

**Elektroniikkasuunnittelun perusteet (Principles of electronic design 521431A )**  
Tentti / *Exam 3.7.2010*

1. a) Laske kuvan 1(a) transistorin virrat ja jännitteet, kun BJT:n virtavahvistus  $\beta = 100$ .  
b) Kuvassa 1(b) on esitetty CMOS-invertteri ja sen tulo-lähtö -jännitekäyrä. Selitä, mitä käyrällä numeroiduissa pisteissä tapahtuu.  
c) Mitä tarkoittaa logiikan häiriömarginaali?
2. Seuraavat kysymykset liittyvät kuvan 2 kytkentään ja voit olettaa, että transistorin  $U_{BE} = 0.6 \text{ V}$   
a) Laske operaatiovahvistinkytkennän vahvistus  $u_{opa} / u_{in}$  ja tuloimpedanssi.  
b) Laske emitteriseuraaajan jännitevahvistus  $u_{out} / u_{opa}$  ja lähtöimpedanssi.  
c) Mikä on kytkennän kokonaisvahvistus  $u_{out} / u_{in}$ ?  
d) Montako desibeliä lähtöjännite vaimenee, jos lähtöön kytketään  $8 \Omega$ :n kuorma?
3. Kuvassa 3 a on esitetty zener-diodilla toteutettu jänniteregulaattori ja kuvassa 3 b on zenerdiodin  $I_Z - V_Z$  -ominaiskäyrä.  
a) Laske lähtöjännite  $V_{out}$  (10 mV:n tarkkuus riittää) ja zenerdiodin läpi menevä virta, kun regulaattorilla ei ole kuormaa ( $R_L = \infty$ ).  
b) Laske, millä kuormaresistanssin arvoilla regulaattori voi yleensä toimia?  
c) Kuinka suuri on load-regulation (eli lähtöjännitteen muutos), kun kuormavirta kasvaa 0 mA:sta 20 mA:iin?  
d) Kondensaattorivian johdosta 10 V:n dc-tulojännitteeseen tulee on 2 V<sub>P-P</sub> sinimuotoista 50 Hz:n hurinajännitettä eli:

$$V_{CC}(t) = 10V + 1V \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50Hz \cdot t)$$

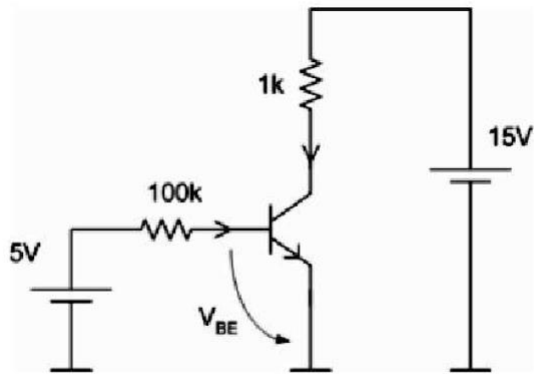
Laske ja perustele millainen on lähtöjännitteen aaltomuoto (esitä kaava tai kuva), kun kuormaa ei ole. (Vihje: arvioi ominaiskäyrästä ensin  $R_Z$ :n arvo, laskut vastauspaperille!).

4. Esitä yksinkertaiseen lineaarimalliin perustuvan virtavahvistimen ac-piirimalli (circuit model) ja selitä, mitä kukin elementti tarkoittaa. Millainen on kunkin elementin arvo ideaalisella virtavahvistimella?

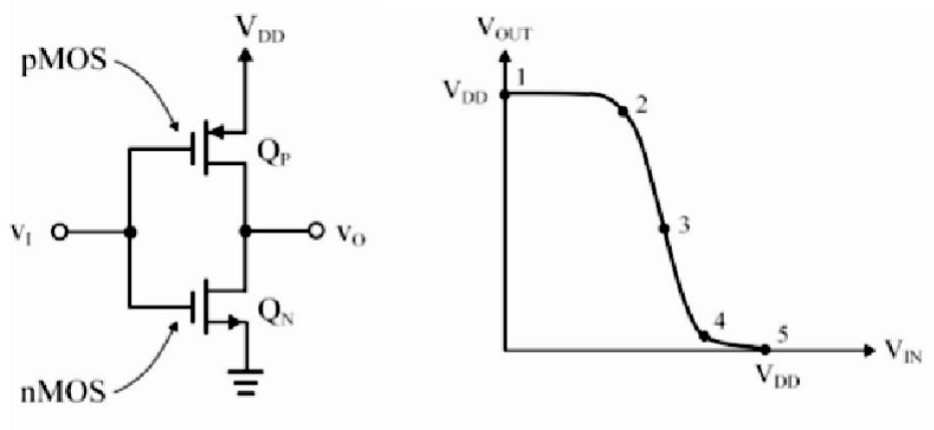
Kuvat ovat kahdella viimeisellä sivulla.

Questions in English.

1.
  - a) Calculate the currents and voltages of the transistor seen in Fig 1a when the BJT's  $\beta = 100$ .
  - b) A CMOS inverter and its input-output voltage response is shown in Fig 1b. Explain what happens on the numbered points on the curve.
  - c) What does logic noise margin mean?
2. Following questions are related to Fig 2 and you can assume that  $U_{BE} = 0.6V$ .
  - a) Find the gain  $u_{opa} / u_{in}$  of the operational amplifier configuration and the input impedance.
  - b) Find the gain  $u_{out} / u_{opa}$  of the emitter follower and the output impedance.
  - c) What is the total gain  $u_{out} / u_{in}$  of the configuration?
  - d) How many decibels does the output signal attenuate if an  $8\Omega$  load is connected to the output?
3. A voltage regulator based on a zener diode is shown in Fig 3a and the  $V_Z - I_Z$ -curve of the diode is shown in Fig 3b.
  - a) Calculate the output voltage  $V_{out}$  (at an accuracy of 10 mV) and current going through the zener diode when there is no load at the output ( $R_L = \infty$ ).
  - b) Calculate the range of the load resistance, where the regulator operates correctly.
  - c) What is the load regulation (the change of the output voltage) if the load current increases from 0 mA to 20 mA?
  - d) Due to failure of a capacitor a 2 V<sub>P-P</sub> sinus voltage ripple (50 Hz) is induced to 10 V<sub>DC</sub> input voltage:
$$V_{CC}(t) = 10V + 1V \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50Hz \cdot t)$$
Calculate and give an explanation (formula, figure) to the waveshape of the output voltage when there is no load. (Hint: from the curve in Fig 3b estimate  $R_Z$  first, write calculations in your paper).
4. Draw a simple ac circuit model of a current amplifier based on a linear model. Explain the meaning of each element and if the amplifier would be ideal, what should be their values?

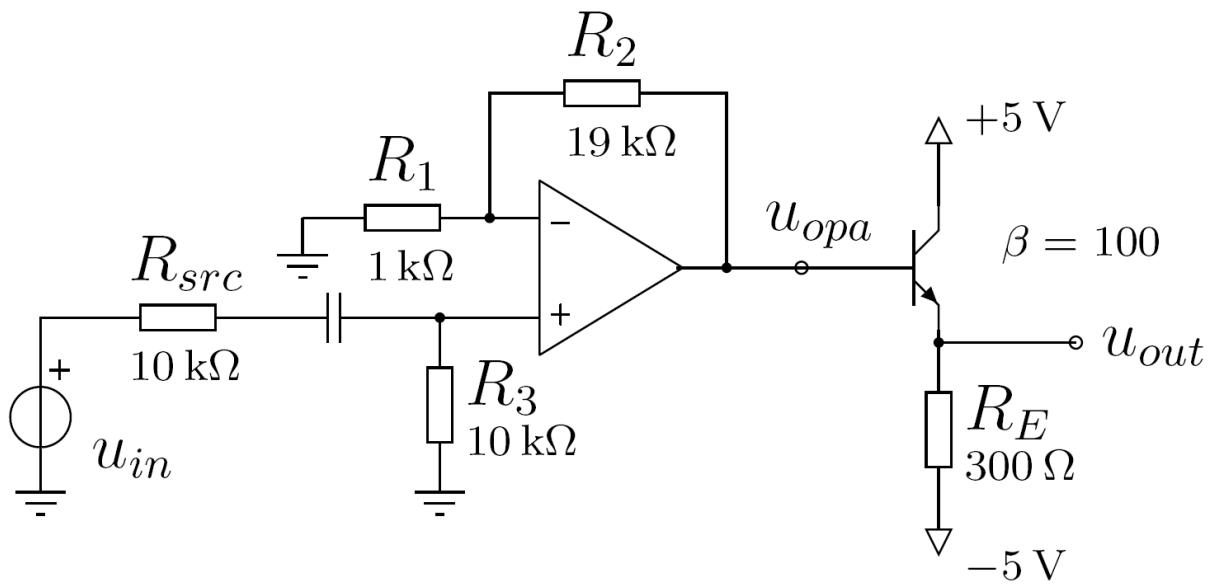


(a)

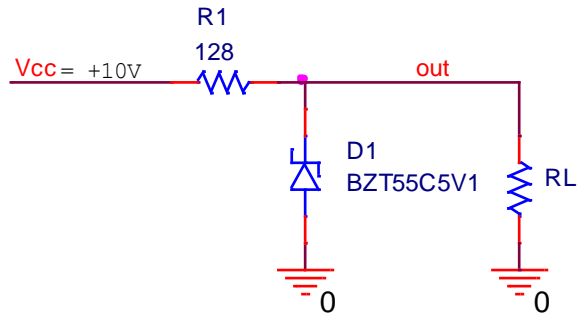


(b)

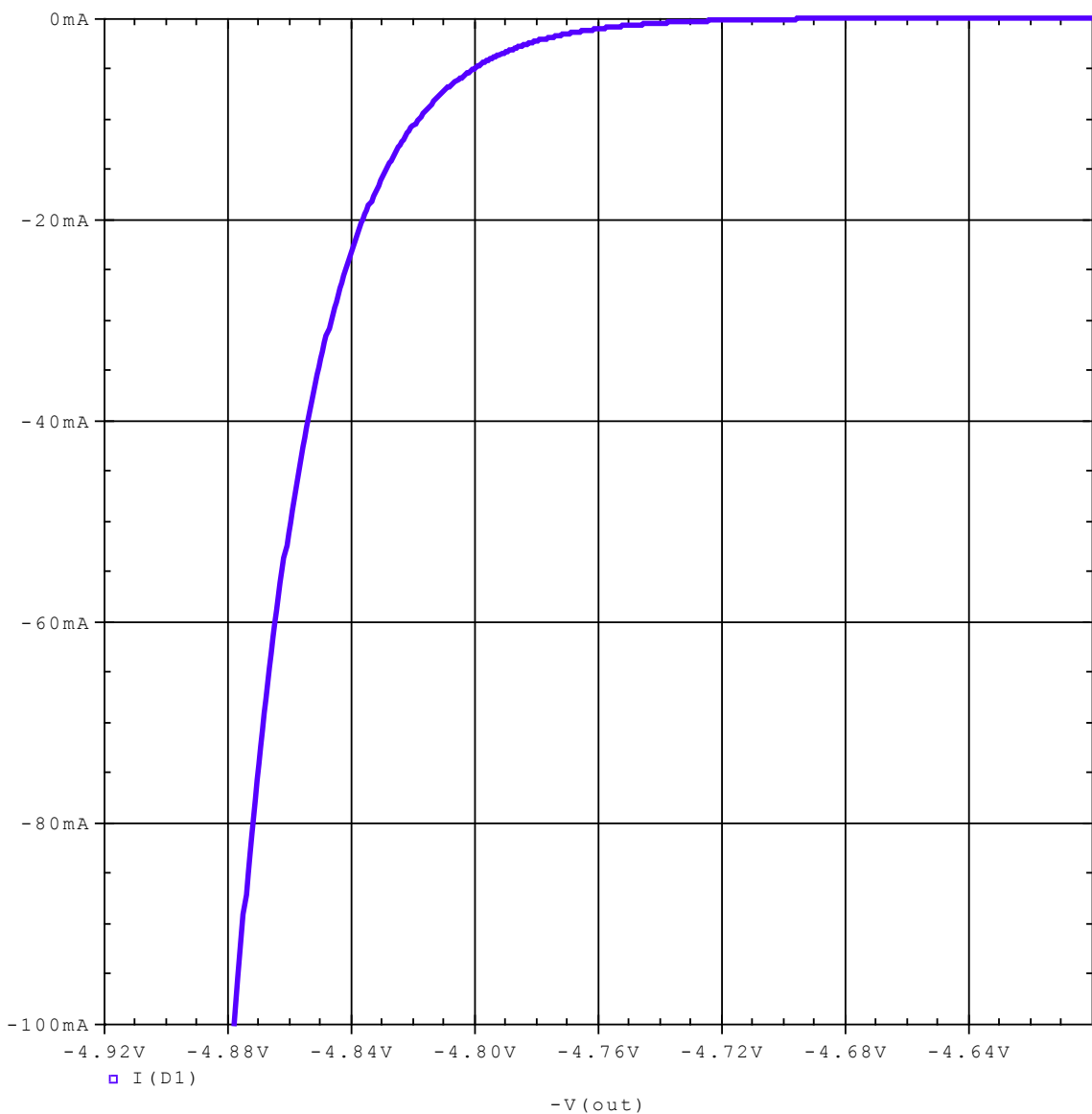
Kuva/Figure 1. Kuvat tehtävään 1.



Kuva/Figure 2. Kuvat tehtävään 2.



Kuva/Figure 3 a. Zenerdiodilla toteutettu jänniteregulaattori. A Zener diode based voltage regulator



Kuva/Figure 3 b. Zenerdiodin  $V_Z - I_Z$ -ominaiskäyrä. Vaaka-akselilla on diodin estosuuntainen jännite  $V_Z$  (V) ja pystyakselilla zenerdiodin läpi menevä virta  $I_Z$  (mA).  $V_Z - I_Z$ -curve of the zener diode. Horizontal axis is the reverse zener voltage  $V_Z$  (V) and vertical axis is the zener current  $I_Z$  (mA) of the diode.