

Epäteoreettisen elektroniikan perusteet



Transistorit



Helsinki Hacklab

Transistorista sanottua

- “Transistori on tärkein aktiivikomponentti kaikessa nykypäivän elektroniikassa. ”

Wikipedia

- “Kolme fyysikkoa, jotka keksivät transistorin - William Shockley, John Bardeen ja Walter Brattain - saivat Nobelin palkinnon.”
- “Ottaen huomioon kaikki ne keksinnöt, joille transistori avasi tietä, voidaan väittää, että se oli 1900-luvun tärkein keksintö.”

<https://www.rohm.com/electronics-basics/transistors/history-of-transistors>

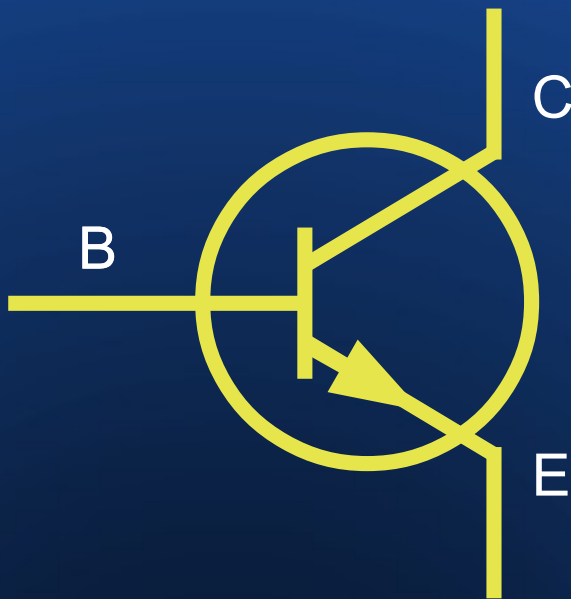


Erillispuolijohteiden tyypit

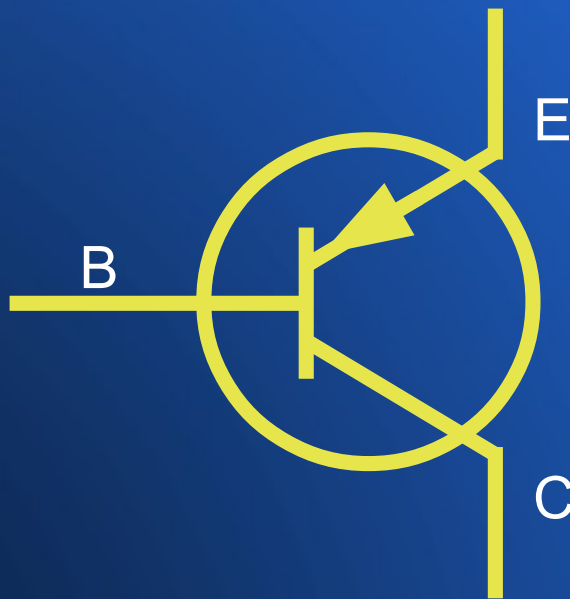
- Diodit
 - Tasasuuntaus- tai signaalidiodi
 - Led
 - Muut (zener, diac jne.)
- Transistorit
 - BJT (bipolar junction transistor) = “tavallinen transistori”
 - FET (field effect transistor) = “fetti”
- Muut
 - Tyristori
 - Triac
 - UJT
 - jne.



Transistorityypit



NPN



PNP

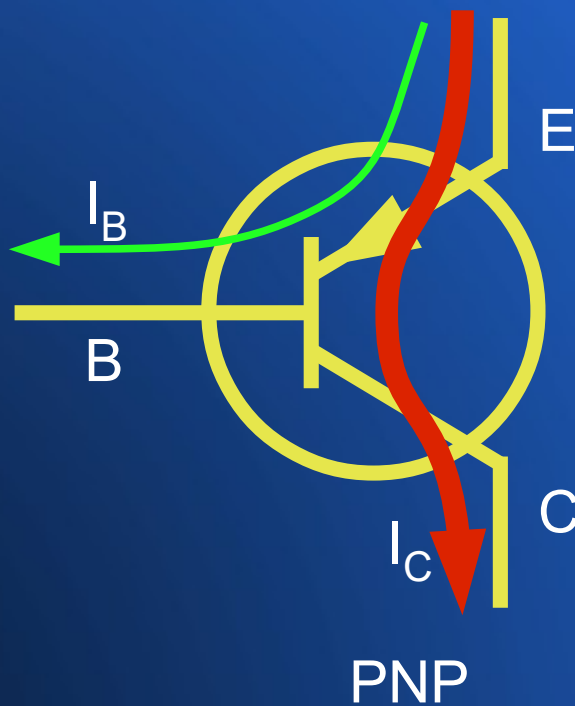
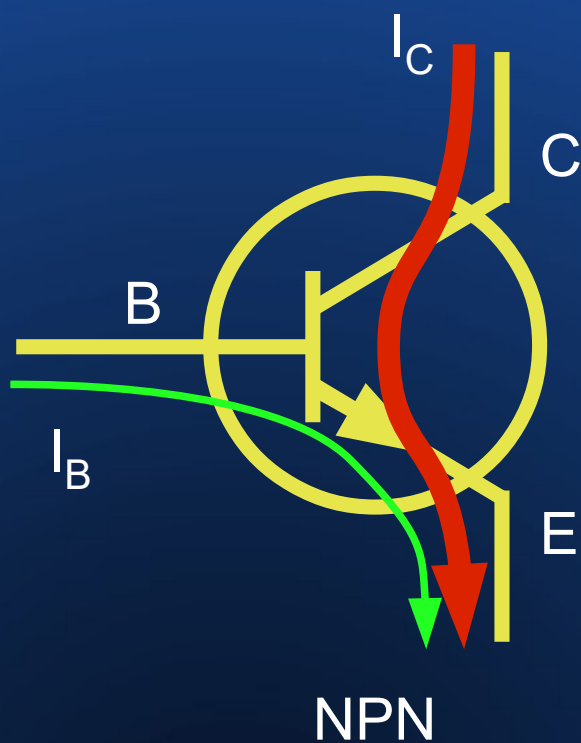
E (emitter) = emitteri

B (base) = kanta

C (collector) = kollektori



Transistorin virrat



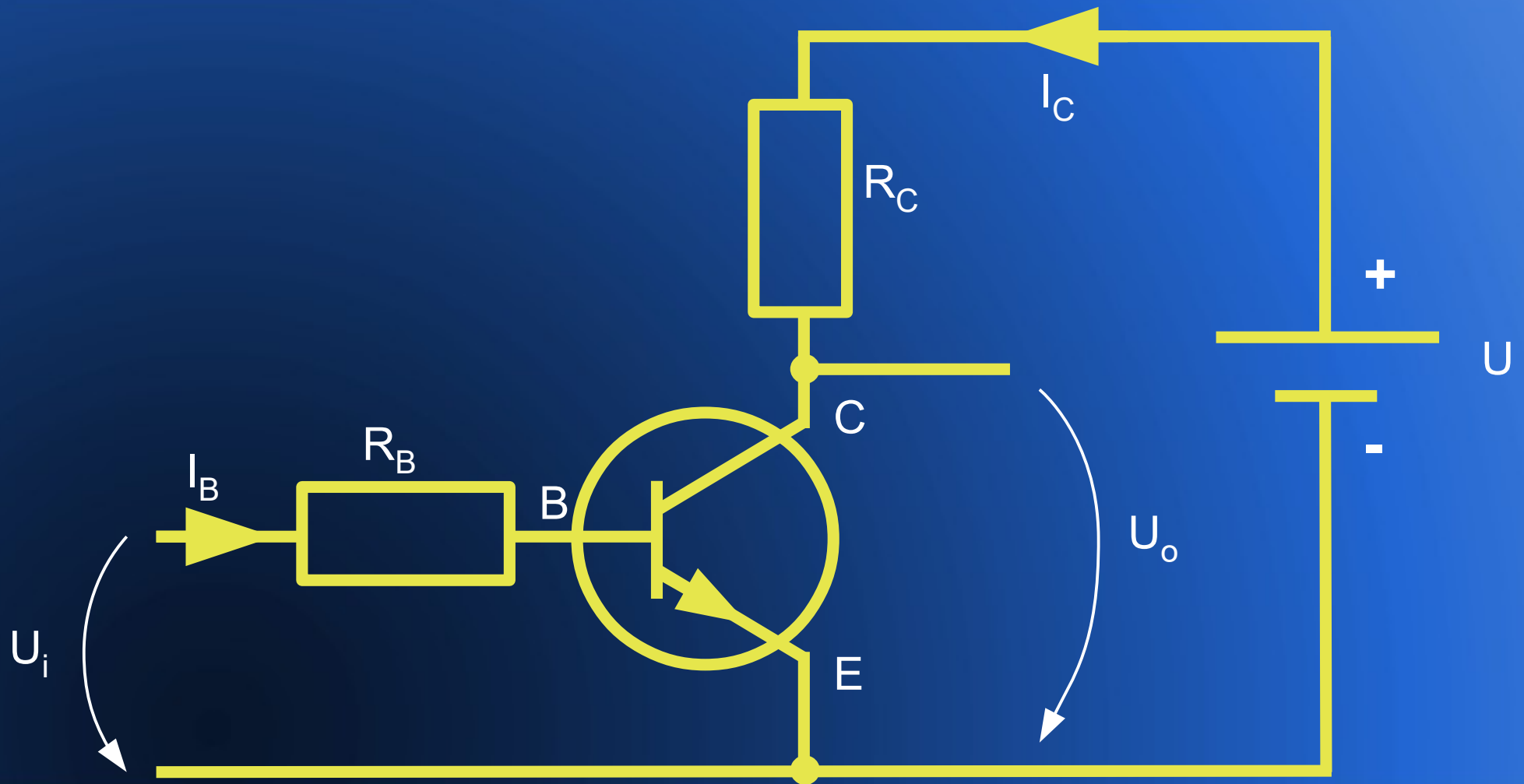
Kantavirta I_B
Kollektorivirta I_C

$$I_C = h_{FE} \cdot I_B$$

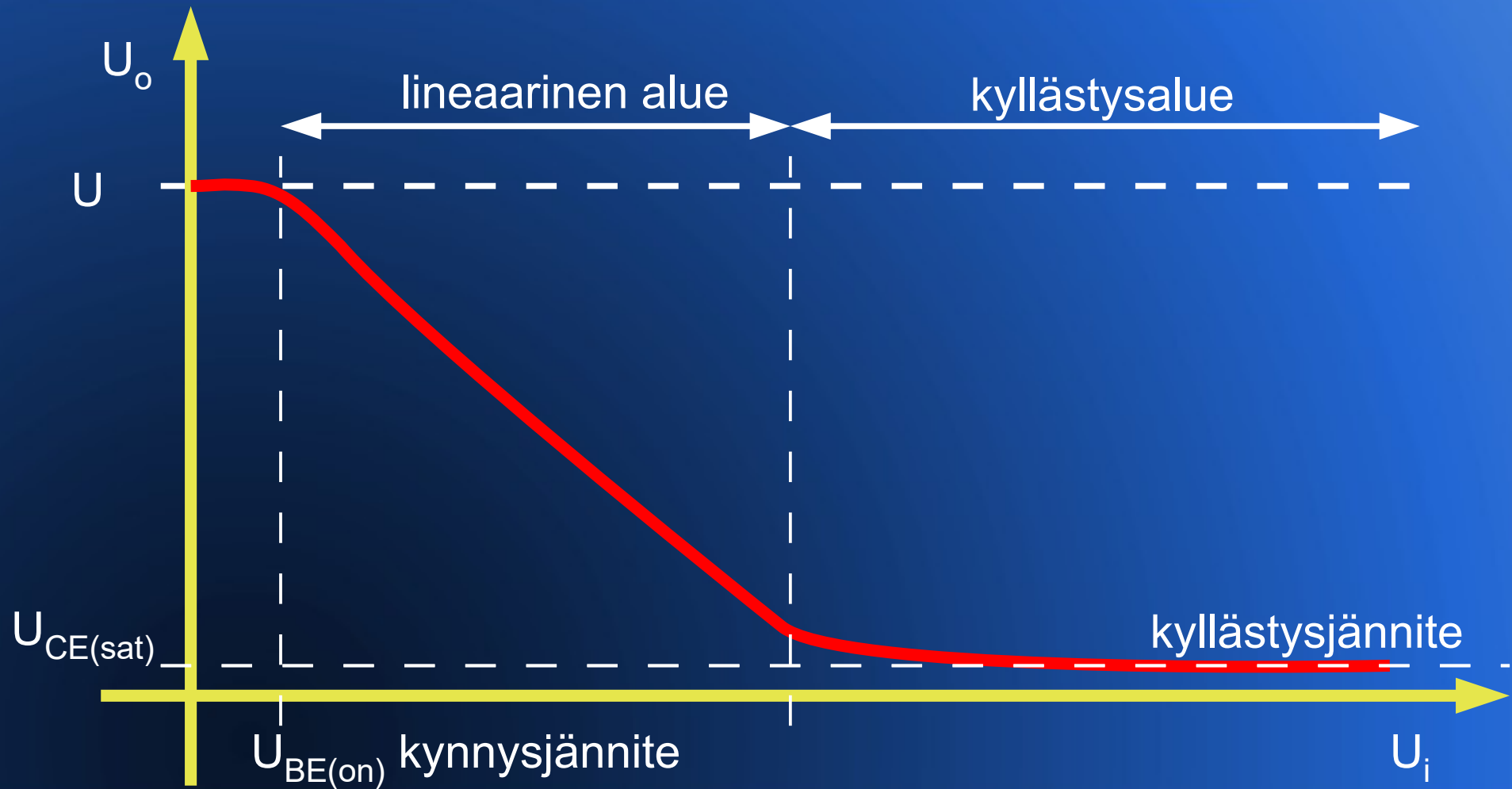
$h_{FE} = \beta$ = vahvistuskerroin



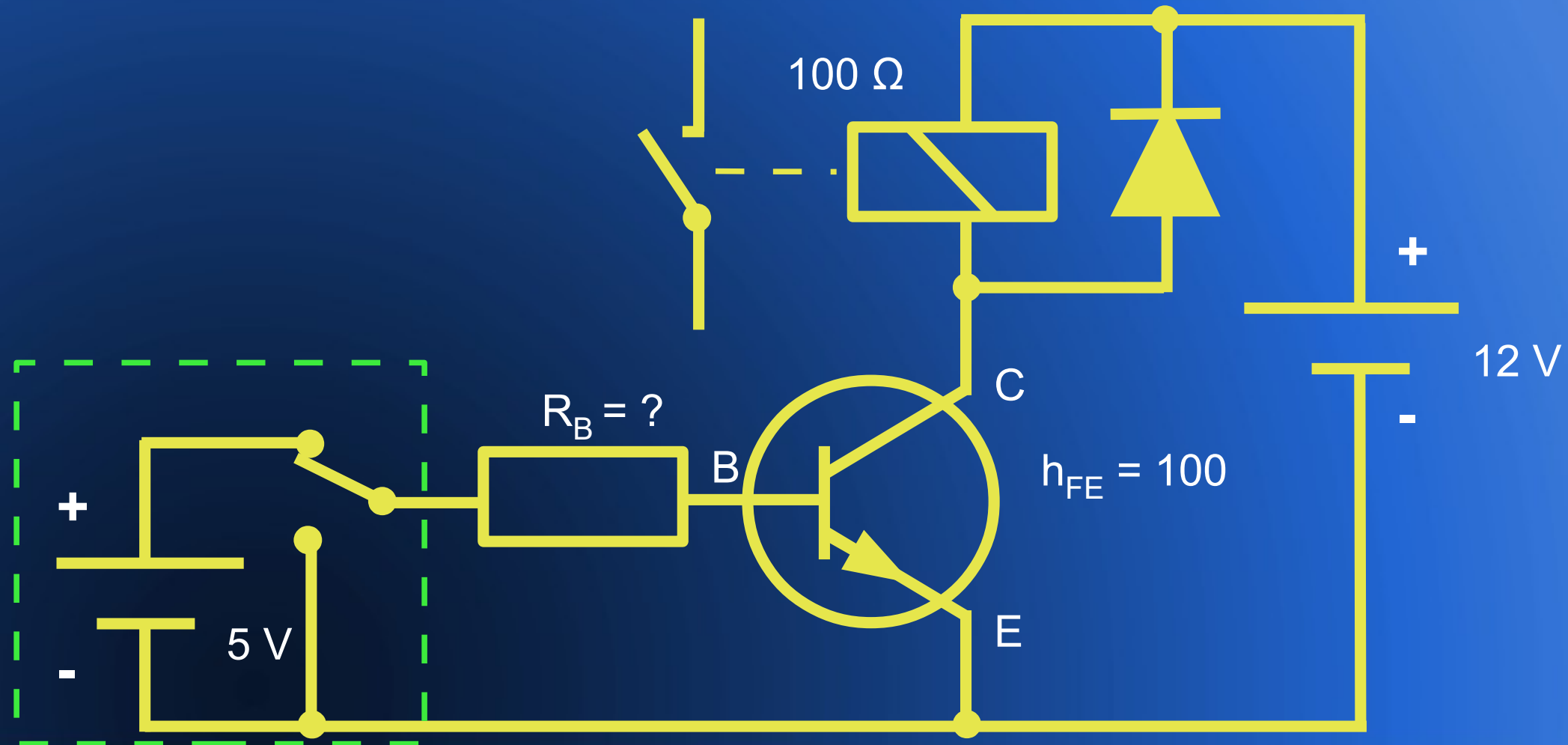
Transistorivahvistin



Transistorivahvistimen jännitteet



NPN-transistori kytkimenä



Kantavastuksen laskeminen (NPN)

- Kollektorivirta, kun transistori johtaa (oletetaan $U_{CE(sat)} \approx 0$)

$$I_C = \frac{12\text{ V}}{100\ \Omega} = 120\text{ mA}$$

- Tällöin kantavirran minimiarvo (kyllästysraja)

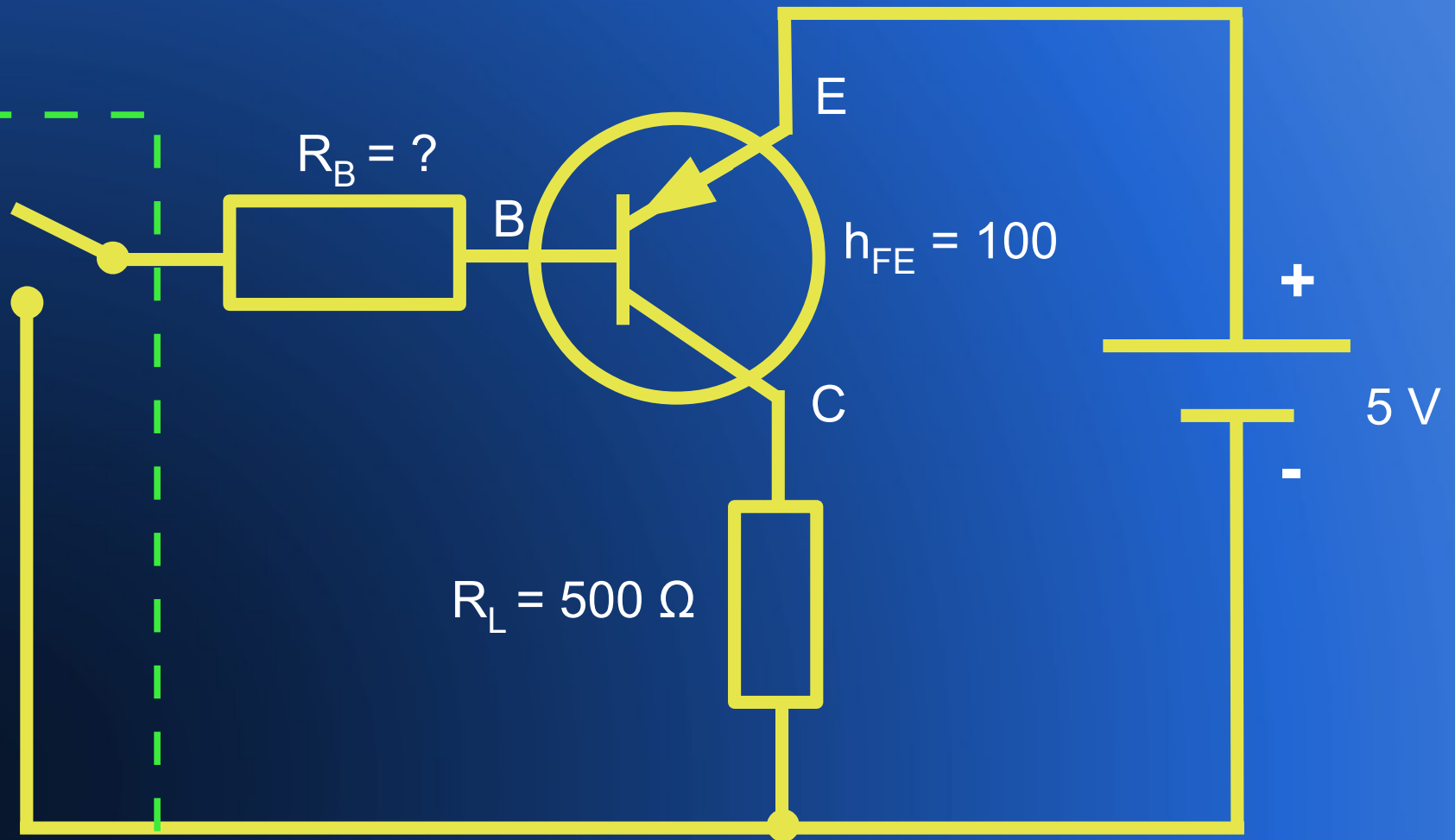
$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{120\text{ mA}}{100} = 1,2\text{ mA}$$

- Jotta transistori kyllästyy kunnolla, valitaan kantavirta = 3 mA

- Joten $R_B = \frac{5\text{ V} - U_{BE(on)}}{I_B} = \frac{5\text{ V} - 0,7\text{ V}}{3\text{ mA}} = 1,43\text{ k}\Omega \approx 1,5\text{ k}\Omega$



PNP-transistori kytkimenä



Kantavastuksen laskeminen (PNP)

- Kollektorivirta, kun transistori johtaa (oletetaan $U_{CE(sat)} \approx 0$)

$$I_C = \frac{5\text{ V}}{500\ \Omega} = 10\text{ mA}$$

- Tällöin kantavirran minimiarvo

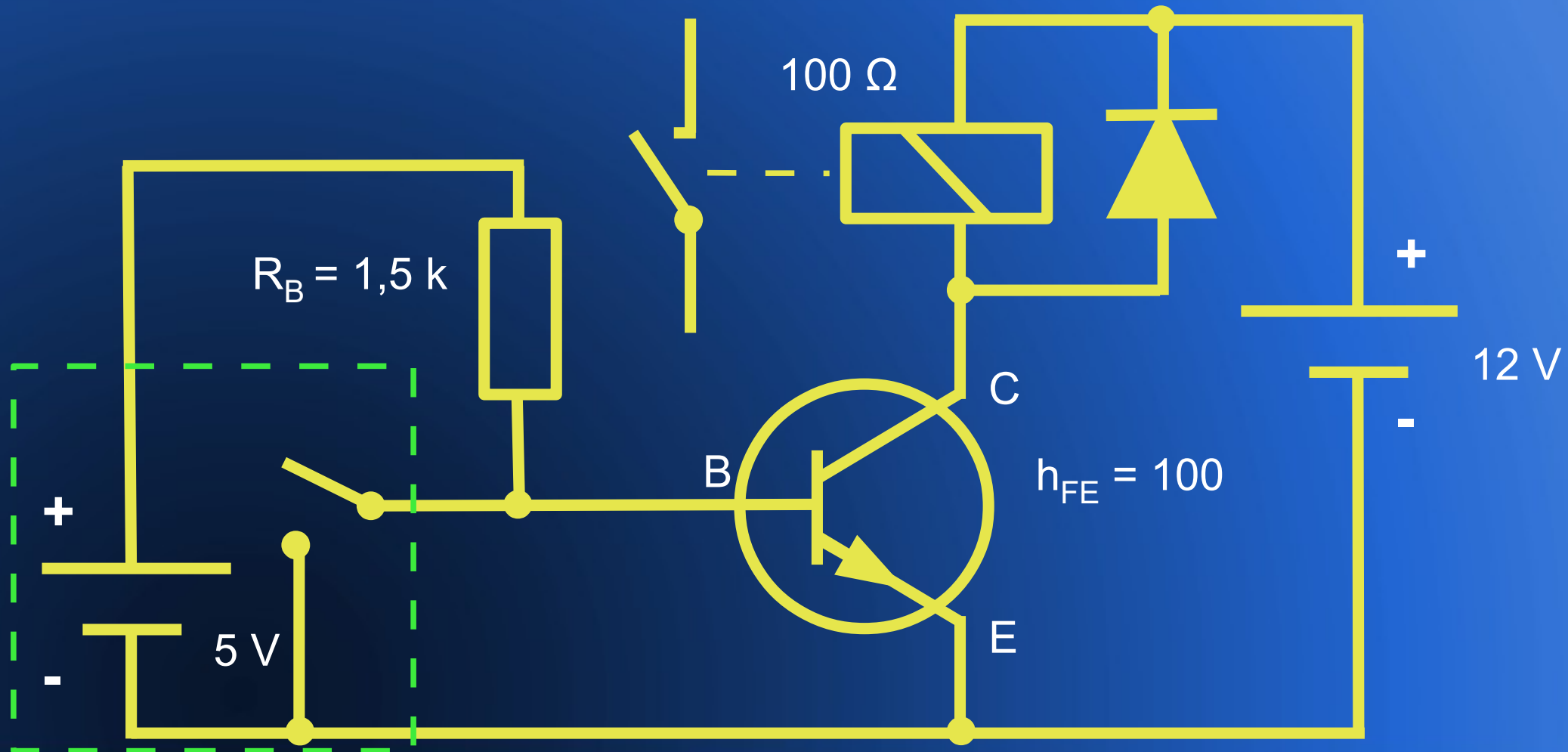
$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{10\text{ mA}}{100} = 0,1\text{ mA}$$

- Jotta transistori kyllästyy kunnolla, valitaan kantavirta = 0,3 mA

- Joten $R_B = \frac{5\text{ V} - U_{BE(on)}}{I_B} = \frac{5\text{ V} - 0,7\text{ V}}{0,3\text{ mA}} = 14,3\text{ k}\Omega \approx 15\text{ k}\Omega$



NPN-transistori kytkimenä



Epäteoreettisen elektroniikan perusteet



BJT-transistorien perusteet

Transistorista sanottua

- “Transistori on tärkein aktiivikomponentti kaikessa nykypäivän elektroniikassa.”

Wikipedia

- “Kolme fyysikkoa, jotka keksivät transistorin - William Shockley, John Bardeen ja Walter Brattain - saivat Nobelin palkinnon.”

- “Ottaen huomioon kaikki ne keksinnöt, joille transistori avasi tietä, voidaan väittää, että se oli 1900-luvun tärkein keksintö.”

<https://www.rohm.com/electronics-basics/transistors/history-of-transistors>



Helsinki Hacklab

Transistorin merkityksestä

Erillispuolijohteiden tyypit

- Diodit
 - Tasasuuntaus- tai signaalidiodi
 - Led
 - Muut (zener, diac jne.)
- Transistorit
 - BJT (bipolar junction transistor) = “tavallinen transistori”
 - FET (field effect transistor) = “fetti”
- Muut
 - Tyristori
 - Triac
 - UJT
 - jne.

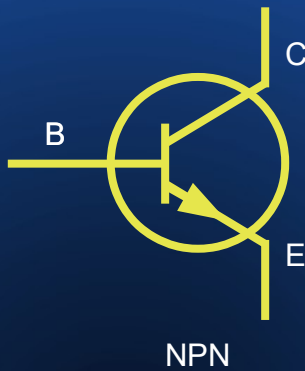


Helsinki Hacklab

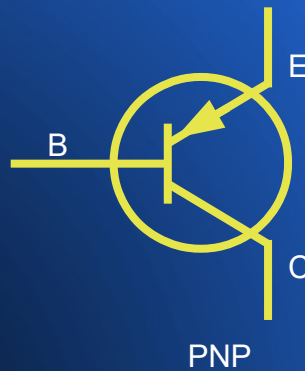
Erillispuolijohteiden luokittelua.

Vaikka FET:kin on periaatteessa transistori, yleensä “transistorilla” tarkoitetaan nimenomaan BJT-transistoria.

Transistorityypit



NPN



PNP

E (emitter) = emitter
B (base) = kanta
C (collector) = kollektori



Helsinki Hacklab

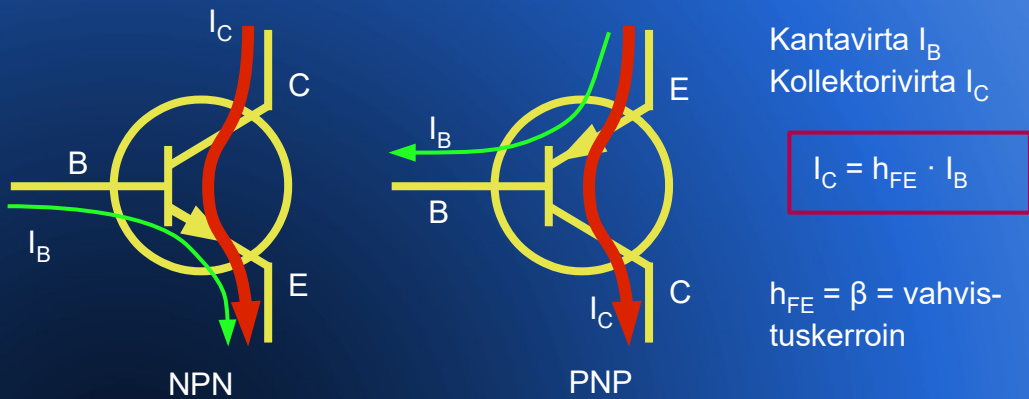
Transistoreita on kahta tyyppiä: NPN ja PNP.

Kannattaa huomata, että kuvassa NPN:n ja PNP:n kollektori ja emitteri on piirretty eri päin. Näin saadaan piirroksessa pidettyä plus ylhäällä ja miinus alhaalla.

KytKentäkaaviomerkin muistisääntö:

NPN = “Nuoli Poispäin Navasta”

Transistorin virrat

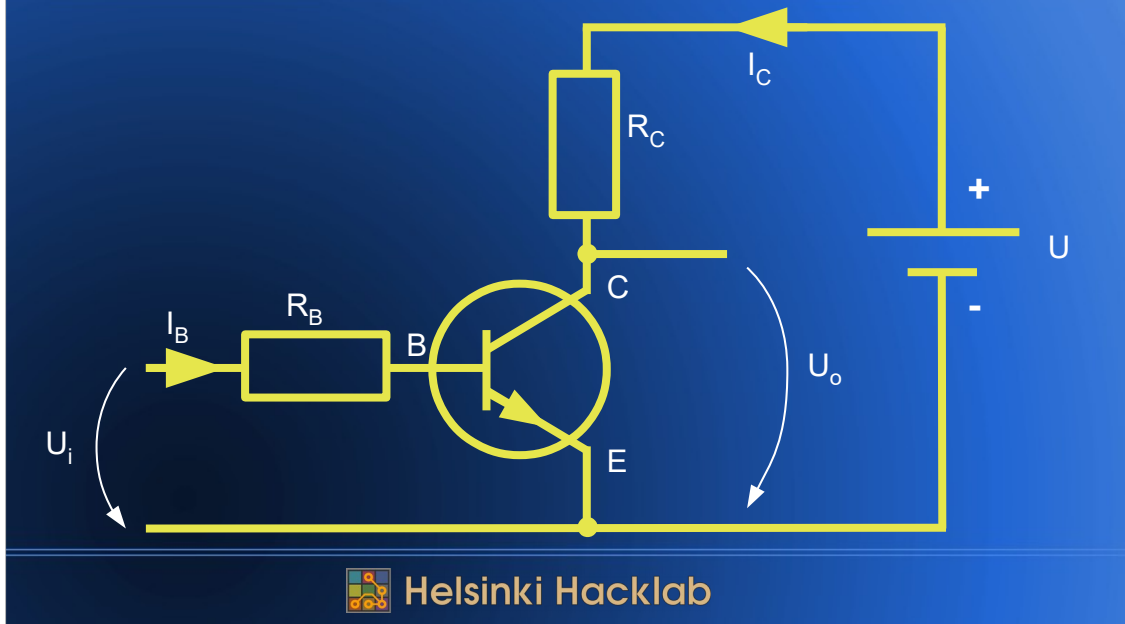


Helsinki Hacklab

Transistorin perustoiminta. Pieni kantavirta (NPN:ssä kannalta emitterille) ohjaa isompaa kollektorivirtaa (NPN:ssä kollektorilta emitterille). Näiden välillä on lineaarinen riippuvuus, kun transistori toimii lineaarisella alueella.

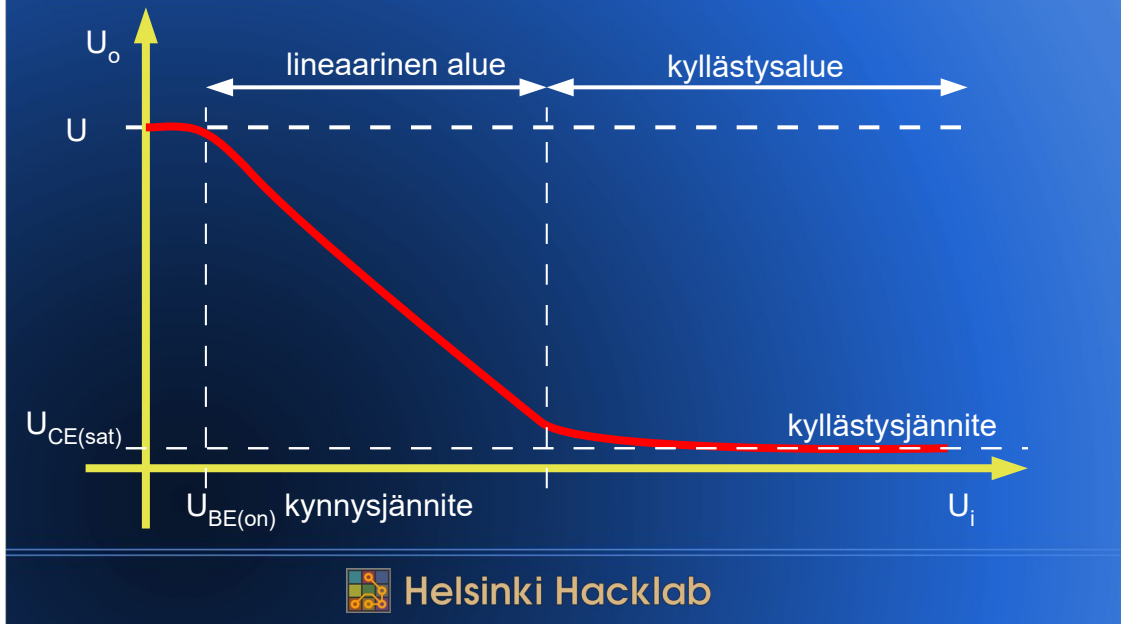
PNP toimii vastaavasti, mutta virtojen suunnat ovat päinvastaiset.

Transistorivahvistin



Yksinkertainen transistorivahvistin. Tulojännite U_i , lähtöjännite U_o . Näiden välinen riippuvuus on kuvattu seuraavalla slidella.

Transistorivahvistimen jännitteet

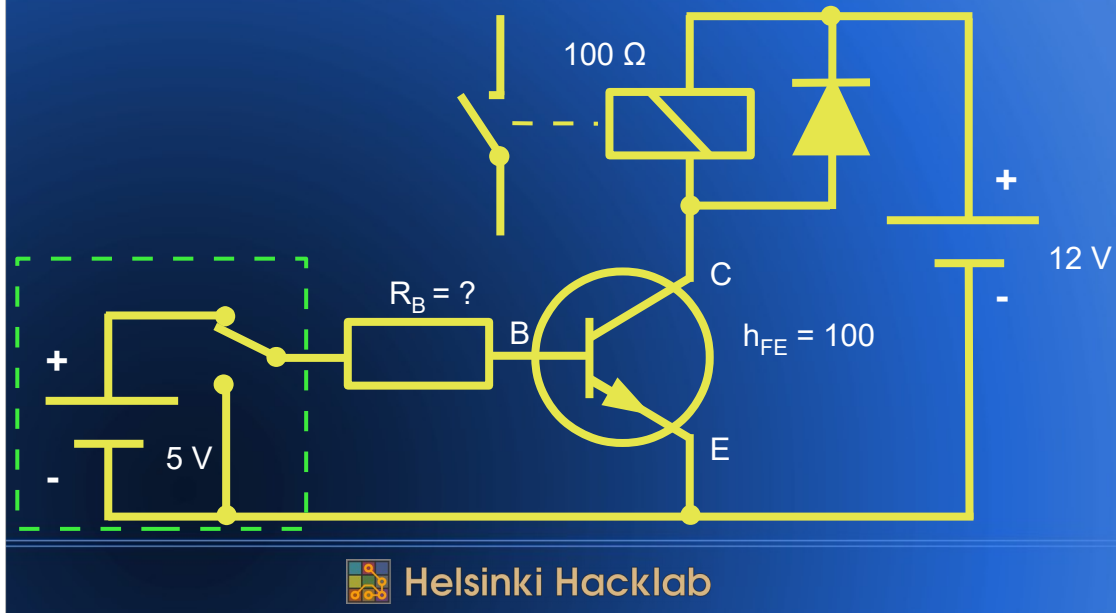


Helsinki Hacklab

Edellisen kuvan piirin lähtöjännite tulojännitteen funktiona. Käyrässä on kolme oleellista osaa:

- Ei-johtava alue: kun $U_i < U_{BE(on)}$ (=kanta-emitteriliitoksen kynnysjännite, n. 0,7V) kollektorivirta ei kulje, ja lähdössä on täysi jännite.
- Lineaarinen alue: yhtälö $I_C = h_{FE} \cdot I_B$ on voimassa, lähtöjännite pienenee tulojännitteen kasvaessa (koska kollektorivirran kasvaessa R_C :n jännitehäviö suurenee).
- Kyllästysalue: lähtöjännite on $U_{CE(sat)}$ (=kollektori-emitterivälin kyllästysjännite, n. 0,2V) eikä se riipu tulojännitteestä.

NPN-transistori kytkimenä



Transistorin käyttö kytkimenä, esimerkkinä kuormana rele. Tässä transistoria ei ajeta lineaarisella alueella, pyritään pysymään ei-johtavalla tai kyllästysalueella.

Seuraavalla slidella esitetään R_B :n mitoitus kuvassa näkyvien arvojen perusteella siten, että ei päädytä lineaariselle alueelle.

Käytännössä vihreän laatikon sisällä oleva osa voisi olla vaikka mikrokontrollerin lähtö, joka antaa ulos 5V tai 0V.

Kantavastuksen laskeminen (NPN)

- Kollektorivirta, kun transistori johtaa (oletetaan $U_{CE(sat)} \approx 0$)

$$I_C = \frac{12\text{ V}}{100\ \Omega} = 120\text{ mA}$$

- Tällöin kantavirran minimiarvo (kyllästysraja)

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{120\text{ mA}}{100} = 1,2\text{ mA}$$

- Jotta transistori kyllästyy kunnolla, valitaan kantavirta = 3 mA

- Joten $R_B = \frac{5\text{ V} - U_{BE(on)}}{I_B} = \frac{5\text{ V} - 0,7\text{ V}}{3\text{ mA}} = 1,43\text{ k}\Omega \approx 1,5\text{ k}\Omega$



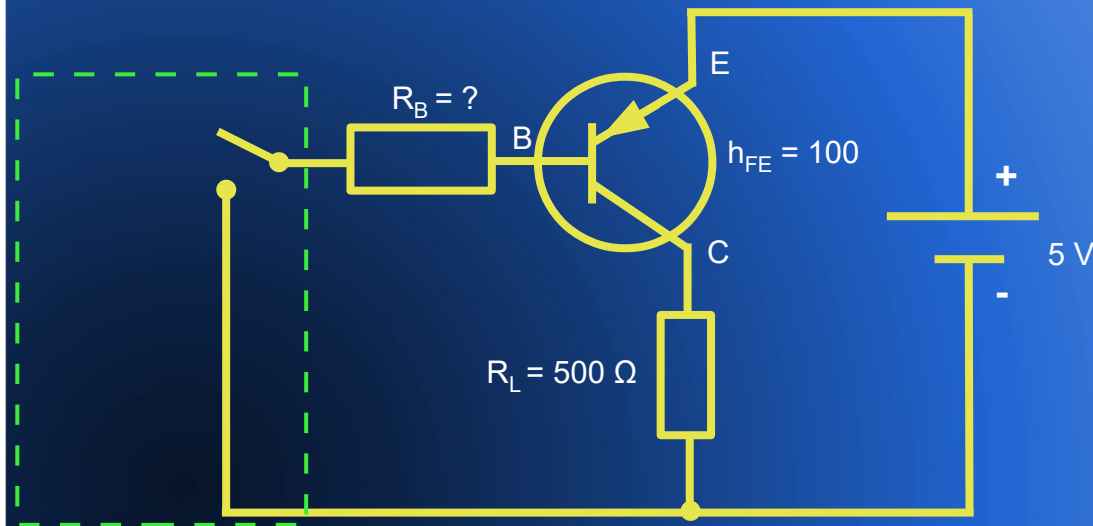
Helsinki Hacklab

R_B :n mitoitus siten, että ollaan johtavassa tilassa kunnolla kyllästyksessä.

Laskettu kantavirta on kantavirran minimiarvo.

Kannattaa mitoittaa vastus siten, että todellinen kantavirta on 2...3 kertaa minimiarvo, tässä valittiin 3 mA.

PNP-transistori kytkimenä



Helsinki Hacklab

PNP-transistori kytkimenä. Tämä kytkentä tulee kyseeseen esim. silloin, kun kuorma on jostakin syystä kytkettävä toisesta päästään maihin (vaikkapa common cathode -tyyppisen RGB-ledin ohjaus).

Tässä ohjaavan laitteen ei tarvitse pystyä antamaan 5V ulos, riittää esim. avokollektorilähtö.

Huomaa käyttöjännite 5V. Jos käyttöjännite olisi esim. 12V, ohjaava piiri ei voisi olla 5V logiikkaa (koska 12V kytkeytyy transistorin kautta ohjauspuolelle).

Kantavastuksen laskeminen (PNP)

- Kollektorivirta, kun transistori johtaa (oletetaan $U_{CE(sat)} \approx 0$)

$$I_C = \frac{5V}{500\ \Omega} = 10\text{ mA}$$

- Tällöin kantavirran minimiarvo

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{10\text{ mA}}{100} = 0,1\text{ mA}$$

- Jotta transistori kyllästyy kunnolla, valitaan kantavirta = 0,3 mA

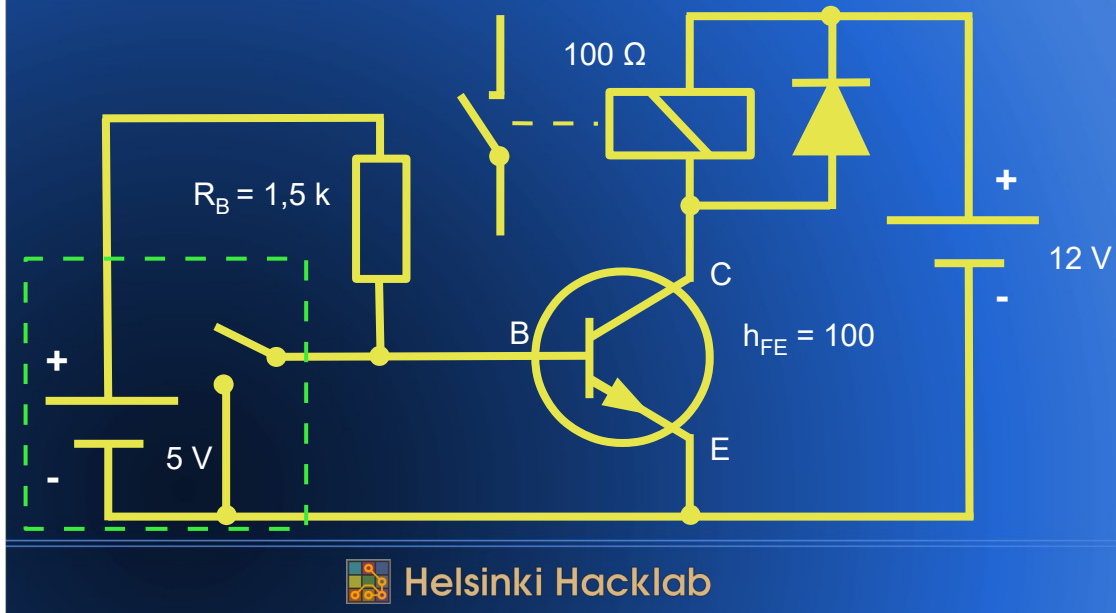
- Joten $R_B = \frac{5V - U_{BE(on)}}{I_B} = \frac{5V - 0,7V}{0,3\text{ mA}} = 14,3\text{ k}\Omega \approx 15\text{ k}\Omega$



Helsinki Hacklab

Kantavastuksen mitoitus edellisen kuvan tapaukselle, taas pyrkimyksenä kunnon kyllästys.

NPN-transistori kytkimenä



Vielä esimerkki NPN-kytkimestä, jossa ohjaavan piirin ei tarvitse pystyä antamaan aktiivisesti 5V ulos (esim. avokollektorilähtö), asia hoidetaan ylösvetovastuksella. Mitoitus kuten slidella 9.