

FYSP110/K1 (FYSP105/K1) OSKILLOSKOOPIN PERUSKÄYTTÖ

1 Johdanto

Työssä tutustutaan oskilloskoopin käytön perusteisiin. Työn tavoitteena on

- ymmärtää oskilloskoopin toimintaperiaatetta
- tutustua erilaisten jännitesignaalien mittaukseen
- oppia valitsemaan tarkoituksenmukaiset oskilloskoopin asetukset
- tutustua oskilloskoopin AC- ja DC-toimintoihin sekä kaksikanavamoodiin.

Lisäksi mitataan erilaisia komponentteja, joihin tutustutaan kurssien FYSP104 ja FYSP105 töissä. Oskilloskooppityö voidaan tehdä parityönä, mutta jokainen työskentelee ehdottomasti oman oskilloskooppinsa kanssa!

Katodisädeoskilloskooppi on elektroninen jännitemittari ja piirturi, jolla voidaan havainnollistaa esimerkiksi eri suureiden aikariippuvuuksia. Ehtona kuitenkin on, että mitattava suure on saatava sopivalla laitteistolla muutettua sähköiseksi signaaliksi.

Oskilloskooppia voidaan käyttää mm. vaihtojännitteen, virran, taajuuden, vaihe-eron ja ajan mittaamiseen sekä havainnollistamaan ääniaaltoja ja muita aaltoliikkeitä. Ennen työn tekemistä on hyvä tutustua alan kirjallisuuteen, esim.

- Young & Freedman: *University Physics*, 10. painos, kappale 24-7: The Cathode-Ray Tube, s. 751 – 754 (uudemmissa painoksissa asiaa ei käsitellä)
- Ian Hickman; *Oscilloscopes*
- J. Terentjeff, P. Toivanen; *Oskilloskooppi* (työosastolla)
- B+K Precisions's guidebook to oscilloscopes, Second edition (työosastolla)
- Laitteiden ohjekirjat (työosastolla).

Seuraavassa työohjeessa kerrotaan oskilloskoopin toiminnasta. Tekstiin sijoitetut kysymykset ovat oppimiskysymyksiä; jos et keksi vastausta, kysy apua ohjaavalta assistentilta. Työtä tehdessä on syytä lukea työohjeen lisäksi myös oskilloskoopin omaa ohjekirjaa.

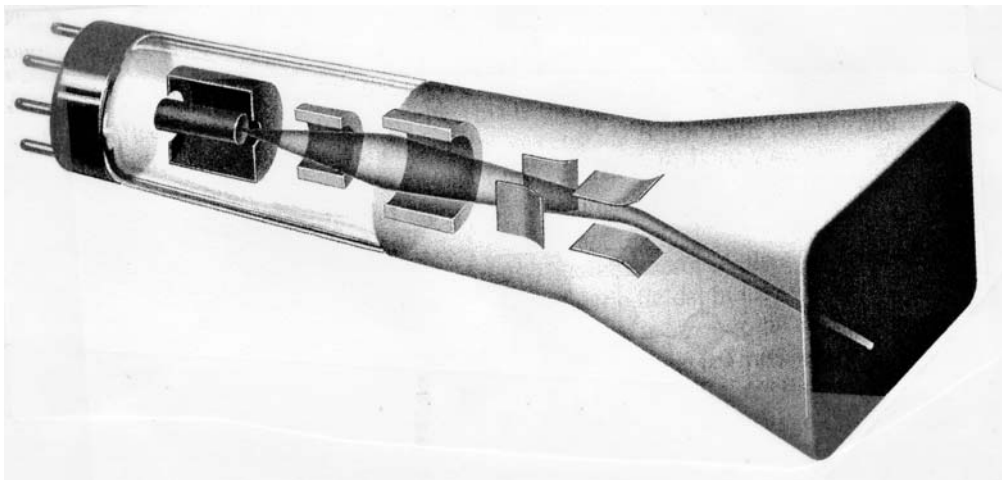
2 Oskilloskoopin rakenteesta

Tässä ohjeessa käytetyt oskilloskoopin kytkinten nimet ovat useimmiten oskilloskooppityössä käytettävästä Hameg-oskilloskoopista. Kytkinten nimet saattavat poiketa malleittain.

Oskilloskoopin pääosat ovat

- katodisädeputki poikkeutuslevyineen
- sisäänmenokanavat vahvistimiseen; kanavasta tuleva signaali johdetaan poikkeutuslevyille, jotka ohjaavat elektronisuihkun tiettyyn kohtaan katodisädeputken kuvapinnalle
- pyyhkäisygeneraattori ja tahdistusosa eli triggausosa, joilla ajasta riippuvasta signaalista saadaan stabiili kuva.

Katodisädeputki on oskilloskoopin tärkein osa. Kuvassa 1 on esitetty putken rakenne.



Kuva 1. Katodisädeputken rakennekaavio.

Yksi katodisädeputken tärkeimmistä osista on **elektronitykki**. Se on laite, joka tuottaa kapean elektronisuihkun. Elektronit kiihdytetään tyypillisesti n. 5 kV:n jännitteellä. Mielikuvan saamiseksi kannattanee laskea elektronien nopeus – tarvitseeko suhteellisuusteoria ottaa huomioon? Elektronisuihku saadaan näkyväksi **fluoresoivan levyn** avulla, joka muodostaa oskilloskoopin näytön. Kohta, johon elektronisuihku osuu, näkyy levyllä kirkkaana fluoresoivana pisteenä. Tätä kohtaa nimitetään jatkossa ‘pisteeksi’. Elektronisuihkun ja siten myös pisteen kokoa

säädetään sähköisillä **fokusointilinsseillä**, joiden jännitteeseen voidaan vaikuttaa oskilloskoopin etupanelin FOCUS-säätimellä. Tutkittava jännite ohjataan **poikkeutuslevyille**, joiden väliin muodostuu sähkökenttä. Sähkökenttä poikkeuttaa elektroneja niin, että piste oskilloskoopin näytöllä siirtyy toiseen paikkaan. Pistein paikka näytöllä on suoraan verrannollinen levyille tuotuun jännitteeseen – *lue* edellä mainittu Young & Freedmanin (10. painos) luku 24-7!

Tyypillisesti oskilloskoopissa on kaksi kanavaa. Usein oskilloskoopin molempia kanavia voidaan seurata näytössä yhtäaikaan, jolloin puhutaan kaksoissädeoskilloskoopista. Oskilloskoopilla voidaan seurata signaalin kulkua erilaisissa elektroniikkapiireissä. Oskilloskooppi ei yleensä juuri häiritse tutkittavia piirejä, koska sen sisäinen vastus (=sisäänmenoimpedanssi) on hyvin suuri $\sim 1 \text{ M}\Omega$. Joissakin oskilloskoopeissa voidaan valita sisäänmenoimpedanssiksi myös 50Ω , mikä voi olla edullisempaa joissain erikoistilanteissa.

Katodisädeputkeen perustuva analoginen oskilloskooppi on enenevässä määrin korvautumassa digitaalisella oskilloskoopilla, jossa ei enää ole elektronisuihkua, vaan erilaisia vahvistin- ja logiikkapiirejä. Digitaalioskilloskoopin näyttö ja toiminta kuitenkin jäljittelee analogista niin pitkälle, ettei niillä ole käytön kannalta mitään eroa.

Käyttöolosuhteista ja mittauskohteesta riippuen on valittavissa erilaisia oskilloskoopeja. Yleisimmät oskilloskoopin laatuksiteerit ovat

- kanavien lukumäärä; useimmiten **tarvitaan** kahta tai neljää kanavaa, mutta myös yksikanavaisia oskilloskoopeja on myynnissä
- kaistanleveys, joka kertoo sen taajuuden suuruusluokan, jota oskilloskoopilla vielä pystytään seuraamaan, yleensä muutamia kymmeniä megahertsejä
- herkkyys, joka kuvaa sitä, kuinka heikkoja jännitesignaaleja voidaan vielä tutkia.

Jännitealueen valinta

Mittausalueen laajentamiseksi sisäänmenokanavaan tuotu jännite vahvistetaan sopivasti. Vahvistus valitaan VOLTS/DIV-valitsimella. Kaksoissädeoskilloskoopissa molempien säteiden vahvistus on toisistaan riippumaton. Voit siis katsella samanaikaisesti muutaman voltin ja muutaman millivoltin jännitteitä, kumpaakin

sopivassa pystyasteikossa. Oskilloskooppi kalibroidaan valmiiksi niin, että pisteen paikasta voidaan suoraan päätellä poikkeutuslevyille syötetty jännite. VOLTS/DIV-valitsimessa on punainen hienosäätönappula (CAL), jonka **tulee olla säädettyä n. 90° oikealle** (nappula ”naksahdaa” oikeaan asentoon). Tällöin VOLTS/DIV-kytkimen asento kertoo, mikä on mitattavan jännitteen ja näytöltä luetun matkan vastaavuus, esim. 20 mV/cm. Näytöllä on työskentelyn helpottamiseksi apuruudukko, jossa on 1 cm ruudut ja sekä vaaka- että pystykeskiakseleilla hienojakoisemmat apuviivat.

Pyyhkäisy nopeuden valinta

Mitattava jännite tuodaan yleensä oskilloskoopin pystypoikkeutuslevyille. Oskilloskooppi rakennetaan siten, että tutkittava jännite siirtää elektronisuihkua pystysuorassa suunnassa (ylös tai alas). Lisäksi oskilloskoopissa on elektronisuihkua vaakasuoraan suuntaan poikkeuttava levy pari. Tähän levy pariin on kytketty tasaisesti muuttuva ns. pyyhkäisyjännite, joka kääntää suihkua siten, että elektronisuihkun piste liikkuu oskilloskoopin näytöllä (oskilloskoopin katselijan näkökulmasta) vasemmalta oikealle. Nopeus, jolla piste liikkuu oskilloskoopin näytöllä, on **pyyhkäisy nopeus**, joka on käyttäjän säädettävissä.

Oskilloskoopin vaakapyyhkäisy nopeutta voidaan säätää TIME/DIV-valitsimesta. Vaakapyyhkäisy on tehdaskalibroitu, jolloin yksi senttimetri ruudulla vastaa TIME/DIV-valitsimesta valittua aikaa (esim. 10 ms/cm). Kalibroinnin tarkistamista varten oskilloskoopissa itsessään on kalibroitu ulostulo (Calibrator $0,2V_{pp}$), josta saatavan pulssin pituus ja amplitudi tunnetaan. TIME/DIV-valitsimessa on (punainen) hienosäätönappi (CAL.). Kun säädin osoittaa n. 90° oikealle (katkaisija ”naksahdaa” käännettäessä säädin tähän asentoon), tehdaskalibraatio on voimassa ja vaakapyyhkäisy aika vastaa TIME/DIV-valitsimesta valittua aikaa. Muussa asennossa säätimellä voidaan muuttaa portaattomasti elektronisuihkun vaakapyyhkäisy nopeutta. Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää haluttaessa käyttää oskilloskoopin koko näytön aluetta, mutta se on myös kaikkein tavallisin karkean virheen aiheuttaja oskilloskooppimittauksissa. **Varmista aina, että vaakapyyhkäisy hienosäätönappi on CAL-asennossa, kun luet aikaa/jännitettä näytöltä!**

Sisäänmenokanavan asetukset ja kuvan vaaka- sekä pystysuunnan säätäminen

Oskilloskoopin sisäänmeno voidaan kytkeä poikkeutuslevyihin kolmella eri tavalla. Niitä merkitään DC, AC ja GD. Näillä merkinnöillä on sikäli tekemistä tasa- ja vaihtovirran kanssa, että tasajännitettä voidaan mitata vain DC-asennossa, mutta vaihtojännite voidaan mitata sekä AC- että DC-asennoissa.

GD eli ground-kytkennässä molemmat pystypoikkeutuslevyt on kytketty maan potentiaaliin. Levyjen välissä ei silloin ole sähkökenttää, ja elektronisuihkun paikka näyttää nollajännitteen sijainnin. Tässä asennossa jännitteen nollassa voidaan säätää Y-POS merkityllä säätönupilla halutulle kohdalle. Kaksikanavaisessa oskilloskoopissa kummallekin kanavalle on oma korkeussäätönappinsa. Digitaalisessa oskilloskoopissa nuppeja on yleensä vain yksi, ja nappulasta valitaan, kumman kanavan korkeutta kulloinkin säädetään. X-POS-säätimellä voidaan kontrolloida oskilloskoopin näytölle tulevan kuvan vaakasuuntaista paikkaa.

DC-kytkennässä jännitesignaali viedään toiselle (ylemmälle) poikkeutuslevylle, ja toinen (alempi) levy kytketään sisäänmenoon tulevan koaksiaalijohtimen kuoreen ja oskilloskoopin maahan. Elektronisuihkun paikka oskilloskoopin näytöllä kertoo mitattavan signaalin ”absoluuttisen” jännitteen eli jännitteen maan potentiaalin verrattuna. AC-kytkennässä koaksiaalinen keskijohto viedään ylemmälle ja koaksiaalinen kuori alemmalle poikkeutuslevylle, mutta niiden annetaan vapaasti kellua maan potentiaaliin nähden. Tällä kytkennällä voidaan mitata esimerkiksi 100 V tasajännitteen päällä oleva muutaman millivoltin rippelijännite.

3 Lyhyesti sähköisistä komponenteista ja vaihe-erosta

Vaihtovirtapiirissä vastus käyttäytyy samaan tapaan kuin tasavirtapiirissä. Vastus vaikuttaa ainoastaan piirissä kulkevan virran amplitudiin, ei sen vaiheeseen. Kela ja kondensaattori sen sijaan aiheuttavat vaihe-eron virran ja jännitteen välille. Kelassa jännite saavuttaa huippunsa ennen virtaa ja jännitteen ja virran välille syntyy 90° vaihe-ero. Kondensaattorissa syntyvä vaihe-ero on -90° eli jännitteen huippuarvo on virtaa jäljessä. Kelan ja kondensaattorin aiheuttama kokonaisvaihe-ero riippuu komponenttien reaktansseista.

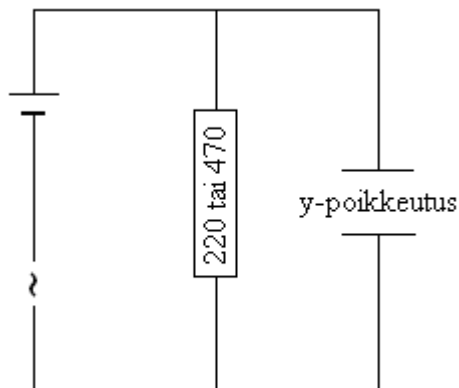
4 Mittaukset

Työ suoritetaan tekemällä seuraavat tehtävät. Kysy assistentilta valmista kaavaketta mittausten avuksi. Lisäohjeita voit etsiä lähdekirjallisuudesta. Erityisesti laitteiden ohjekirjat voivat olla hyödyllisiä. **HUOM!** Työ suoritetaan ensisijaisesti Hameg HM303-6 -oskilloskoopilla, jota silmälläpitäen työohje on muokattu. Useassa tehtävässä käytetään myös yleismittareita.

Tehtävät:

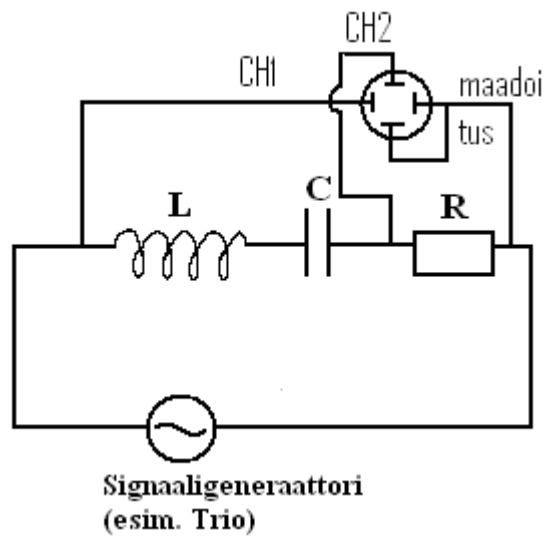
- 1. Tasajännitteen mittaus.** Mittaa litteän ja pyöreän pariston sähkömotoriset voimat oskilloskoopilla ja digitaalisella jännitemittarilla. Tulokset ilmoitetaan virheineen. (Yleismittareiden jännitemittausten epätarkkuudet löydet yleismittareiden ohjeista.) Oskilloskoopin sisäänmenon tulee olla DC-asennossa.
- 2. Vaihtojännitteen mittaus.** Käytä noin 5 V:n jännitettä (keltainen muuntaja, jossa lukee "muuntosähkö"). Ennen varsinaisen mittauksen suorittamista, vastaa perustellen, kannattaako vaihtojännitteen jaksonajan määrittämiseen käyttää useita vai vain yhtä jaksoa. Mistä kohtaa jaksoa sen pituus kannattaa määrittää ja miksi? Miten jaksonajan määrittäminen saadaan mahdollisimman tarkaksi oskilloskoopin avulla? (Vihje: Kokeile tässä yhteydessä SLOPE-kytkimen eri asentoja ja LEVEL-säätimen käyttöä. Ne voivat osoittautua hyödyllisiksi jaksonajan määrittämisessä. Näihin ominaisuuksiin tutustutaan tarkemmin työssä "Oskilloskoopin syventävä käyttö".) Selvitä oskilloskoopilla vaihtojännitteen jaksonaika ja taajuus virheineen. Jaksoa luettaessa hyödynnä koko näytön leveys! Mittaa taajuus myös digitaalisella yleismittarilla.

Mittaa vaihtojännitteen huippuarvo U_{max} ja tehollisarvo U_{eff} virheineen oskilloskoopilla sekä digitaalisella jännitemittarilla.
- 3. Vaihto- ja tasajännite AC-, DC- ja GD-toiminnoilla.** Käytä vaihtojännitelähdettä ja litteää paristoa sekä alla olevaa kytkentää. Kokeile oskilloskoopissa kytkinten AC/DC ja GD eri asentoja. Mitä tapahtuu ja miksi? Piirrä kuvat signaalista eri toiminnoilla.



4. **Pulssigeneraattori.** Pulssigeneraattori on sininen laatikko, jonka kyljessä lukee ”pulssigeneraattori” ja jonka kyljessä on nappi. Tätä nappia painamalla laatikosta saadaan pulssi. Määritä pulssin korkeus sekä värähtelyn jaksonaika ja taajuus. Piirrä kuva. **Huom.** Käytä mittauksessa DC-toimintoa. Mitä huomaat, jos käytätkin DC-toiminnon tilalla AC-toimintoa? Mistä uskot eron johtuvan?
5. **Vaihe-ero LRC-piirissä.** Määritä LRC-piirissä muodostuva vaihe-ero taajuudella $f = 180$ Hz. Vaihe-eron saat selville mittaamalla kaksikanavamoodissa kahden signaalin (vastuksen yli olevan jännitteen ja kaikkien komponenttien yli olevan jännitteen) saman vaiheen etäisyyden toisistaan (ks. kytkentäkaavio alla). Käytä komponentteina mittauksissasi $C = 1 \mu\text{F}$, $R = 220 \Omega$ ja L väliltä 170 - 350 mH. Vaihe-eron voit laskea yhtälöstä (1), jossa Δt on eri signaalien samojen vaiheiden erotus aika-akselilla ja T on jaksonaika.

$$\varphi = \frac{\Delta t}{T} 360^\circ \quad (1)$$



5 Tulosten käsittely

Työstä ei tehdä työselostusta, vaan palautetaan mittauskaavake kaikki tehtävät tehtyinä. Virhearviot määritetään vain pyydetyille suureille.