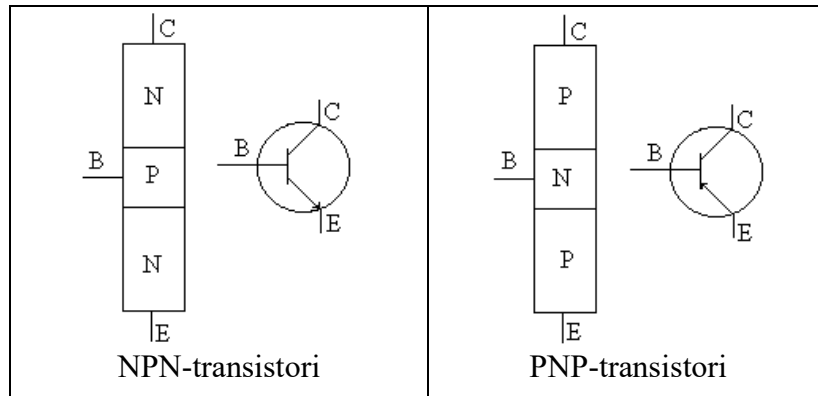


3.9 Transistori

Johdanto

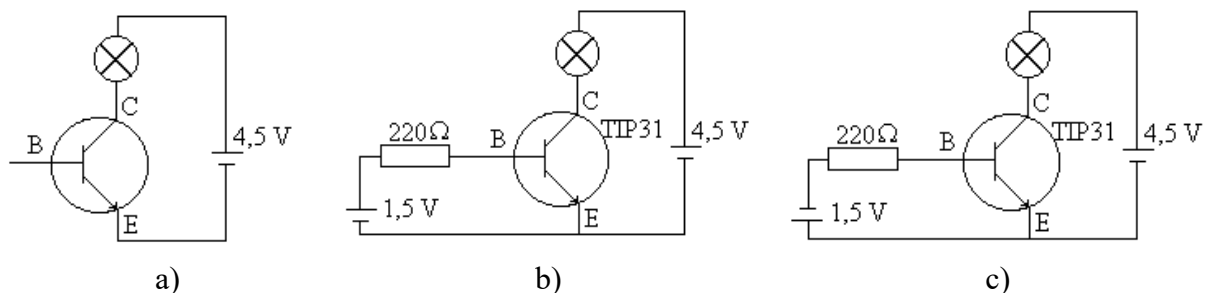
Aktiivisista puolijohdekomponenteista tärkein on v.1948 keksitty transistori. (William Shockley, John Bardeen ja Walter Brattain. Fysiikan Nobel 1956). Transistori koostuu kolmesta puolijohdekerroksesta (NPN tai PNP). Kuvassa keskimmäistä ohutta osaa kutsutaan kannaksi B (base), ylintä osaa kutsutaan kollektoriksi C (collektor) ja alinta osaa kutsutaan emitteriksi E (emitter).



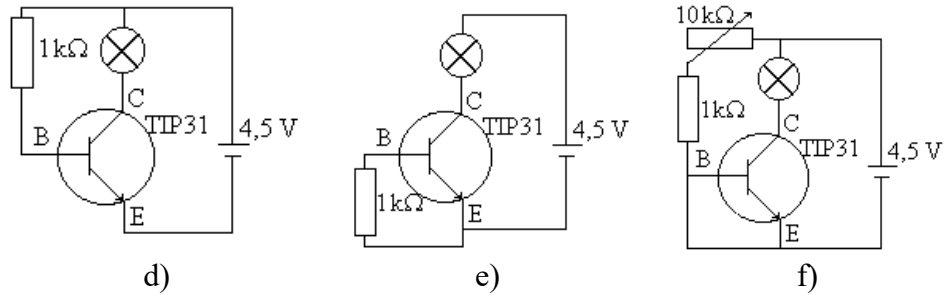
Transistorin napojen välillä B-C ja B-E on PN-liitokset. Ne toimivat vastaavalla tavalla kuin diodi. Kytkentäkaaviosymbolissa nuoli emitterin ja kannan välillä osoittaa virran kulkusuunnan.

A. Transistorin perusominaisuudet

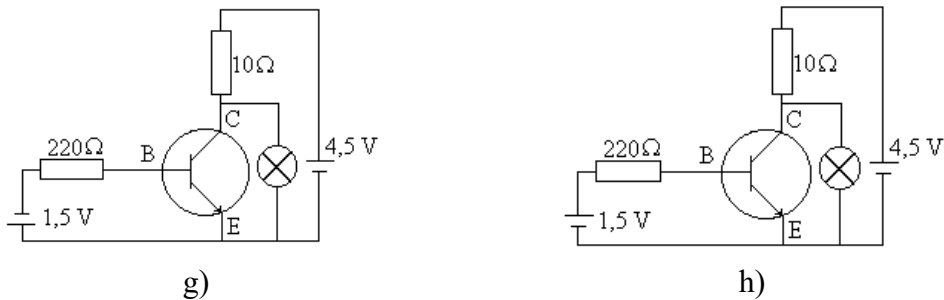
- Tee kytkennät huolella, sillä ylijännitteen tai virheellisen kytkennän seurauksena transistori voi tuhoutua.
- Rakenna kuvien mukaiset kytkennät ja tutki missä tilanteessa kollektori-emitteripiiriin kytketty lamppu palaa.
- Käytä tehotransistoria TIP31 sekä säädettävää tasavirtalähdettä jännitteellä 1,5 V ja 4,5 voltin paristoa.
- Missä kytkennöissä lamppu palaa?
- Kuinka suuri jännite on kannan ja emitterin välillä, kun lamppu palaa?



- Kokeile myös seuraavia kytkentöjä:



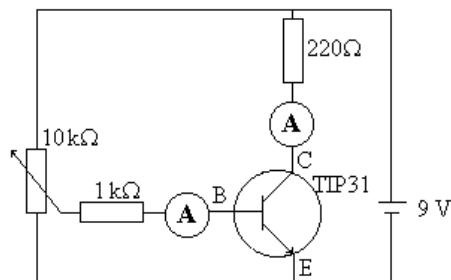
- Missä kytkennöissä lamppu palaa?
- Kuinka suuri jännite on kannan ja emitterin välillä, kun lamppu palaa?
- Kokeile seuraavia kytkentöjä ja vertaa niitä edellisiin



- Miten selität toiminnan verrattuna b)- ja c)-kohtien kytkentöihin?
- Mittaa lampun napojen välinen jännite kummassakin tapauksessa.
- Miten transistori vaikuttaa lampun läpi kulkevaan sähkövirtaan?

B. Transistorin tasavirtavahvistuskerroin

- Kuvan kytkennällä voidaan tutkia transistorin vahvistusominaisuuksia.



- Jännitelähteenä voi olla esimerkiksi 9,0 V paristo tai kaksi sarjaan kytkettyä 4,5 V:n paristoa.
- Potentiometriä säätämällä voit muuttaa kannan B ja emitterin E välistä jännitettä, jolloin myös transistorin kannalle menevä sähkövirta muuttuu. Samalla muuttuu myös kollektorivirta.
- Säädä kantavirta ensin nolnaan, ja mittaa kollektorivirran riippuvuus kantavirrasta. Mittaa, kunnes kollektorivirta ei sanottavasti nouse.
- Taulukoi saadut mittaustulokset.
- Piirrä tuloksista (I_B , I_C) -koordinaatistoon kuvaaja kollektorivirrasta kantavirran funktiona.

- Tutki saamasi kuvaajan muotoa. Mikä on suurimman kollektorivirran eli kyllästysvirran arvo?
- Laske, kuinka suuri sähkövirta voi kulkea kollektorilla olevan vastuksen läpi. Vertaa tulosta kuvaajaan.
- Valitse kuvaajan nousevalta osalta jokin piste ja lue vastaavat kollektori- ja kantavirran arvot I_B ja I_C .
- Tasavirranvahvistuskerroin h_{FE} ilmaisee kollektorivirran ja kantavirran suhteen

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

- Laske transistorin TIP31 tasavirtavahvistuskerroin.
- Laske tasavirtavahvistuskerroin myös jonkin toisen pisteen perusteella.
- Onko kuvaajan eri kohdilta lasketuissa kertoimissa eroa?
- Voit verrata tuloksiasi myös muiden tuloksiin.

- Transistorin (I_B , I_C) -kuvaajalta voidaan erottaa kolme toisistaan poikkeavaa toimintatilaa:
 - estotila
 - kyllästystila ja
 - aktiivitila.
- Estotilassa kantavirta ei kulje ja kollektorivirta on nolla. Kyllästystilassa kollektorivirta on maksimiarvossa ja kantavirran muuttuminen ei vaikuta siihen. Aktiivitilassa transistorin kantavirta on esto- ja kyllästymistilaa vastaavien kantavirran arvojen välissä.
- Muuttamalla heikkoa kantavirtaa voidaan suurempaa kollektorivirtaa muuttaa samassa tahdissa. Tällöin kollektori- ja kantavirran suhde on virtavahvistuskertoimen suuruinen.

- Analogiaelektronikassa transistoria käytetään useimmiten transistorin aktiivitilassa vahvistimena. Digitaalielektronikassa transistoria käytetään esto- ja kyllästystilassa kytkimenä. Mitä muita transistorin sovelluskohteita keksit? Pieni- tai suuritehoisia? Missä laitteissa on miljoonia tai jopa miljardeja transistoreja?

C. Transistorin virtavahvistuskertoimen määrittäminen yleismittarilla

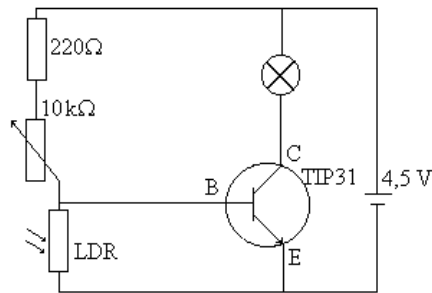
- Määritä joidenkin transistorien virtavahvistuskertoimet digitaalisella yleismittarilla.
- Yleismittarissa on paikka mihin transistorin voi asettaa. Mittarin valintakytkin asennetaan h_{FE} .
- Mikäli mittari ei anna todentuntuista lukemaa (50 -100), transistorin johtimet on luultavasti kytketty väärässä järjestyksessä. Tällöin vaihda johdinten järjestystä ja kokeile uudestaan.

D. Transistori kytkimenä

- Käytettäessä transistoria kytkimenä riittää, kun transistorilla on vain kaksi tilaa: estotila ja kyllästystila. Kannalle tuodun ohjausvirran avulla voidaan säätää kollektorivirtaa.

Hämäräkytkin

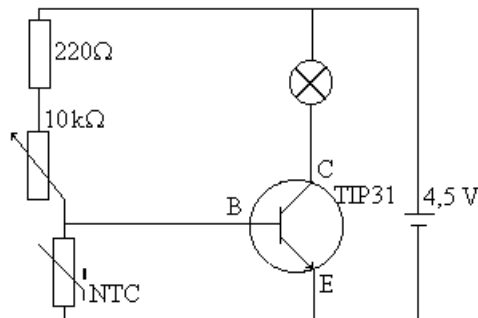
- Rakenna seuraava kytkentä



- Piirrä kytkennän kytkentä kaavio
- Mittaa transistorin kollektorin ja emitterin välinen jännite LDR:n ollessa pimeässä ja valaistuna. Merkitse lukemat kytkentäkaavioon.
- Mittaa myös kannan ja emitterin välinen jännite LDR:n ollessa pimeässä ja valoisassa. Merkitse ne kytkentäkaavioon.
- Mikä merkitys on piirissä olevalla potentiometrillä (säätövastuksella)?
- Mitä käyttösovelluksia kytkennällä on?

Termostaatti

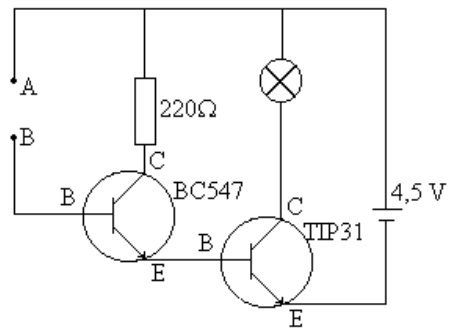
- Vaihda edelliseen kytkentään LDR-vastuksen tilalle NTC-vastus.



- Piirrä kytkennän kytkentä kaavio
- Mittaa transistorin kollektorin ja emitterin välinen jännite, kun lämmität NTC-vastusta esim. sormien välissä ja kun et lämmitä. Merkitse lukemat kytkentäkaavioon.
- Mittaa myös kannan ja emitterin välinen jännite, kun lämmität NTC-vastusta esim. sormien välissä ja kun et lämmitä. Merkitse ne kytkentäkaavioon.
- Mikä merkitys on piirissä olevalla potentiometrillä (säätövastuksella)?
- Mitä käyttösovelluksia kytkennällä on?

E. Herkkä vahvistin

- Rakennetaan kahden transistorin avulla herkkä vahvistin. Rakenna oheinen kytkentä.



- Tutki kytkennällä, miten erilaiset aineet johtavat sähköä asettamalla tutkittava aine johtojen A ja B väliin.
- Kokeile miten itse johdat sähköä ottamalla johdoista kiinni.
- Pidä itse kiinni johdosta A ja pyydä työpariasi ottamaan kiinni johdosta B. Kätkäkää toisianne.
- Pane johdot tyhjään dekantterilasiin roikkumaan ilmaan samalle korkeudelle. Kaada lasiin vettä. Mitä huomaat, kun vesi saavuttaa johdot?