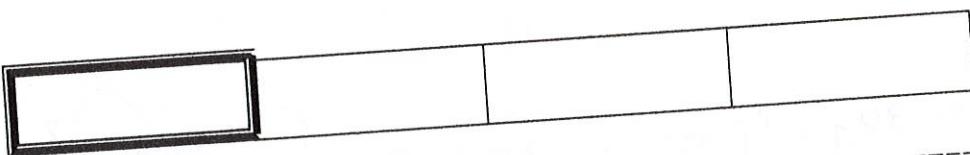
Portera elizailea.

Bera, e zangoa d'ia zirkuitua elizailea da transistorean  
Gurelitz g ezaguna ditugo berria, g elizari beldarreko ditugo.



- a) Zerin dira NPN motako transistorre bipolar batzen funtzionamendua astetzeke erabilitzuen diren magnitudetako? Zer erlatio betetzen dira beraien artean (zirkuituaren indepententeak)? Zergatik?
- b) Irudiko zirkuiturako, kalkula ezazu R erresistentziaren mugabalaioa transistorea koretan egon dadi.
- c) Baldim  $R = 3 \text{ k}\Omega$  bada, zer funtzionamendu-zonatan dago transistorea astetuan egon dadi.
- d) Kalkula ezazu R erresistentziaren mugabalaioa transistorea astetuan egon dadi.
- Lehenengo atalean lortutako balioarekin alderatuta, zer ondorioztazten duzu?

## 1. arriketa: Transistorreak



TALDEA

SINADURA

IZEN-ABIZENAK  
DATA

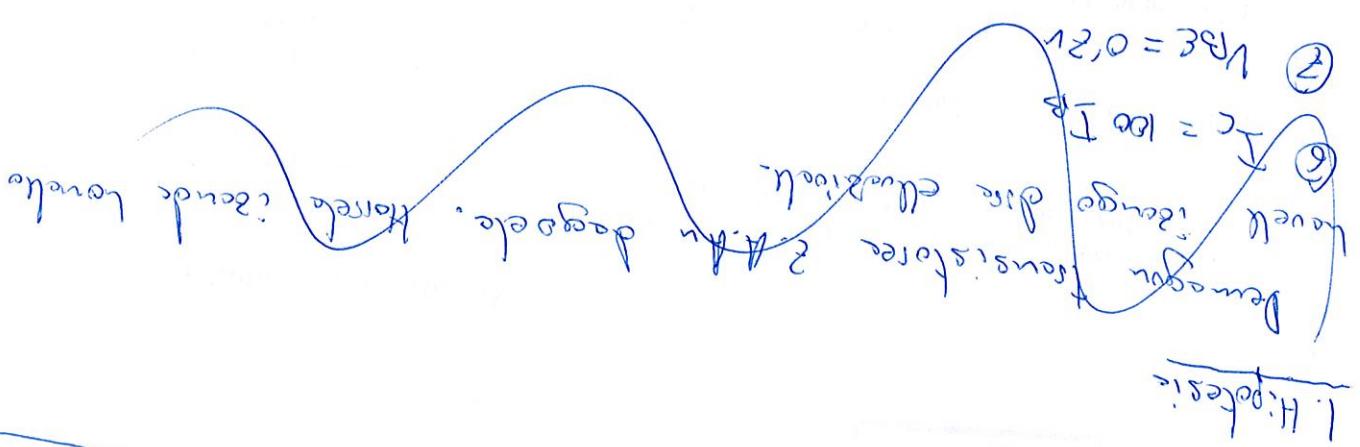
## Asterraketa partziala



$$\text{utl}$$

$$Q = \frac{3}{5} \left\{ \begin{array}{l} Q = \frac{2}{5} \\ Q = \frac{8}{5} \end{array} \right. \quad (2) \quad (1)$$

Laffer



$$I = I_B + I_e \quad (1)$$

bulk aging



T: Urtypen

ellosigkeitsregeln  
 $\begin{cases} I_B = 0 \\ I_C = 0 \end{cases}$

Baldintz:  $V_{BE} \leq 0.7V$

KKL

$$I_i = I_B + I_2$$

KFL

$$V_i = 20I_1 + 20I_2$$

$$20I_2 = V_{BE}$$

$$I_1 + V_C = 5$$

$$I_1 = I_2$$

$$V_i = 20I_2 + 20I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{V_i}{40} \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 5$$

Hipotesen  
egiaztopen:  $V_{BE} = \frac{V_i}{2} \leq 0.7V \Rightarrow V_i \leq 1.4V$



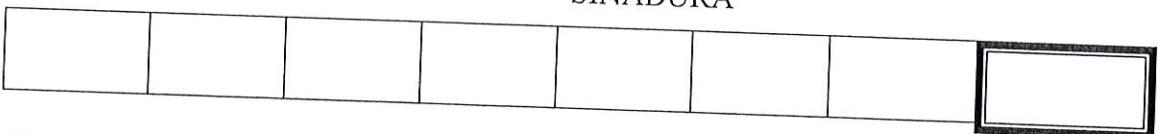


IZEN-ABIZENAK

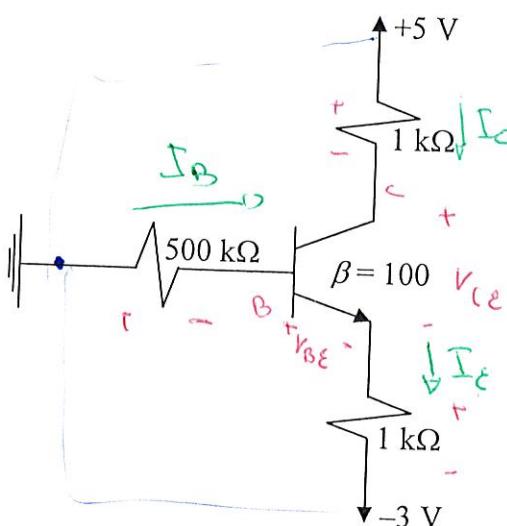
DATA

SINADURA

TALDEA



Analiza ezazu irudiko zirkuitua: zer funtzionamendu-zonatan dago transistorea?  
Kalkula itzazu transistorearen hiru muturretako tentsioak, hots,  $V_C$ ,  $V_B$  eta  $V_E$ .



KKL

$$\left. \begin{array}{l} I_E = I_B + I_C \\ I_E = I_E + I_C \end{array} \right\} I_E = I_B + I_C \Rightarrow I_E \approx 0'38 \mu A$$

KTL

$$I_C + 500 I_B = 5 \Rightarrow I_C = 5 + 500 I_B$$

$$500 I_B + V_{BE} + I_E = 3 \Rightarrow 500 I_B + I_E = 3'23 V \Rightarrow 500 I_B + I_B + I_C = 23 V \Rightarrow 500 I_B + I_B + 500 I_B = 23 V \Rightarrow 1001 I_B = -23 V \Rightarrow I_B = -23 / 1001 I_B = -23 / 1001 \times 10^{-6} A = -23 \times 10^{-6} A = -23 \mu A$$

$$I_C + V_{CE} + I_E = 5 - (-3) \Rightarrow I_C + I_E = 8 V$$

1. Hipótesis 7. A. A.  $\boxed{V_{CE} = 7'24 V}$

$$V_{BE} = 0'8 V$$

$$I_C = \beta I_B \Rightarrow \boxed{I_C = 0'38 \mu A}$$

$$\begin{aligned} & 500 I_B + I_B + \beta I_B = 23 \\ & I_B = 3'82 \times 10^3 \mu A \\ & I_B = 3'82 \mu A \end{aligned}$$

2.1. q Hipótesis 2.2em d..



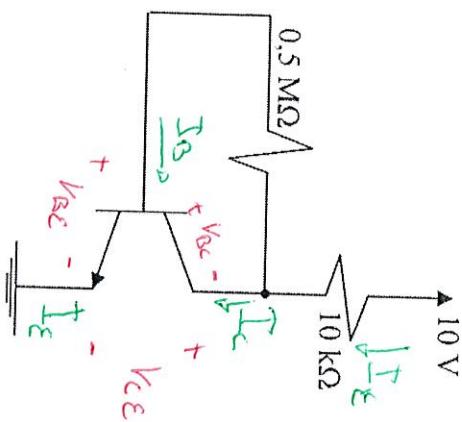
## Liniärer Modell

Analiza eza zu irudiko zirkuitua.

$$KKL: I_E = I_B + I_C$$

$$KTL: 10I_E + 500I_B + V_{BE} = 10$$

$$10I_E + V_E = 10$$



Transistorasen portante abweisen:

1. Hypothese:  $I_B = 0$

$$\text{Ergebnis}: \begin{cases} I_B = 0 \\ I_C = 0 \\ V_{CE} = 10 \text{ V} \end{cases}$$

### Solution

$I_E = 0 \Rightarrow V_{CE} = 10 \text{ V}$  Berücksichtigen

2. Hypothese:  $T = 2A, A$

$$\begin{cases} V_{BE} = 0.2 \text{ V} \\ I_C = 100I_B \end{cases}$$

### Solution

$$10I_B + 10I_C + 500I_B + 0.2 = 10 \Rightarrow 1000I_B + 500I_B + 0.2 = 10 \Rightarrow 1500I_B = 9.8 \Rightarrow I_B \approx 0.61 \text{ mA} \Rightarrow I_B = 610 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$V_E = 3.78 \text{ V}$$

Chancetie zu den  $V_E \geq 0.2 \text{ V}$  den betretenen Wert.

④

Ekuazio sistemaren soluzioa

$$10I_B + V_{BE} = 5 \quad \boxed{I_B = 0A} \quad V_{BE} = 5V$$

$$I_C + V_{CE} = 10 \quad \boxed{I_C = 0} \quad V_{CE} = 10$$

Hipotesiaren egiaztegena  $\Rightarrow$  Baldintza  $V_{BE} \leq 0.2 \Rightarrow V_{BE} = 5V$  lortu dugu  
beraz, hipotesia ollera da.

2. hipotesia T: 8.A.A

$$V_{BE} = 0.2V$$

$$I_C = 100I_B$$

Soluzioa

$$10I_B + 0.2 = 5 \Rightarrow I_B = 0.43mA$$

$$I_C = 100I_B \Rightarrow I_C = 43mA$$

$$V_{CE} = -33V$$

3. hipotesia T: Asetasuna

$$V_{BE} = 0.2V \quad ③$$

$$V_{CE} = 0.2V \quad ④$$

$$10I_B + 0.2V = 5 \Rightarrow I_B = 0.43mA$$

$$(I_C + 0.2) = 10 \Rightarrow I_C = 9.8mA$$

$$I_C \leq \beta I_B \Rightarrow 9.8mA \leq 100 \cdot 0.43mA \Rightarrow 9.8mA \leq 43mA \text{ beraz betetzen}$$

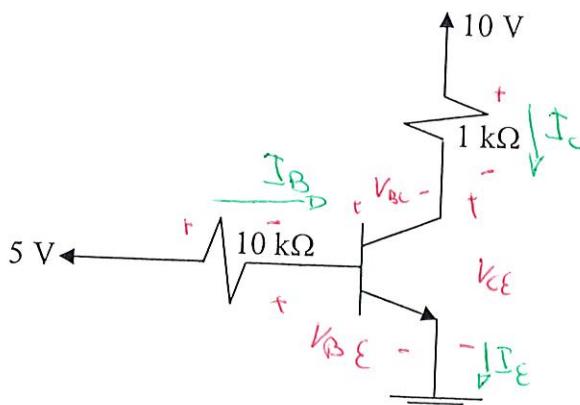
da hipotesia

Transistoraren-operazio-puntuak: Q ( $I_B = 0.43mA$ ,  $I_C = 9.8mA$ ,  $V_{BE} = 0.2V$ ,  $V_{CE} = 0.2V$ )

$\beta = 150 \Rightarrow P_2$  proiektua

## 10. gaiko ariketak: transistoredun zirkuituak

Analiza ezazu irudiko zirkuitua.



urratsak

① Transistorearen magnitudeak  $I_B, I_C, V_{BE}, V_{CE}$  ( $I_E, V_{BC}$ )  
Zirkuituko beste magnitude ezezagunak

4 ezezagun guztira:  $I_B, I_C, V_{BE}, V_{CE}$   
 ↓  
 4 ekuazio  $\begin{cases} 2 \text{ beri transistorearen portera elkarrikoak} \\ 2 \text{ zirkuituko elkarrikoak (Kirchoff-en legeak)} \end{cases}$

②

Zirkuituko elkarrikoak:

$$KKL: I_E = I_B + I_C \quad \cancel{I_E} \Rightarrow E_2 \text{ dugu erabiliz nahi.}$$

$$KTL: 10I_B + V_{BE} = 5 \quad ①$$

$$I_C + V_{CE} = 10 \quad ②$$

③ Transistorearen portera elkarrikoak:

1. hipotesia T: Norberan.

$$\text{Elkarrikoak: } \begin{cases} I_B = 0 \\ I_C = 0 \end{cases}$$

$$\text{beldintza: } V_{BE} \leq 0.7V$$

$$\begin{aligned} 2R_C + 2'04R_E &= 15'2 \\ 13I_3 + 2'04R_E &= 23'3 \\ 13I_3 + R_2I_1 &= 24 \end{aligned} \quad \left. \begin{aligned} 2R_C - 13I_3 &= 8'1 \\ 2R_C + R_2I_1 &= 24 \end{aligned} \right\}$$

$$2I_2 - I_3$$

$$\begin{aligned} I_3 &= 0'04 + I_1 \Rightarrow I_1 = I_3 - 0'04 \\ I_2 &= I_E + I_1 \Rightarrow I_2 = I_E + I_3 - 0'04 \Rightarrow I_2 - I_3 = I_E - 0'04 \Rightarrow I_E = 8'04 \end{aligned}$$

$$I_2 - I_3 = 2$$

$$\begin{aligned} I_3 &= 0'04 + I_1 \\ I_2 &= 2'04 + I_1 \end{aligned} \quad \left. \begin{aligned} I_2 &= I_3 + 2 \\ I_3 + 2 &= 2'04 + I_1 \end{aligned} \right\}$$

$$R_E = 2R_C$$

$$2R_C + 4'08R_C = 15'2 \Rightarrow 6'08R_C = 15'2 \Rightarrow R_C = 2'5 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 5 \text{ k}\Omega$$

$$13I_3 + 10'2 = 23'3 \Rightarrow 13I_3 = 13'1 \Rightarrow I_1 = 0'1 \text{ mA}$$

$$R_2 0'01 + 5 = 24 \Rightarrow R_2 = \frac{19}{0'01} \Rightarrow R_2 = 190 \text{ k}\Omega$$

$$I_2 = 2'04 + I_1 \Rightarrow I_2 = 2'14 \text{ mA}$$

$$I_2 - I_3 = 2 \Rightarrow I_3 = I_2 - 2 \Rightarrow I_3 = 0'14 \text{ mA}$$

$$V_E = V_{RE} = 10'2 \text{ V}$$

$$V_B = V_E + V_{BE} = 10'2 \text{ V} + 0'2 \text{ V} = 10'4 \text{ V}$$

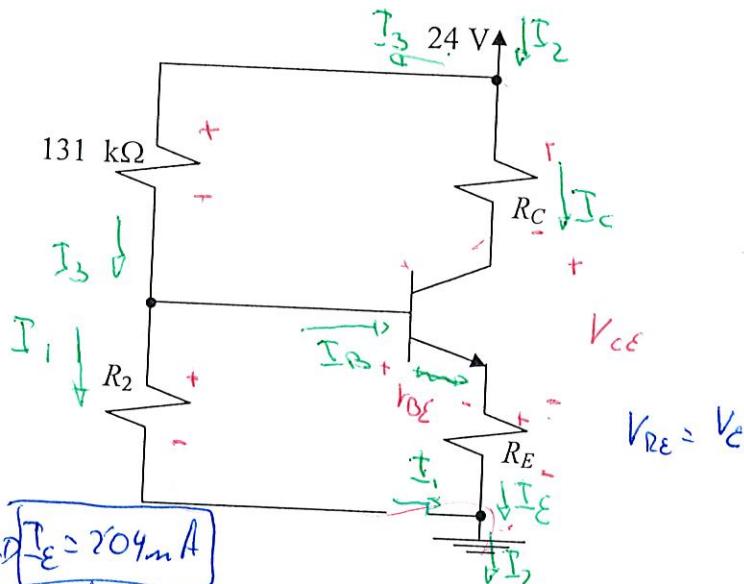
$$V_C = 10'2 \text{ V} + 0'2 \text{ V} = 10'4 \text{ V} \Rightarrow V_C = 24 \text{ V}$$



5. (2,5 puntu)

Irudiko zirkuituan, honako magnitude hauek neurtu dira: transistorearen kolektore-korrontea, 2 mA; transistorearen oinarri-korrontea, 40  $\mu$ A; kolektore-igorle tentsioa, 8,8 V. Bestalde, jakina da igorleko erresistentzia kolektorekoaren bikoitza dela. Datu horiek guztiak kontuan hartuz, erantzun ondoko galderak, kasu guztieta erantzuna justifikatuz:

- Zer funtzionamendu-zonatan dago transistorea? 2. A. A
- Zenbatekoa da transistorearen korronte-irabazia,  $\beta$ ? (50)
- Zenbatekoak dira  $R_C$ ,  $R_E$  eta  $R_2$  erresistentziak? ( $R_C = 254\Omega$ )  $R_E = 5\Omega$   $R_2 = 190$
- Kalkula itzazu transistorearen hiru terminalen tentsioak,  $V_C$ ,  $V_B$  eta  $V_E$ , alegia.



$$KKL \quad I_E = I_B + I_C \Rightarrow I_E = 204 \text{ mA}$$

$$I_2 = I_3 + I_c$$

$$I_B = I_3 = I_1$$

$$I_2 = I_3 - I_1$$

$$I_c = 2 \text{ mA}$$

$$I_B = 0.04 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 8.8 \text{ V}$$

$$I_2 = I_3 + 2 \Rightarrow 2 = I_2 - I_3$$

$$0.04 = I_3 - I_1 \Rightarrow I_3 = 0.04 + I_1$$

$$I_2 = I_E + I_1$$

$$\begin{aligned} KTL \\ ① R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E &= 24 \Rightarrow R_C \cdot 2 + 8.8 + R_E I_E = 24 \\ ② 131 I_3 + V_{BE} + R_E I_E &= 24 \Rightarrow 131 I_3 + R_E I_E = 23.3 \end{aligned}$$

1. Hipótesis  $\Rightarrow$  t: 2. A. A

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

$$I_C = \beta I_B \Rightarrow \beta = \frac{2}{0.04} = 50$$

$$\begin{aligned} R_C \cdot 2 + R_E I_E &= 15.2 \Rightarrow \\ 2 R_C + 204 R_E &= 15.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ③ 131 I_3 + R_2 I_1 &= 24 \Rightarrow 524 + 131 I_1 + R_2 I_1 = 24 \\ &\Rightarrow 131 I_1 + R_2 I_1 = 18.76 \end{aligned}$$

$\rightarrow$   $v_C(t) = \dots$

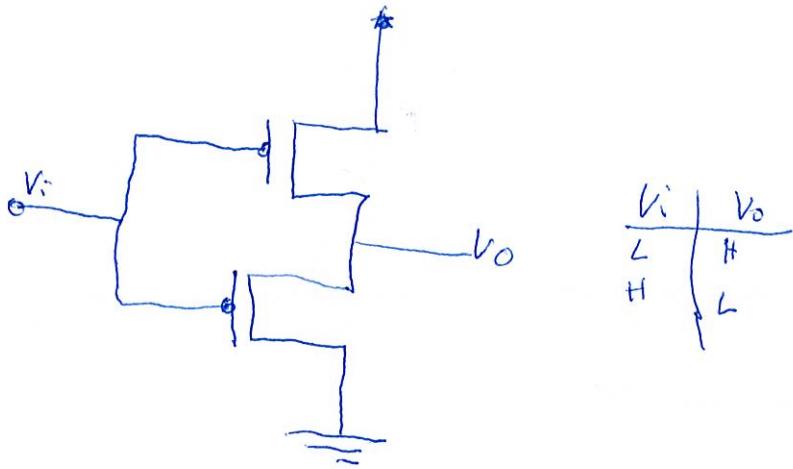


Ekuazio honen soluzio orokorra honako itxura honetakoa da:

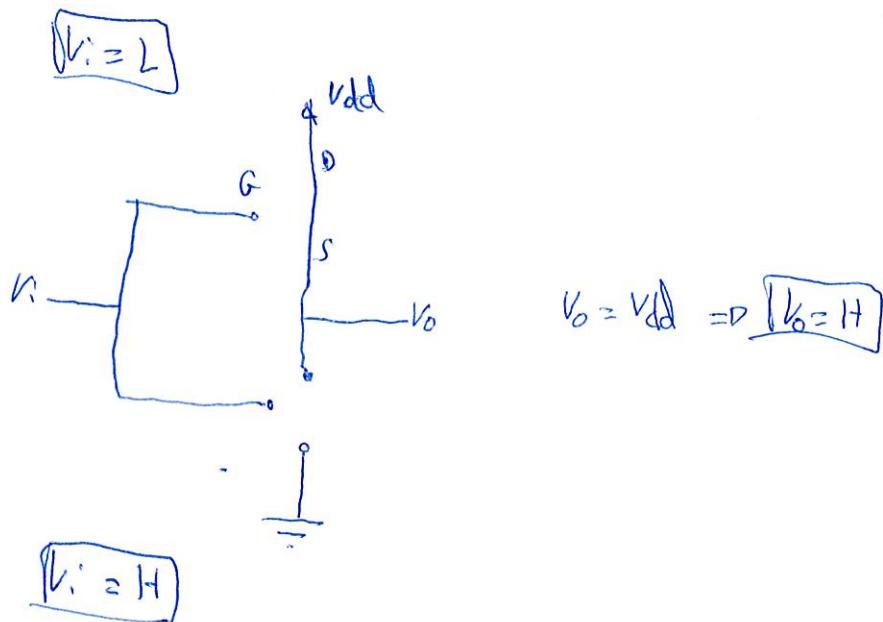
$$v_C(t) = K_1 e^{-\frac{t}{RC}} + K_2$$

non  $K_1$  eta  $K_2$  direlakoak, kondentsadorearen hasierako eta bukaerako egoeren menpekoak diren bi konstante baitira.

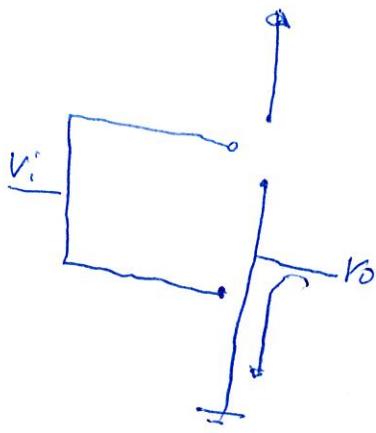
familia logílica: CMOS



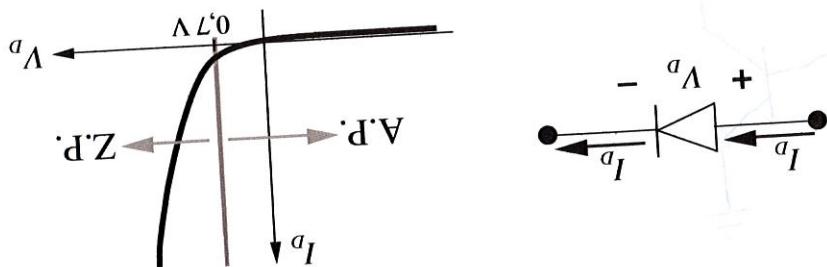
$$\begin{array}{c} V_i \\ \text{---} \\ L \end{array} \quad \begin{array}{c} V_o \\ \text{---} \\ H \end{array}$$



$$\boxed{V_o = L}$$

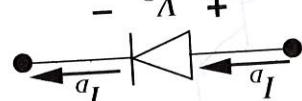


**Lehenengo hurbilketak (diodo idealaren hurbilketak) :** Zuzeneko polarizazioan diodok zirkuitulaburra balitz bezala erotzen du korrontea eta alderantzikoa polarizazionam, berriiz, ez du erotzen.



**Diodo Artezelak**

Diodo bat alderantzikako polarizazioan edo alderantzikiz polarizatuta (A.P.) dago, negatiboa diodaren mutur negatiboaarekin konektatuta daudenean. Diodo bat alderantzikako polarizazioan edo alderantzikiz polarizatuta (A.P.) dago, negatiboa diodaren mutur negatiboaarekin konektatuta daudenean. Diodek erabilienak edo arrunteneak dira hauek. Besteik gabe, polarizazioa erotzen duen korrontea, eta alderantzikoko polarizazioa ez.



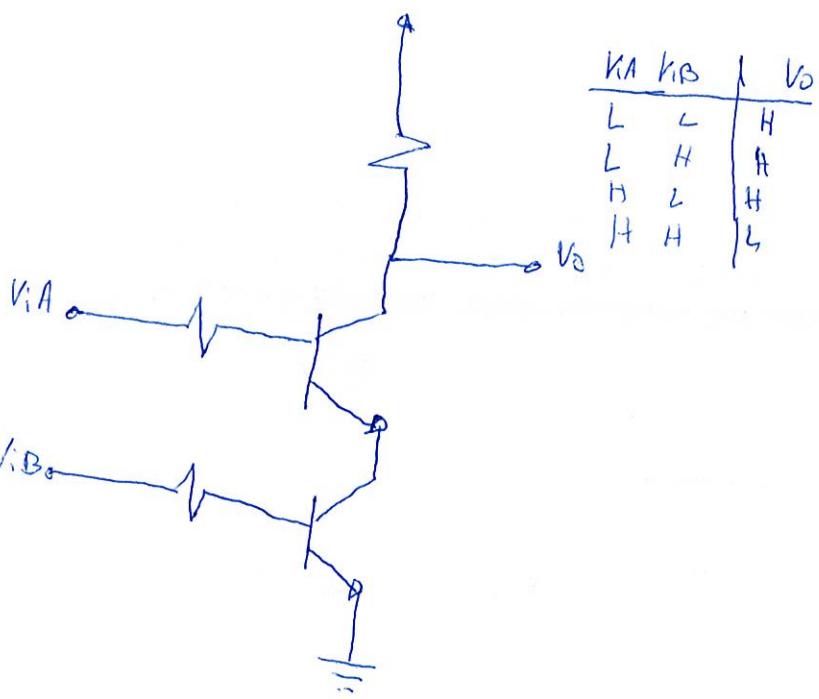
**Alderantzikako polarizazioa:**

Diodo bat zuzeneko polarizazioan edo zuzenki polarizatuta dago, diodari ezarritako tensioaren alde positiboa diodaren mutur positiboaarekin eta tensioaren alde negatiboa diodaren mutur negatiboaarekin konektatuta daudenean. Diodo bat zuzeneko polarizazioan edo zuzenki polarizatuta dago, diodari ezarritako tensioaren alde positiboa diodaren mutur positiboaarekin eta tensioaren alde negatiboa diodaren mutur negatiboaarekin konektatuta daudenean.

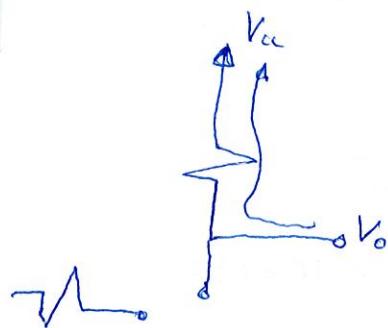
**Zuzeneko polarizazioa:**

Dioda PN juntura bat bestetik ez dela eta horrik datozkio bere ezagarririk. Diodoak elementu biterminala da; hots, bi mutur ditu, esan behar da erdiroaleko zirkuituetan, diodok beti pasibo gisa jokatzentzio dute, potentzia xurgatzuz. Diodoen mutur bat posiboa edo modua da (PN junturren P aldea) eta bestea negatiboa edo katóda (PN junturren N aldea), eta horri ikurrera ere islatzen da, mutur positibik mutur negatiboa zuzenduta dagoen gezi batzen itxura baituak. Portera desberdin horrek direla eta, diodaren polarizazioa mintzatzan gara.

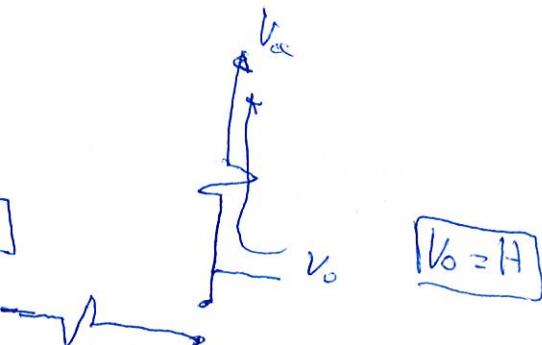
## 9.Gaiak Diodoak



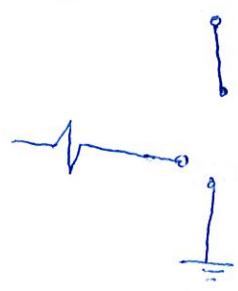
$V_{iA}, V_{iB} \rightarrow L$



$$V_o = V_{cc} \Rightarrow V_o = H$$

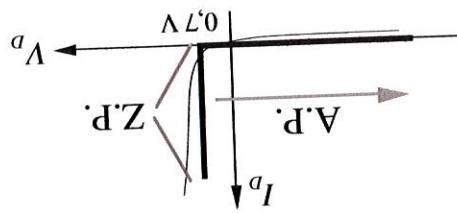


$$V_o = H$$

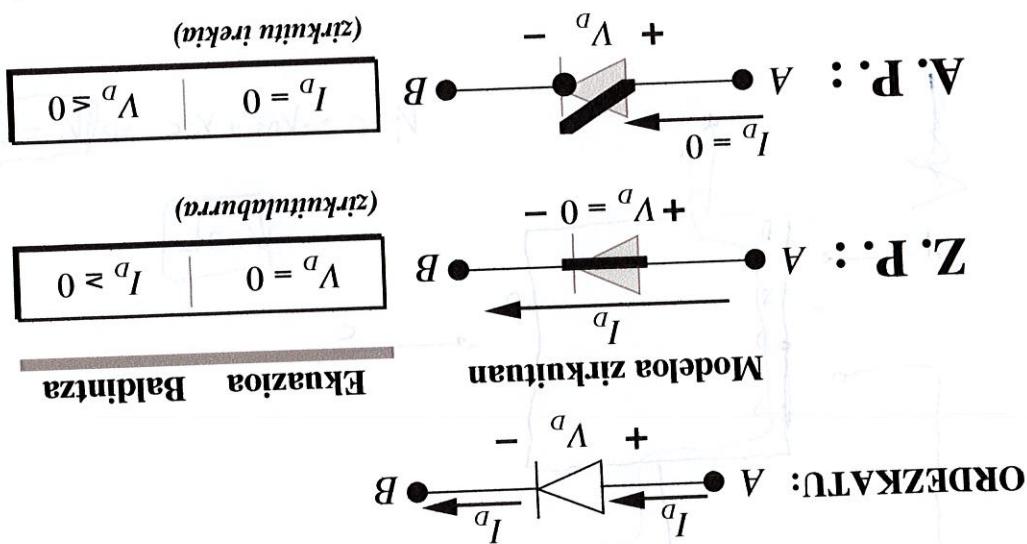


Or

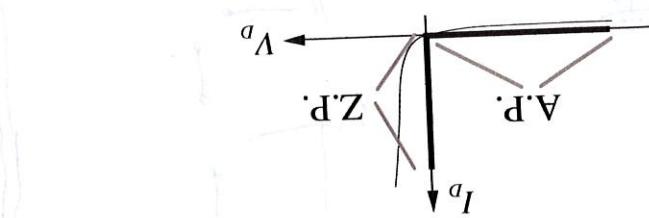
|   |   |   |
|---|---|---|
| L | L | L |
| L | H | H |
| H | L | H |
| H | H | L |



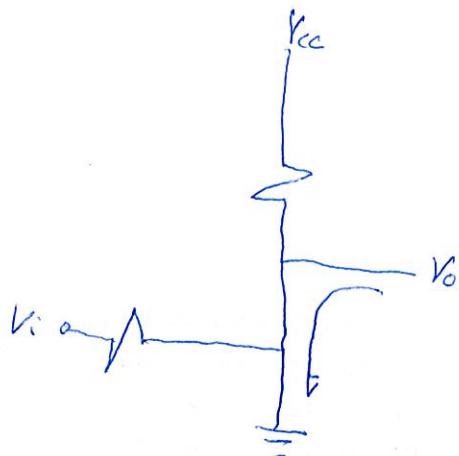
Bilogaren hurbilketaren erabiliera : Dioidak zuzeneko polarizazioan oztoporik gabe erooten du, baina soilik  $0,7\text{ V}$ -eko tensoia gainditzen denean; alderantzizko polarizazioan, beriz, ez du erosten. Zehaztasunari begira, hurbilketaren lehenengoa baino zehatzagoa da, diodaren atari-tensiota kontuan harzen baita.



Hau jatorrizko kurbaik aldenduen dagoen hurbilketaren denetegi, zehaztasunik txikiena lortuko dugu hurbilketaren honi dagokion eredu erabiliz. Dena den, arketetan ikusiko den bezala, askotan zehaztasun hori nahikoa izan ohi da. Dioidak zirkuitu bat ebazteko hurbilketaren erabiliz, honako eredu, ekuaizio eta baldintzak erabili behar dira:

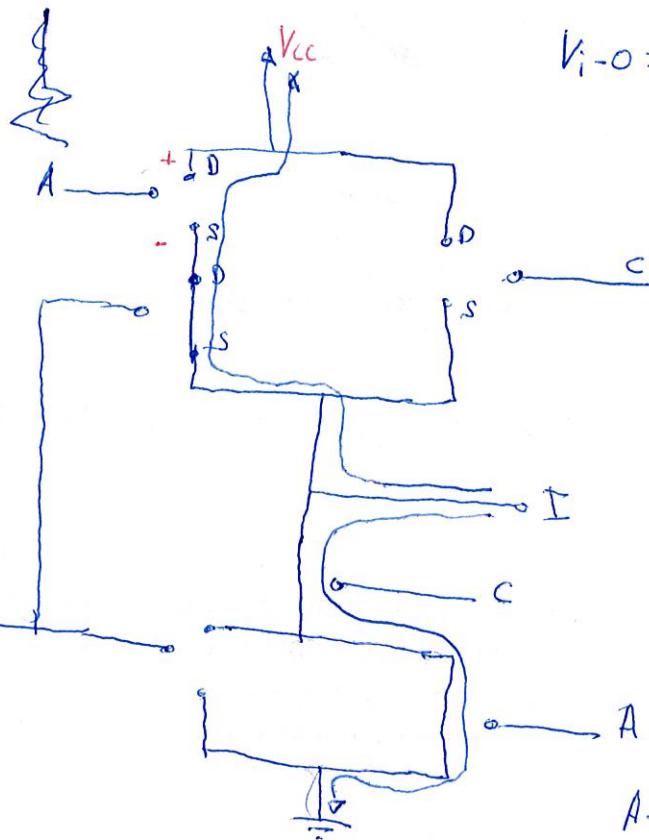


$$V_i = D \cdot H$$



$$K_0 \geq 0 = V_0 - 0 \Rightarrow V_0 = 0 \Rightarrow V_0 = L$$

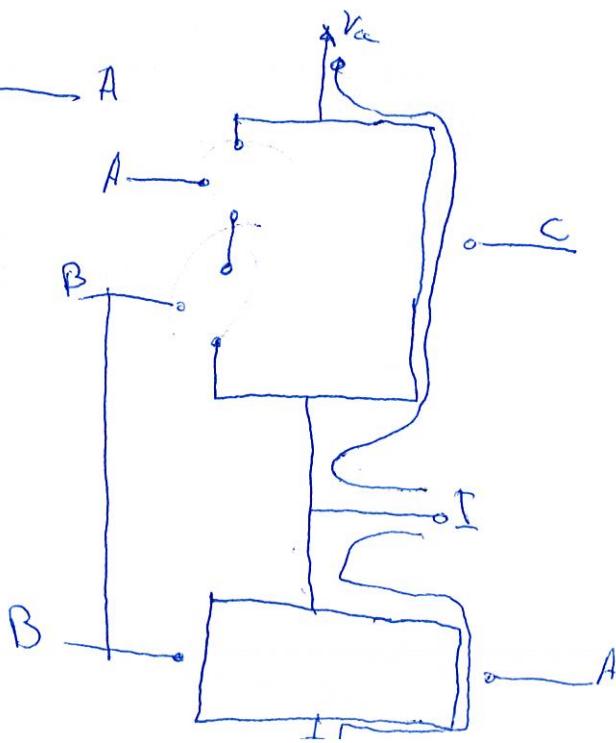
$$V_i$$



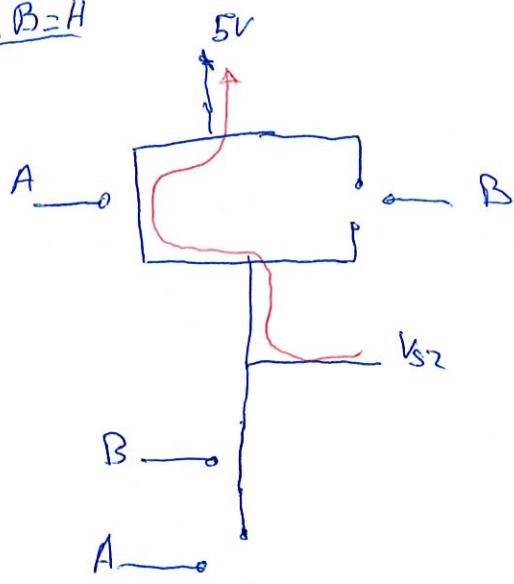
$$V_i - 0 = -V_{DS} + V_{CC} \Rightarrow V_i = 0$$

$$V_i = L$$

$$V_i = L$$



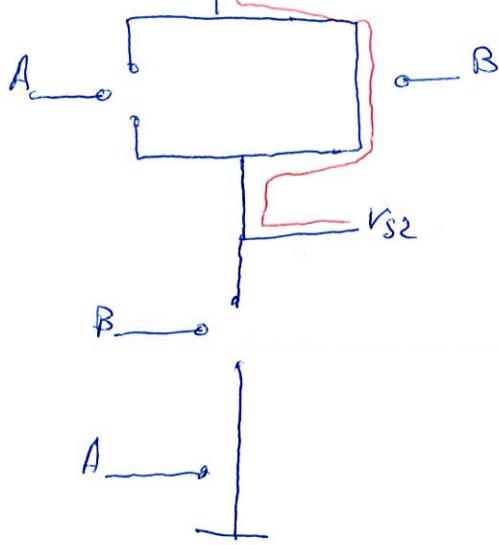
A=L, B=H



$$V_{S2} = 5V \Rightarrow V_{S2} = H$$



$V_{S2} = 5V \Rightarrow A=H, B=L$



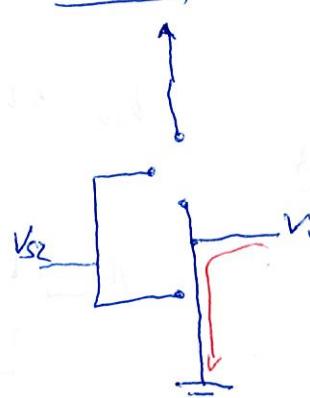
$$V_{S2} = 5V \Rightarrow V_{S2} = H$$



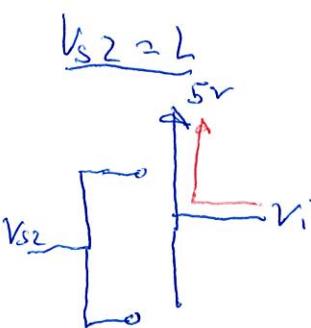
$V_{S2}$ -ren Araberaukio,  $V_i$ :

| $V_{S2}$ | $V_i$ |
|----------|-------|
| H        | L     |
| H        | L     |
| H        | L     |
| L        | H     |

$$V_{S2} = H$$



$$V_i = L \Rightarrow V_i = 0$$



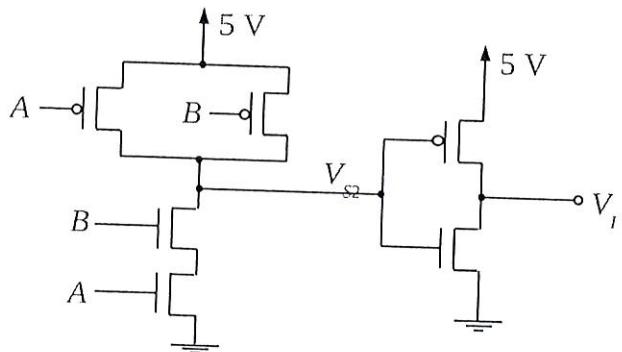
$$V_i = 5V \Rightarrow V_i = H$$

Ikussten den bezoala, hortzen dugun funtzio logikoa AND izango da, A eta B, H direnean soilik hortzko badugu  $V_i = H$  izates. ✓



6.

Esan ezazu zein familia logikotakoa den irudiko zirkuitua eta analiza ezazu haren funtzionamendua, hots, kalkula ezazu irteerako tentsioaren balioa sarreren konbinazio posible guztiarako eta idatzi tentsioen taula (horretarako, kalkula ezazu lehendabizи  $V_{S2}$  tentsioa). Zer funtzio logiko egiten du zirkuituak?



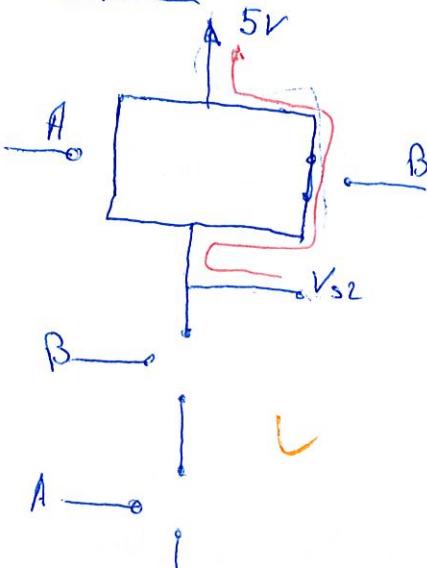
| A | B | $V_{S2}$ | $V_I$ |
|---|---|----------|-------|
| L | L | H        | L     |
| L | H | H        | L     |
| H | L | H        | L     |
| H | H | L        | H     |

familia Logikoa: cMOS

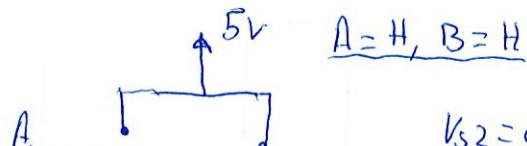
Analizatu portxeroa:

Zirkuitua,  $V_{S2}$  Lostzado

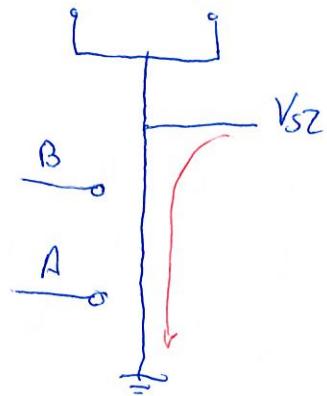
$$A=L, B=L$$



$$V_{S2} = 5V \Rightarrow V_{S2} = H$$



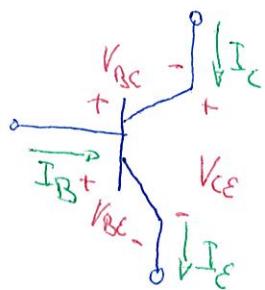
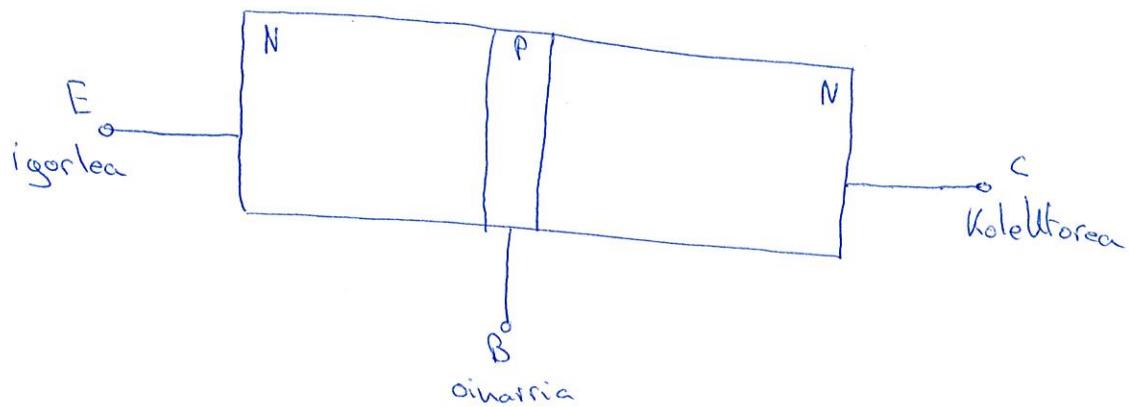
$$V_{S2} = 0 \Rightarrow V_{S2} = L$$



# Transistor bipolarra (BJT: Bipolar junction transistor)

{NPN}

2 PN juntura



$$\begin{aligned} \text{Kirchoff: } I_E &= I_B + I_C \\ V_{BE} &= V_{BE} - V_{CE} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{Beti} \\ \text{B} \end{array} \right\}$$

transistoraren portaera elkarrikoak  
funtzionamendu zonen arabera

| PN junturaren<br>Polarizazioa | funtzionamendu-<br>zona         | Ekuazioak                          | baldintza            | Eredua            |
|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------|
| $BE: A.P$<br>$BC: A.P$        | Kortea                          | $I_B = 0$<br>$I_C = 0$             | $V_{BE} \leq 0.2V$   | $I_C = \beta I_B$ |
| $BE: Z.P$<br>$BC: A.P$        | Z.A.A (Zone Aktiboa<br>Arrunta) | $V_E = 0.2V$<br>$I_C = \beta I_B$  | $V_{CE} \geq 0.2V$   | $I_C = \beta I_B$ |
| $BE: Z.P$<br>$BC: Z.P$        | Asetasuna                       | $V_{BE} = 0.2V$<br>$V_{CE} = 0.2V$ | $I_C \leq \beta I_B$ | $I_C = \beta I_B$ |

Transistorrechen operatio-punkte  $\Rightarrow Q(I_c, I_B, V_{BE}, V_{Bc})$