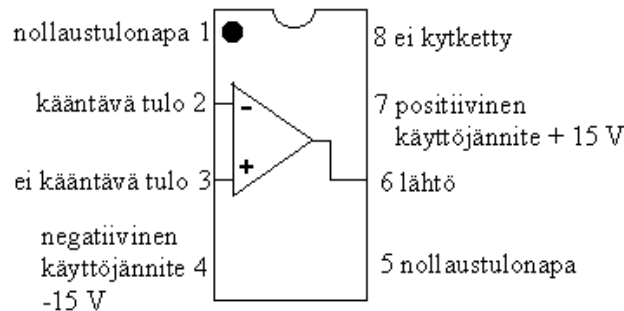


### 3.10 Operaatiovahvistin

- Operaatiovahvistin on mikropiiri (koostuu useista transistoreista, vastuksista ja kondensaattoreista juotettuna pienelle piipalassel), jota voidaan käyttää useisiin eri kytkentöihin.
- Operaatiovahvistimen nimitys johtuu siitä, että sillä voidaan suorittaa matemaattisia operaatioita (laskea yhteen, vähentää, vertailla tai kertoa) analogisia jännitteitä.



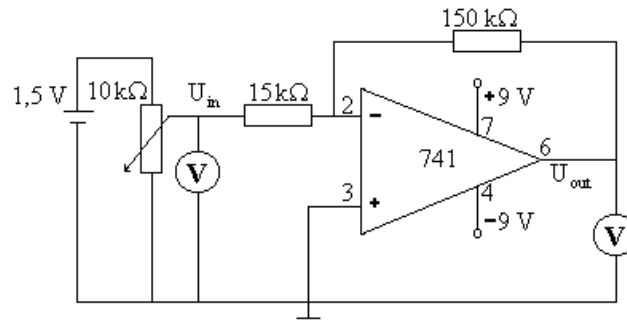
- Tässä työssä käytettävä operaatiovahvistin on tyypiltään 741. Yleensä sitä myydään ns. DIP-kotelossa. Työssä käytettävä vahvistin on liitetty kytkentäalustaan sopivaan mikropiirikantaan.
- Operaatiovahvistin toimii yleensä kaksipuoleisella jännitelähteellä, josta saadaan maapotentiaaliin (0 V) verrattuna sekä positiivinen että negatiivinen jännite, töissä +9 V ja -9 V (paristot).
- Lisää informaatiota työssä käytettävästä operaatiovahvistimesta saat kirjasta Lukion sähkö ja elektroniikka (Lavonen-Blinikka-Antila WSOY) s.119-134.

#### Töissä huomioitavaa:

- Mikropiirit voivat tuhoutua ylijännitteestä / suurista sähkövirroista, jotka johtuvat virheellisistä kytkennöistä. **Tee siis kytkennät huolella!**
- Tee kytkennät siten, että operaatiovahvistimen jännitelähteet (paristot) eivät ole kytkettynä.
- Tarkista kytkentä ennen paristojen kytkemistä.
- Kytke paristot oikein päin.
- Älä oikosulje operaatiovahvistimen lähtönapoja.

#### A. Takaisinkytkentä, kääntävä vahvistin

- Operaatiovahvistimen vahvistus on hyvin suuri, jolloin jo pieni tulojännite voi aiheuttaa ns. kyllästystilan eli lähtöjännite on tulojännitteen suuruinen.
- Operaatiovahvistimen vahvistus voidaan säätää halutun suuruiseksi käyttämällä takaisinkytkentävastusta.
- Rakenna alla olevan kuvan mukainen kytkentä.
- Tulojännite otetaan 1,5 V:n paristosta.
- Mittaa vahvistimen tulo- ja lähtöjännitteen arvot potentiometrin ollessa kolmessa eri asennossa.
- Pidä tulojännite  $U_{in}$  sellaisena, että lähtöjännite  $U_{out}$  pysyy välillä -8 V...+8 V, näin vältetään kyllästystila.



- Käännä 1,5 V:n paristo ja toista mittaukset tulojännitteen ollessa negatiivinen.
- Tee mittaustuloksista taulukko.
- Laske mittaustuloksista vahvistimen vahvistuskerroin  $A$ ,

$$A = \frac{U_{out}}{U_{in}}.$$

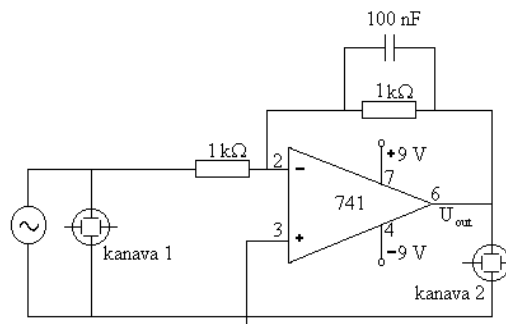
- Vertaa vahvistusta 150 kΩ:n takaisinkytkentävastuksen ja tuloavassa olevan 15 kΩ:n vastuksen suhteeseen
- Vaihda 15 kΩ:n vastus 1 kΩ:n vastukseen. Toista mittaukset.
- Mitä tapahtuu vahvistimen vahvistuskertoimelle?
- Vertaa vahvistusta 150 kΩ:n takaisinkytkentävastuksen ja tuloavassa olevan 1 kΩ:n vastuksen suhteeseen.

## B. Suodatinpiireistä

- Tutkitaan miten vahvistimen vahvistuskerroin riippuu tulosignaalista (tulojännitteen taajuudesta).
- Säädä funktiogeneraattorista saatava lähtöjännite sellaiseksi, että vahvistimesta ulostuleva jännite pysyy välillä -9 V...+9 V.

## C. Alipäästösuodatin

- Tutkitaan seuraavan kytkennän taajuuskaistaa eli vahvistuskertoimen riippuvuutta taajuudesta.

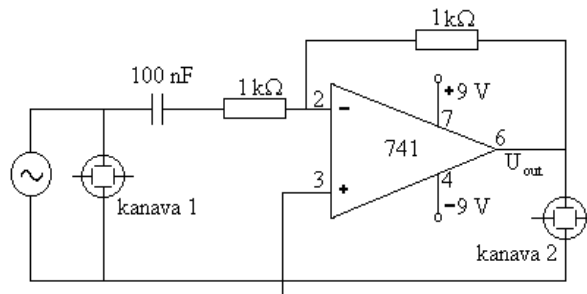


- Mittaa tulo- ja lähtöjännitteet oskilloskoopilla taajuusalueella  $f = 100 \text{ Hz} - 100 \text{ kHz}$  ja tee mittaustuloksista taulukko. Käytä ainakin kuutta eri taajuutta.

- Laske mittaustuloksista taulukkoon myös piirin vahvistuskerroin  $A$  kullekin taajuudelle.
- Esitä graafisesti piirin vahvistuskerroin  $A$  taajuuden funktiona.

#### D. Ylipäästösuodatin

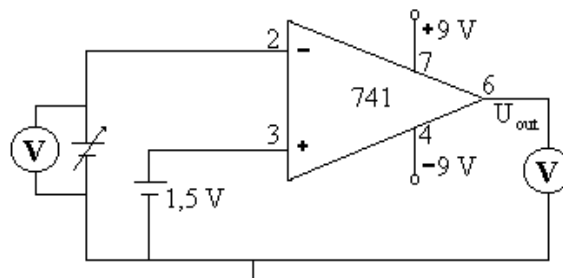
- Tee kuvan mukainen kytkentä vaihtamalla kondensaattorin paikkaa piirissä.



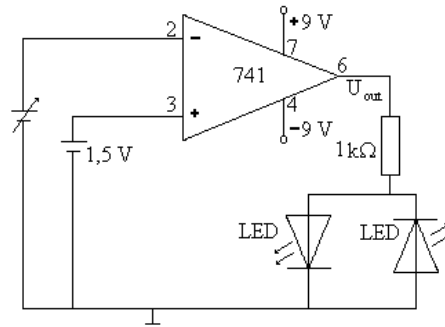
- Toista edellä tehdyt mittaukset.
- Esitä graafisesti piirin vahvistuskerroin  $A$  taajuuden  $f$  funktiona.

#### E. Jännitevertailija

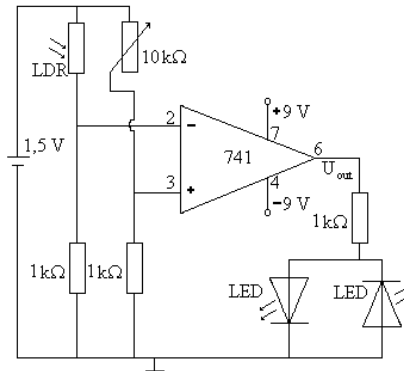
- Rakenna kuvan mukainen kytkentä.



- Ei-kääntävän tulonavan jännite otetaan 1,5 V:n paristosta ja kääntävän tulonavan jännite säädettävästä jännitelähteestä.
- Aseta säädettävän jännitelähteen jännite 0 V:iin.
- Mittaa ei-kääntävässä tulonavassa olevan pariston tarkka jännite.
- Kasvata kääntävän tulonavan jännitettä varovasti 3 V:iin saakka.
- Huom. Koska jännitevertailijassa ei käytetä vahvistusta rajoittavaa takaisinkytkentävastusta, kytkennän vahvistuskerroin on erittäin suuri. Pienikin jännite-ero tulonapojen välillä riittää muuttamaan lähtöjännitteen lähes käyttöjännitteen suuruiseksi.
- Mittaa sekä kääntävään tulonapaan menevä jännite  $U_{in}$  että lähtöjännite  $U_{out}$ .
- Miten lähtöjännite muuttuu, kun säädettävää tulojännitettä kasvatetaan nolasta kolmeen volttiin?
- Millä säädettävän jännitelähteen arvolla piirin lähtöjännite muuttuu?
- Muuta kytkentää niin, että kytket 1 k $\Omega$ :n vastuksen ja kaksi LEDiä edellisen operaatiovahvistinkytkennän lähtönapaan.



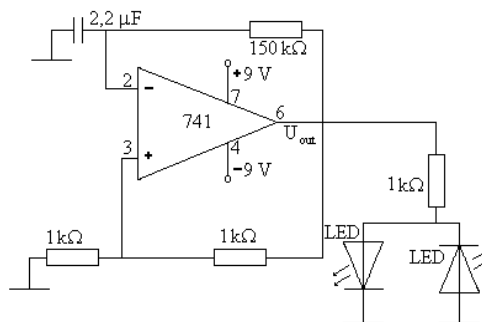
- Kasvata säädettävän jännitelähteen jännitettä 0 V:sta 3 V:iin. Mitä havaitset?
- Rakenna seuraavaksi alla olevankuvan mukainen kytkentä.
- Etsi potentiometrillä "tasapainokohta" normaalivalaistuksessa.
- Miten valaistuksen muuttaminen vaikuttaa piirin toimintaan?
- Huom. Jos piiri värähtelee tasapainokohdassa (kumpikin ledi valaisee yhtä aikaa), kierrä hieman potentiometriä.



- Korvaa edellisessä kytkennässä LDR-vastus NTC-vastuksella.
- Säädä potentiometrillä tasapainokohta huoneenlämpötilassa.
- Mitä nyt tapahtuu, jos lämmität NTC-vastusta esim. sormillasi?

## F. Oskillaattori

- Rakenna oheinen kytkentä.



- Kytke paristot paikoilleen ja tutki, mitä tapahtuu.

- Mittaa ledien vilkkumistaajuus. Laske välähdysten lukumäärä minuutissa ja tästä taajuus. Laske myös värähdysaika.
- Laske RC-piirin aikavakio  $\tau$  (150 k $\Omega$ :n vastus ja 2,2  $\mu$ F:n kondensaattori) yhtälöstä

$$\tau = RC.$$

- Vertaa aikavakiota mittaamaasi oskillaattorin värähdysaikaan.
- Vaihda 150 k $\Omega$ :n vastuksen tilalle 15 k $\Omega$ :n vastus. Mitä huomaat?
- Voit tutkia piirin toimintaa myös oskilloskoopilla.
- Vaihda RC-piirin 2,2  $\mu$ F:n kondensaattorin tilalle 100 nF:n kondensaattori. Kytke oskilloskoopin kanava 1 lähtönapaan ja kanava 2 kääntävään tuloon.
- Piirrä oskilloskooppikuva oskillaattorin lähtönapaan ja maan välisestä jännitteestä. Merkitse kuvaan oikea asteikko.
- Piirrä samaan kuvaan myös kääntävän tuloon ja maan välinen jännite.