

**Kai Ahola**

# **PERUSELEKTRONIIKAN KOMPONENTTIEN TUNNISTAMINEN**

**Käsikirja ammattiopisto-opintoihin**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma**

**Tammikuu 2018**

## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Tammikuu 2018	<b>Tekijä/tekijät</b> Kai Ahola
<b>Koulutusohjelma</b> Sähkövoimatekniikka ja automaatio		
<b>Työn nimi</b> Elektroniikan peruskomponenttien tunnistaminen		
<b>Työn ohjaaja</b> FM Joni Jämsä		<b>Sivumäärä</b> 32+6
<b>Työelämäohjaaja</b> Ins. Kauko Kurvinen		
<p>Työn aiheena on elektroniikan peruskomponenttien tunnistaminen.</p> <p>Työssä käsiteltiin elektroniikan peruskomponenttien toimintaa ja niiden tunnistamista. Työssä komponenttien tunnistamisen helpottamiseksi käytettiin paljon valokuvia tunnistamisen helpottamiseksi. Kuvien lisäksi kunkin komponentin kohdalle lisättiin perus tiedot komponentista ja laskenta malleja sekä perus kytkentöjä.</p>		

**Asiasanat.**  
**Resistanssi, kapasitanssi, induktanssi, estosuunta, ominaiskäyrä, puoliaalto, kokoaalto, tasasuuntaus, PNP, NPN, parametri**

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> January 2018	<b>Author</b> Kai Ahola
<b>Degree programme</b> Electrical Engineer		
<b>Name of thesis</b> <b>Identification of electronic components</b>		
<b>Instructor</b> M.Sc. Joni Jämsä	<b>Pages</b> 32+6	
<b>Supervisor</b> B.Sc. Kauko Kurvinen		
<p>The purpose of this thesis was identification of basic electronics components.</p> <p>In this thesis the main purposes were identification basic electronic components and give information of these components data and how them works. To help identification of the component, in this thesis was used lot of pictures. In addition of pictures there was basic information of each component and some basic missions and connections.</p>		

<b>Key words</b> Resistance, capacitance inductance, blocking direction, emission direction, characteristic, half wave, full wave, rectifier, PNP, NPN, parameter.
---

## KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

<b>LDR</b>	Light Dependent Resistor Vastuksen arvo riippuu valaistuksen määrästä
<b>NTC</b>	Negative Temperature coefficient thermistor. Vastuksen arvo pienenee, kun lämpötila kasvaa
<b>PTC</b>	Positive Temperature coefficient thermistor,. Vastuksen arvo kasvaa, kun lämpötila nousee.
<b>VDR</b>	Voltage Dependent Resistor. Vastuksen arvo on riippuvainen jännitteen arvosta
<b>μ</b>	Mikro $10^{-6}$
<b>n</b>	Nano $10^{-9}$
<b>p</b>	Piko $10^{-12}$
<b>C</b>	Kondensaattorin merkki elektroniikan piirustuksessa
<b>R</b>	Vastuksen merkki elektroniikan piirustuksessa
<b>L</b>	Kelan merkki elektroniikan piirustuksessa
<b>FET</b>	Field Effect Transistor. Transistori

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 ELEKTRONIIKKA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 PASSIIVISET KOMPONENTIT .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.1 VASTUS (R) .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.2 KONDENSAATTORI(C) .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.3 KELA(L) .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.4 Kytkenä- ja laskuesimerkkejä passiivisista komponenteista .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 AKTIIVISET KOMPONENTIT .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.1 DIODI .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.2 TRANSISTORI .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.3 KANAVATRANSISTORI .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.4 TYRISTORI .....</b>	<b>29</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>32</b>

## 1 JOHDANTO

Ammattikouluun hakeudutaan yleensä suoraan joko yläasteelta, tai lukiosta. Tämä asettaa suuria vaatimuksia ammattiaineiden opettajille, sillä enemmistöllä ammatilliseen koulutukseen tulevilla opiskelijoilla ei ole juurikaan tietoa alasta, jota ovat alkamassa opiskelemaan. Ammattiaineiden opettajien on siis lähdettävä ammattiaineiden opetuksessa ”nolla tasolta” ja oletuksena onkin, ettei oppilas tiedä alasta mitään. Tämä onkin opetustilanteen suuri haaste saada opetuksen sisältö sopivaksi. Sisällön tulisi olla sopivan haastava alasta joltain tietävälle oppilaalle ja toisaalta ei liian haastava oppilaalle, joka kohtaa opiskeltavan alan ensimmäistä kertaa. Tämä olikin suurin haaste harjoitustöitä suunnitellessani. Harjoitustöitä suunnitellessani olin yhteydessä ammattiopiston sähköosaston opettajiin, joilta sainkin arvokkaita vihjeitä harjoitustöiden sisältöön ja kuinka perusteellisesti ja minkä tasoisia teoriaosat ja harjoitustyöt tulisi olla.

Aloitin opinnäytetyö teon keväällä 2017, kun sain vihjeen, että Nivalan ammattikoulun, tai nykyisin Nivalan ammattiopisto JEDU:n, sähköosastolla olisi tarvetta harjoitustöiden päivittämiseen. Otinkin välittömästi yhteyttä sähköosaston opettajiin ja yhdessä päädyimme harjoitustöiden tekemiseen, jotka koskisivat elektroniikkaa ja taajuusmuuttajakäyttöä. Aluksi suunnitelmiin kuului myös KNX-rakennusautomaation harjoitustöitä, mutta ne karsittiin pois samoin taajuusmuuttajat, koska opinnäytetyöstä olisi tullut liian laaja. Elektroniikan osalta harjoitustyö sisältää yleisimmät elektroniikan komponentit, niiden tunnistamisen ja peruskytkennät sekä peruskaavojen käyttöä.

Opinnäytetyön aihe oli kiinnostava ja opiskelujani vastaava. Aikaisemmista opiskeluistani ja työkokemuksestani oli myös hyötyä harjoitustöiden suunnittelussa. Ammattikorkeakoulussa saamastani elektroniikkakoulutuksesta ja harjoitustöistä oli suuri apu. Samoin myös sähkötekniikan teoriaopinnoista ja laboraatioista oli suuri apu. Opinnäytetyön tekemisen aloitin keräämällä ammattikorkeakoulussa tekemäni muistiinpanot sekä elektroniikasta, että sähkötekniikasta. Tämän jälkeen keräsin alaa liittyvää kirjallisuutta, jonka jälkeen kirjoitin olennaiset asiat muistiin, joita halusin tuoda esille teoriaosassa. Tämän jälkeen alkoi hankalin osuus, eli kuinka osaisin esittää asian tarpeeksi ymmärrettävästi ottaen huomioon oppilaiden eri lähtökohdat.

Opinnäytetyössäni tavoitteenani oli selvittää elektroniikan osalta teoria niin perusteellisesti, että opiskelija, joka kohtaa asian ensi kertaa, osaa tunnistaa komponentin, oppii tuntemaan komponentin ominaisuudet ja tietää sen käyttötarkoituksen, sekä tarvittaessa tietää mistä löytyy komponentin tekniset tiedot eli oppii käyttämään komponenttien teknisiä luetteloita.

Opinnäytetyön lopputuloksesta elektroniikan komponenttien tunnistamisesta toivon olevan apua ammattioppilaitokselle opetustuntien sisällön suunnittelussa ja toivon myös näistä harjoitustöistä olevan

apua opiskelijoille tulevaisuudessa, kun he valmistuttuaan astuvat työelämään. Omasta opiskelustani saaman kokemuksen ja opettajien haastattelujen perusteella toivoin saavani harjoitustöiden sisällön sopivan haastaviksi ja pedagogisesti sisällöltään sellaisiksi, että oppilaat saisivat niistä mahdollisimman paljon irti tietoa, jota he voisivat myöhemmin hyödyntää työelämässään. Pedagoginen osuus olikin tämän opinnäytetyön haastavin osuus.

## 2 ELEKTRONIIKKA

Elektroniikassa käytettävät komponentit jaetaan yleensä kahteen ryhmään. Nämä ovat aktiiviset komponentit ja passiiviset komponentit. Aktiivisella komponentilla tarkoitetaan komponenttia, joka voi vahvistaa virtaa, jännitettä tai tehoa. Passiivisia komponentteja ovat vastukset eli resistorit, kondensaattorit ja kelat.



KUVA 1. Transistori on aktiivinen komponentti ([www.ihmevekotin.fi](http://www.ihmevekotin.fi))



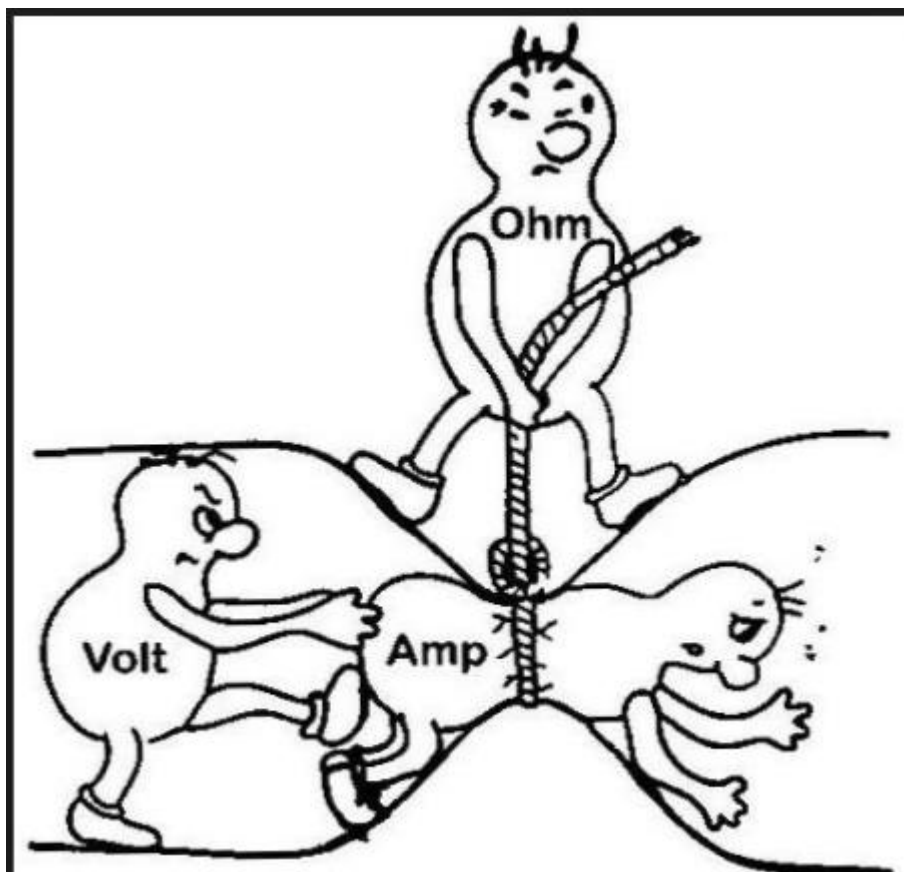
KUVA 2. Kondensaattori on passiivinen komponentti ([kouluelektronikka.fi](http://kouluelektronikka.fi))



## 2.1 PASSIIVISET KOMPONENTIT

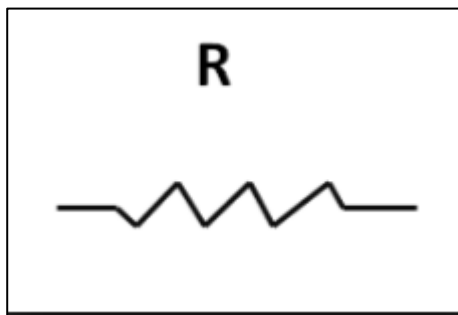
### 2.1.1 VASTUS (R)

Elektroniikan yleisimpiä komponentteja ovat vastukset. Sen tehtävänä on vastustaa virran kulkua.

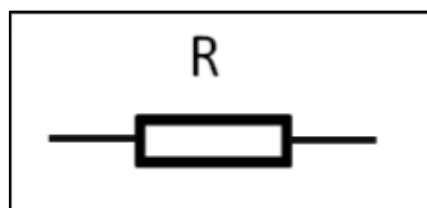


KUVA 3. Vastuksen tehtävä

Vastuksesta käytetään kahta piirrosmerkkiä; amerikkalaista (kuva 4.) ja eurooppalaista (kuva 6). Aaltonen ym. 2004.



KUVA 4. Amerikkalainen piirrosmerkki



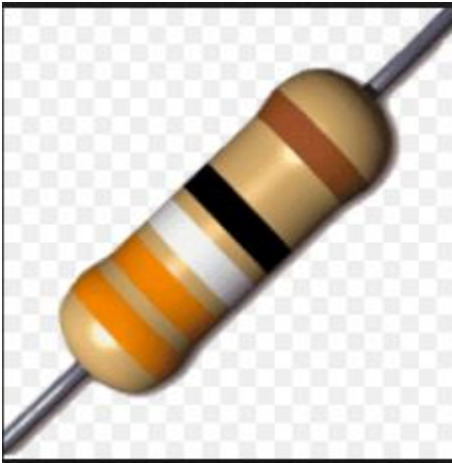
KUVA 5. Eurooppalainen piirrosmerkki

Kuten aiemmin mainittiin, vastuksen tehtävänä on virran rajoittaminen. Vastuksen arvo ilmoitetaan Ohmeina, jota merkitään kreikkalaisella merkillä ohmi ( $\Omega$ ). Vastusten valmistukseen käytetään useampaa valmistustekniikkaa. Aikaisemmin vastukset valmistettiin johtavasta massasta puristamalla. Näitä vastuksia kutsuttiin massavastuksiksi (kuva 6.). Haiko 2014.



KUVA 6. Massavastus (fi.wikipedia.org)

Vastuksia valmistetaan myös johtavasta metalli- tai hiilikalvosta, jolloin niitä kutsutaan kalvovastuksiksi (kuva 7.)



KUVA 7. Kalvovastus ( www.fsm.fi)

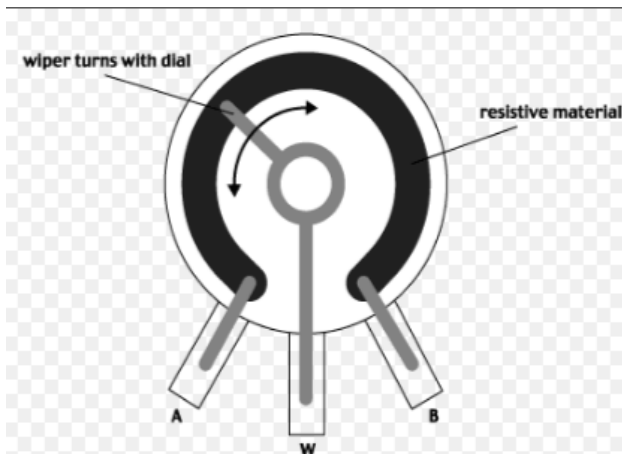
Vastuksia voidaan valmistaa myös puolijohdetekniikalla. Jos vastuksessa tapahtuu suuria tehohäviöitä, käytetään tällöin lankavastuksia (kuva 8.). Ne ovat johtavasta metallilangasta valmistettuja vastuksia, joiden arvoa säädellään langan vahvuudella ja pituudella. Ahonen, Haiko, Salonen 2016.



## KUVA 8. Lankavastus (www.wikipedia.org)

Lankavastuksessa lanka kieritetään eristävän rungon ympärille ja sen jälkeen se peitetään eristävällä aineella, jolloin vain lankojen päät jäävät näkyville, joista se voidaan kiinnittää piirilevyille. Lankavastuksista valmistetaan myös niin sanotut tehovastukset, joiden tehon kesto on suuri, mutta ne halutaan erottaa eri ryhmäksi lankavastuksista. Edellä mainitut kolme vastustyyppiä ovat niin sanottuja kiinteitä vastuksia eli niiden arvoon ei pystytä vaikuttamaan. Lisäksi on olemassa vastuksia, joiden arvoa pystytään säätämään. Näitä ovat potentiometrit ja trimmerit. Lisäksi vastuksen suuruuteen voi vaikuttaa jokin fysikaalinen suure kuten jännite, lämpö tai valo.

Potentiometri (kuva 9.) on säädettävä vastus. Sen arvoa voidaan säätää kiertämällä akselia, jolloin potentiometrin sisällä oleva liuku liikkuu käämilangasta tai vastuspinnasta tehtyä liukua pitkin, jolloin sen väliotosta saatava vastusarvo muuttuu. Vastuslanka tai vastuspinta on hevosenkengän muotoinen ja sen päädyistä saadaan vakioarvoinen vastus ja väliotosta muuttuva vastus. Potentiometri voi olla myös suorakaiteen muotoinen liukupotentiometri (kuva 10.), jolloin sen säätö ei tapahdu pyörittämällä akselia, vaan säätö on pelkästään edestakaisin liikkuva liuku. Haiko 2014.



KUVA 8. Potentiometrin toiminta (lipas.uwasa.fi)



KUVA 9. Potentiometri ([www.clasohlson.com](http://www.clasohlson.com))



KUVA 10. Liukupotentiometri ([www.uraltone.com](http://www.uraltone.com))

Potentiometrin säätö voi olla askelmainen, jolloin potentiometrin akselia käännettäessä vastusarvo muuttuu askelittain tai säätö voi olla yhden tai useamman kierroksen säätö. Useamman kierroksen säätöä käytetään tarkkuutta vaativissa säädöissä. Potentiometriä käytetään esimerkiksi äänen voimakkuuden säädössä stereolaitteessa. Potentiometrin säätö voi olla joko lineaarinen, tai logaritminen. Lineaarisessa säädössä potentiometrin arvo muuttuu tasaisesti akselia käännettäessä. Logaritmisessa säädössä vastuksen arvo muuttuu aluksi vähän, mutta loppua kohden vastuksen arvo kasvaa nopeammin. Haiko 2014.

Potentiometri voi olla myös työkalulla säädettävä. Tällöin kyseessä on trimmeri (kuva 11.). Trimmeriä käytetään, kun halutaan säädön pysyvän paikoillaan eikä sitä voi muuttaa esimerkiksi vahingossa. Yleensä trimmerit sijaitsevat laitteiden sisällä ja näin estetään niiden asetuksien muutos vahingossa.



KUVA 11. Trimmeri ([www.kouluelektroniikka.fi](http://www.kouluelektroniikka.fi))

Vastusarvo voi muuttua myös jostakin fysikaalisesta arvosta kuten valosta, lämpötilasta tai jännitteestä.

## VALOVASTUS (LDR)

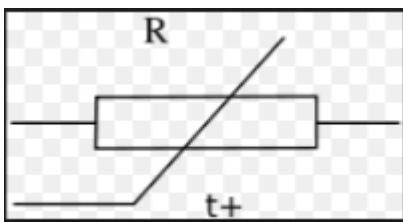
LDR (Light Dependent Resistor) vastuksen resistanssi riippuu ympäröivästä valon määrästä. Resistanssi pienenee mitä valoisin ympäristö on. LDR-vastusta (kuva 12.) käytetään valaistuksen ohjaukseen suunnitellussa elektroniikassa kuten hämäräkytkimissä ja vakiovalokeskuksissa. Haiko 2014.



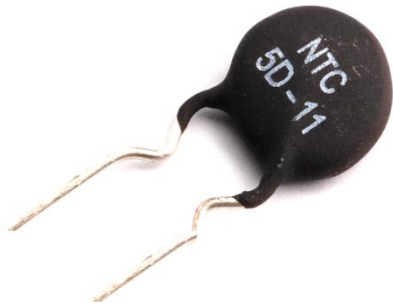
KUVA 12. LDR-vastus (triopack.fi)

## LÄMPÖTILAAN REAGOIVA VASTUS (NTC, PTC)

NTC (kuva 14.) ja PTC (kuva 15.) vastukset reagoivat lämpötilaan. NTC-vastuksen (NEGATIVE TEMPERATURE COEFFICIENT THERMISTOR) resistanssi pienenee, kun lämpötila kasvaa, eli sillä on negatiivinen lämpötilakerroin. PTC-vastuksella (POSITIVE TEMPERATURE COEFFICIENT THERMISTOR) on positiivinen lämpötilakerroin, eli sen resistanssi kasvaa, kun lämpötila nousee. NTC ja PTC vastuksia käytetään lämpötilan ohjaukseen ja mittaukseen. Tyypillinen käyttökohde on elektronisten lämmityslaitteiden, kuten lattialämmityksen ohjauksessa ja lämpötilamittareiden mittauspäissä. Haiko 2014.



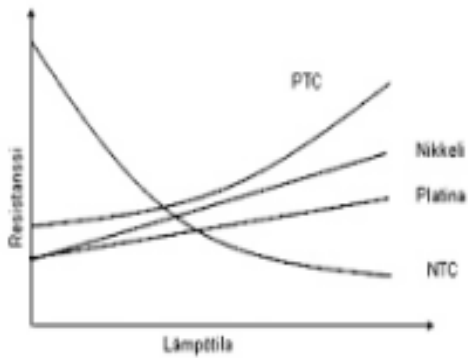
KUVA 13. Lämpötilaan reagoivan vastuksen piirrosmerkki (commons. wikimedia.org)



KUVA 14. NTC-vastus



KUVA 15. PTC-vastus (vekoy.com)



KUVA 16. NTC ja PTC vastusten ominaiskäyrät (edu.fi)

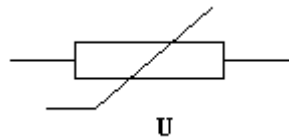
Kuvasta 16. Näemme kuinka NTC- ja PTC vastusten ominaiskäyrät muuttuvat lämpötilan muuttuessa. Samassa kuvassa näkyvät myös Nikkelin ja Platinan ominaisvastuksen muutos, kun lämpötila muuttuu.

## JÄNNITTEESEEN REAGOIVA VASTUS (VDR)

VDR (VOLTAGE DEPENDENT RESISTOR), eli varistorin (kuva 16.) resistanssi on riippuvainen jännitteestä. Se reagoi nopeaan jännitteen muutokseen. Kun sille annettu raja-arvo ylittyy äkillisesti, sen resistanssi pienenee nopeasti. Tätä ominaisuutta käytetäänkin sähköisten laitteiden ylijännite suo-  
jauksessa. Kun jännite äkillisesti ylittyy, esimerkiksi salaman iskusta, varistori ohjaa ylijännitteen esi-  
merkiksi maadoituksen kautta pois sähkölaitteesta. Nopeat jännitteen muutokset, kuten salama, on niin  
nopea jännitepiikki, ettei se ehdi lämmittää varistoria, ja usein se säilyykin ehjänä. Haiko 2014.

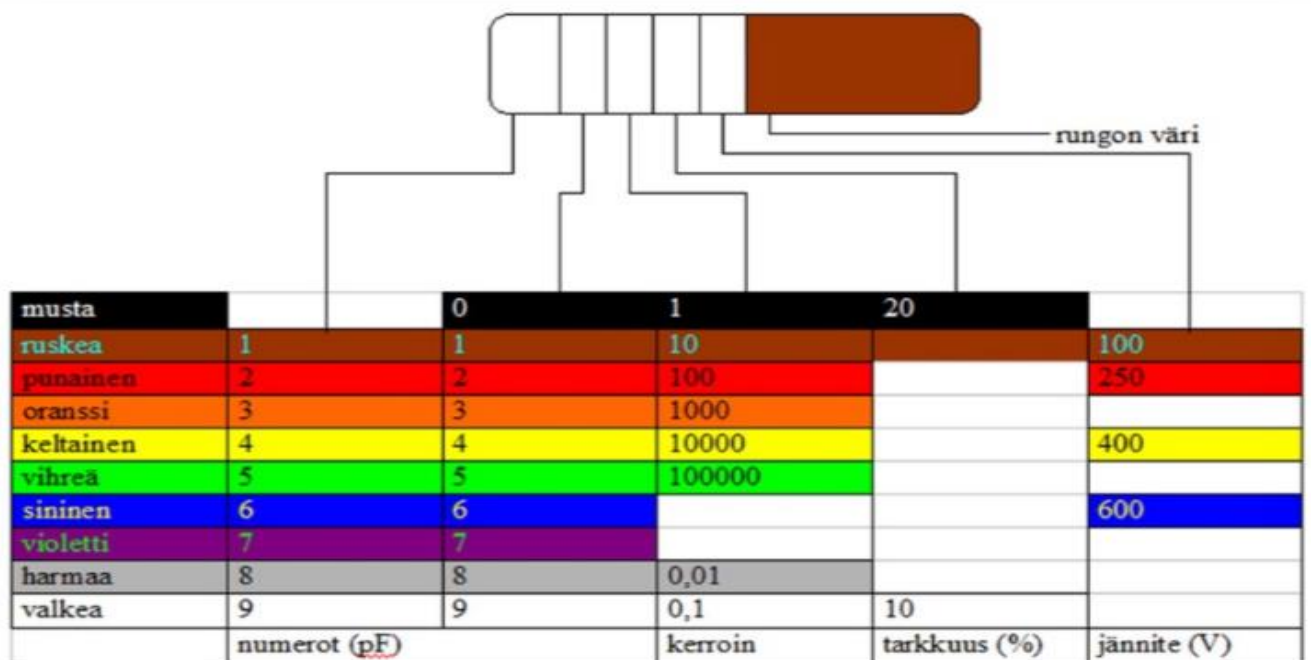


KUVA 17. VDR-vastus eli varistori(partco.fi)



KUVA 18. VDR-vastuksen piirrosmerkki

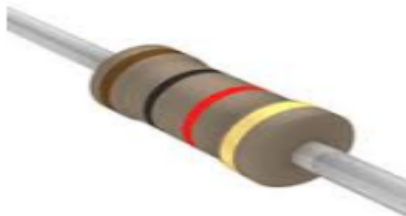
Vastuksen arvon voi mitata yleismittarilla, tai sen arvon voi lukea värimerkinnöistä, jotka on maalattu sen ympärille. Joihinkin suurempiin vastuksiin on myös painettu arvo sen sivuun, jolloin vastuksen arvon voi lukea suoraan. Värimerkityn vastuksen arvon lukemiseen on käytössä värikartta, jonka avulla saadaan vastuksen arvo, toleranssi eli kuinka monta prosenttia vastuksen arvo saa muuttua nimellisarvosta, sekä lämpötilakerroin. Värikarttaa luetaan siten, että lähinnä vastuksen päätä oleva väriren-  
gas on ensimmäinen numero. Sen arvo katsotaan värikartan ensimmäiseltä sarakkeelta. Toinen rengas on myös numeroarvo ja sen arvo luetaan toiselta sarakkeelta. Kolmas värirengas on kerroin, jolla ker-  
rotaan kahden ensimmäisen värirenkaan arvo. Seuraava rengas ilmoittaa vastuksen toleranssin ja vii-  
meinen rengas lämpöarvon.



The diagram shows a resistor with five color bands. The first band is brown (1), the second is black (0), the third is red (2), the fourth is black (0), and the fifth is gold (tolerance). A label 'rungon väri' points to the gold band.

musta		0	1	20	
ruskea	1	1	10		100
punainen	2	2	100		250
oranssi	3	3	1000		
keltainen	4	4	10000		400
vihreä	5	5	100000		
sininen	6	6			600
violetti	7	7			
harmaa	8	8	0,01		
valkea	9	9	0,1	10	
	numerot (pF)		kerroin	tarkkuus (%)	jännite (V)

KUVA 19. Vastuksen värikartta (www.taulukot.com)



KUVA 20. Vastus (amazon.com)

Kuvassa 19 näkyy vastus, jonka värimerkintä luetaan lähinnä vastuksen päätä olevasta väristä eteenpäin, eli ruskea, musta ja punainen. Viimeinen värirengas, joka on kullan värinen, ilmoittaa vastuksen toleranssin. Värikartasta luetaan ensimmäisen renkaan kohdalta ruskean värin arvo ensimmäisestä sarakkeesta, jonka arvoksi saadaan yksi. Toisen renkaan, joka on musta, arvo luetaan toisesta sarakkeesta ja arvoksi saadaan nolla. Kolmas värirengas on punainen, joka ilmoittaa kertoimen, jolla kaksi ensimmäistä numeroa kerrotaan. Kun kolmannelta sarakkeesta luetaan punaisen värin arvo, kertoimeksi saadaan sata. Nyt voidaan laskea vastuksen arvo:

$$10 \times 100 = 1000$$

Näin vastuksen arvoksi saadaan 1000Ω eli 1 kΩ.



Vastuksen nimellisarvo voi olla merkittynä siihen myös koodimerkinnällä. Koodimerkintää käytetään niin sanotuissa palakomponenttivastuksissa (kuva 20.). Palakomponenttivastuksia käytetään pintaliitostekniikalla valmistetuissa piirilevyissä.



KUVA 21. Palakomponenttivastus (sites.google.com)

Kuvassa 20 olevassa vastuksessa on koodi 3301, jossa kolme ensimmäistä numeroa on vastuksen arvo ja neljäs luku on kerroin. Näin kuvan vastuksen arvoksi saadaan:

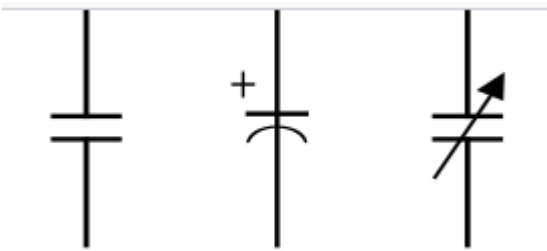
$$330 \times 10^1 = 3300 \, \Omega \text{ eli } 3.3 \, \text{k}\Omega$$

### 2.1.2 KONDENSAATTORI(C)

Elektroniikan komponenteista toinen aika yleinen komponentti on kondensaattori. Sen nimi, ulkonäkö ja koko riippuvat sen käyttötarkoituksesta. Kondensaattorin tehtävä on sähköenergian varaaminen ja purkaminen eli se toimii sähköenergian varastona. Kondensaattorin varauskykyä kutsutaan kapasitanssiksi, eli se ilmoittaa kuinka paljon sähköenergiaa se pystyy varastoimaan. Käytännössä kondensaattori on muodostunut kahdesta johtavasta materiaalista, joiden välissä on eristävää materiaalia oleva väliaine. Kapasitanssi on verrannollinen levyjen pinta-alaan ja kääntäen verrannollinen levyjen etäisyyteen ja eristysaineen materiaalista. Kapasitanssin mittayksikkö on faradi, jota merkitään kirjaimella (F). Käytännössä kapasitanssi on kokoluokkaa mikrofaraadi ( $\mu\text{F}$ ), nanofaraadi (nF) tai pikofaraadi (pF). Kondensaattori ei päästä läpi virtaa tasavirtapiirissä, mutta vaihtovirtapiirissä sen läpi pääsee virtaa. Kondensaattorin vastus vaihtovirtapiirissä riippuu vaihtovirran taajuudesta. Mitä suurempi taajuus, sitä pienempi on kondensaattorin vastus. Ahonen, Haiko, Salonen 2016.



KUVA 22. Erityyppisiä kondensaattoreita (www.hutasu.net)



KUVA23. Kondensaattorin piirrosmerkkejä

Kondensaattorien arvot on yleensä merkitty näkyviin sen kylkeen. Yleensä ilmoitetaan kondensaattorin kapasitanssi, jännitteen kesto ja napaisuus, jos kondensaattorin kytkentä vaatii oikean napaisuuden. Kuvassa 22 on keskimmäiseen piirrosmerkkiin merkitty +- merkki, jolloin se on kytkettävä siten, että + merkinnällä oleva kondensaattorin jalka on kytkettävä virtapiirin positiiviseen napaan. Väärin päin kytketty kondensaattori tuhoutuu. Kondensaattoriin on myös merkitty sen jännitteen kestoisuus. Jos sen nimellisjännite ylittyy kytkennässä, tapahtuu läpilyönti sen sisällä, ja kytkentään tulee oikosulku. Jos läpilyönti tapahtuu, kondensaattori tuhoutuu, eikä sitä voi enää sen jälkeen käyttää.

Kondensaattoreita on viittä erilaista tyyppiä. Nämä ovat keraamiset kondensaattorit, polyesterikondensaattorit, polypropyleenikondensaattori, elektrolyyttikondensaattorit ja säädettävät kondensaattorit. Haiko 2014

## KERAAMISET KONDENSAATTORIT

Keraamiset kondensaattorit (kuva 23.) ovat muodoltaan putki-, nappityyppisiä sekä pintaliitostekniikassa käytettäviä palatyyppisiä kondensaattoreita. Keraamiset kondensaattorit ovat rakenteeltaan pie-

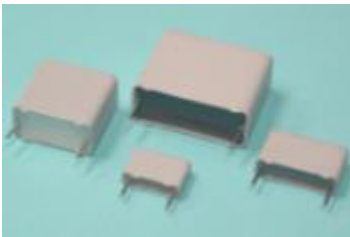
nikokoisia ja ne ovat heikkorakenteisia, joten niitä on käsiteltävä varovasti, sillä pienikin vaurio run-  
gossa voi johtaa sen tuhoutumiseen. Ahonen, Haiko, Salonen 2016.



KUVA 24. Keraaminen kondensaattori ([www.uraltone.com](http://www.uraltone.com))

### POLYESTERIKONDENSAATTORI

Polyesterikondensaattorin (kuva 24.) nimi johtuu siinä käytettävästä eristeestä kondensaattorilevyjen välissä. Se on ohutta polyesterikalvoa. Polyesterikondensaattorien arvot on merkitty siihen selkokielisin merkinnöin.



KUVA 25. Polyesterikondensaattoreita ([www.vekoy.com](http://www.vekoy.com))

### POLYPROPYLEENI KONDENSAATTORI

Polypropyleeni kondensaattorin (kuva 25.) nimi tulee, samoin kuin polyesterikondensaattorin nimi, siinä käytettävästä eristeaineesta kondensaattorilevyjen välissä. Polypropyleeni kondensaattorin varauskky on suurempi kuin polyesterikondensaattorin. Polypropyleeni kondensaattoreita käytetään kytkennöissä, jossa jännitemuutokset ovat nopeita. Haiko 2014.



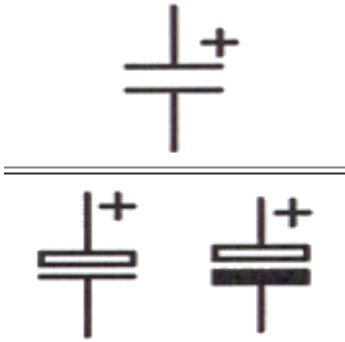
KUVA 26. Polypropyleeni kondensaattori (www.tme.eu)

## ELEKTROLYYTTIKONDENSAATTORI

Elektrolyyttikondensaattorien (kuva 26.) varaus kyky on suurempi muiden kondensaattorien. Elektrolyyttikondensaattori on kytkettävä virtapiiriin oikein päin, eli tämä kondensaattori on polaarinen. On olemassa myös elektrolyyttikondensaattori, jonka voi kytkeä molemmin päin, jolloin kyseessä on bipolaarinen kondensaattori. Napaisuus on merkitty sekä piirrosmerkkiin, että kondensaattoriin. Elektrolyyttikondensaattorissa eristeaineena käytetään elektrolyyttinestettä, johon kondensaattorin levyt ovat upotettu. Neste muodostaa ohuen eristeen levyjen pintaan, mutta sen eristys kyky on suuri, jolloin sen jännitteen kestoisuus on suuri ja näin sen varaus kyky on myös suuri. Kondensaattorissa käytetyt levyt ovat valmistettu alumiinista. Elektrolyyttikondensaattorista käytetään usein lyhennettyä nimeä ”Elko”. Yksivaiheiset sähkömoottorit vaativat toimiakseen myös kondensaattorin. Näitä kondensaattoreita kutsutaankin moottorikondensaattoreiksi. Ahonen, Haiko Salonen 2016.



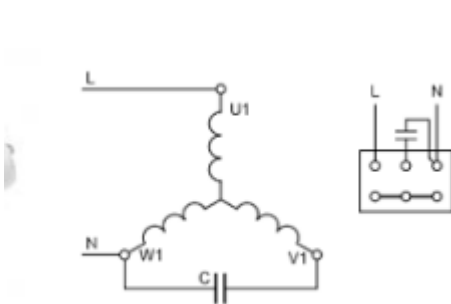
KUVA 27. Elektrolyyttikondensaattori eli elko (tme.eu)



KUVA 28. Elektrolyyttikondensaattorin piirrosmerkkejä



KUVA 29. Moottorikondensaattori ([www.psek.fi](http://www.psek.fi))



KUVA 30. Moottorikondensaattorin kytkentä ([murobbs.muropaketti.com](http://murobbs.muropaketti.com))

## TANTAALIKONDENSAATTORI

Tantaalikondensaattorin (kuva 30.) levyt valmistetaan nimensä mukaisesti tantaalista. Ne ovat upotettu ”elkon” tavoin elektrolyttinesteeseen. Tantaalikondensaattori on jännite- ja kapasitanssiarvoltaan pienempi kuin alumiinielektolyyttikondensaattori. Tantaalielektolyyttikondensaattorin käyttöikä on pidempi ja niiden stabiilisuus, eli niiden arvot, pysyvät pidempään nimellisarvossaan. Niitä ei kuitenkaan suositella käytettäväksi piireissä, jossa esiintyy jännitepiikkejä. Tantaalikondensaattorit ovat myös polaarisia komponentteja, eli ne on kytkettävä piirissä jännitteeseen nähden oikein päin. Kondensaatto-

rin napaisuus on piirretty kondensaattoriin, tai kondensaattorin miinus napaan kytkettävä jalka on lyhyempi, kuin positiiviseen jännitteeseen kytkettävä napa. Haiko 2014.



KUVA 31. Tantaalielektrolyyttikondensaattori ([www.elfadistrelec.com](http://www.elfadistrelec.com))



KUVA 32. Tantaalipalaelektrolyyttikondensaattori ([www.partco.fi](http://www.partco.fi))

## SÄÄDETTÄVÄT KONDENSAATTORIT

Säädettävät kondensaattorit (kuva 32.) ovat trimmerikondensaattoreita, eli ne ovat työkalulla säädettäviä kondensaattoreita. Säädettävää kondensaattoria käytetään esimerkiksi oskilloskoopin mittapään kompensointiin ja ennen radiovastaanottimissa sitä käytettiin radioaseman haussa oikean radiotaajuuden löytämisessä. Haiko 2014.



KUVA 33. Säädettäviä kondensaattoreita ([lopas.uwasa.fi](http://lopas.uwasa.fi))



KUVA 34. Säädetävän kondensaattorin piirrosmerkki

### 2.1.3 KELA(L)

Elektroniikan perus komponentteihin kuuluu myös kelat (kuva 34.), joiden koko ja nimitykset vaihtelevat sen mukaan, mihin niitä käytetään.



KUVA 35. Erilaisia keloja (fi.wikipedia.org)



KUVA 36. Kelan piirrosmerkki

Tasasähköpiiriin kytketyn kelan läpi kulkee virta, joka varastoituu kelaan. Kela toimii siis kondensaattorin tavoin sähköenergian varastona. Sähkövaraus varastoituu sähkömagneettiseksi kentäksi, ja tätä ominaisuutta kutsutaan induktanssiksi, jota merkitään kirjaimella (L) ja sen yksikkö on Henry (H). Kelat ovat rakenteeltaan erilaisia, ja niiden rakenne määräytyy käyttötarkoituksen mukaan. Kelat voivat olla ilmasydämisä, Ferriittisydämisä tai rautasydämisä. Kelasydämen tarkoituksena on induktanssin lisääminen ja joskus myös induktanssin säätö. Ahonen, Haiko, Salonen 2016

Kelojen piirrosmerkkejä



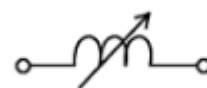
Ilmasydän



Rautasydän

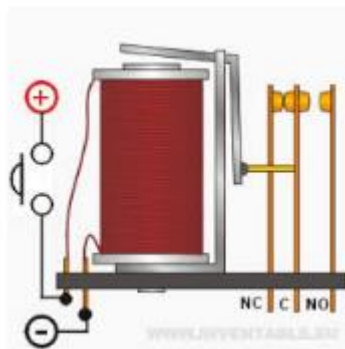


Ferriittisydän

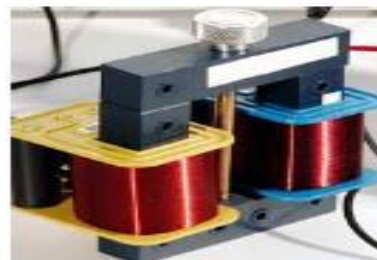


Säädetävä sydän

Kun tasasähköpiiristä, johon kela on kytketty, katkaistaan virta, synnyttää kela ylitseen jännitteen, jonka kela yrittää pitää samassa arvossa ennen virtapiirin katkaisua ja juuri tätä ominaisuutta hyödynnetään, kun kela on kytketty virtapiiriin häiriön poisto kelaksi. Vaihtosähköpiiriin kytketyn kela varautuu ja purkautuu vaihtosähkötaajuuden mukaan. Kun vaihtosähköpiirissä on toinen kela vieressä, indusoituu sähköenergia kelasta toiseen. Tällöin on kyseessä muuntaja. Releissä käytetään hyväksi kelan aikaan saamaa magneettikentän voimavaikutusta, joka saa releen kärkikomponentit yhdistymään. Kelan ja kondensaattorin kytkennöillä voidaan tehdä myös taajuudesta riippuvia suodattimia. Ahonen, Haiko Salonen 2016.



KUVA 37. Kela releessä ( <https://teknolanak.wikispaces.com>)



KUVA 38. Muuntaja



### 2.1.4 KytKentä- ja laskuesimerkkejä passiivisista komponenteista

Vastuksiin liittyvissä laskuissa on käytössä kaksi perus kaavaa, joiden perusteella voidaan laskea kytKennässä kulkeva virta, kytKentään vaikuttava jännite, kytKennän kokonaisresistanssi ja teho. Kaavat ovat:

$$U = R * I \text{ (1)}$$

Missä:

$U$  = KytKennän yli vaikuttava jännite (Voltti) (V)

$R$  = KytKennän kokonaisresistanssi (Ohmi) ( $\Omega$ )

$I$  = KytKennässä kulkeva virta (Ampeeri) (I)

$$P = U * I \text{ (2)}$$

Missä:

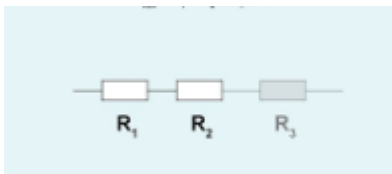
$P$  = Teho (Watti) (W)

$U$  = Jännite (Voltti) (V)

$I$  = Virta (Ampeeri) (I)

#### VASTUSTEN KYTKENNÄT

Vastusten sarjaan kytKennässä (kuva 38.) vastukset kytketään peräkkäin. Tällöin kytKennän kokonaisvastus on sarjaan kytkettyjen vastusten summa.

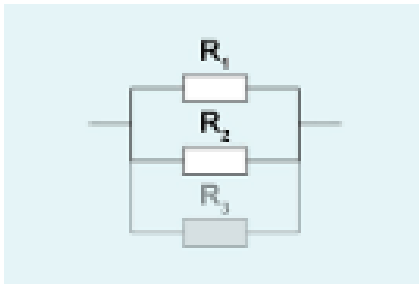


KUVA 39. Vastusten sarjaan kytKentä

Kun vastukset ovat sarjassa, lasketaan kokonaisresistanssi seuraavasti:

$$R_{\text{kok}} = (R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n)$$

Vastusten rinnan kytKennässä (kuva 39.) vastukset kytketään rinnakkain.



KUVA 40. Vastusten rinnankytkentä

Kun rinnankytkettyjä vastuksia on kaksi, voidaan kokonaisvastus laskea kaavalla:

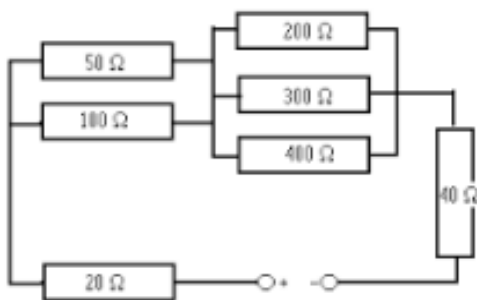
$$R_{\text{kok}} = (R_1 * R_2) / (R_1 + R_2)$$

Jos molemmat vastukset ovat samansuuruisia, on kahden rinnakkain kytkettyjen vastusten kokonaisresistanssi puolet yhden vastuksen suuruudesta.

Kun rinnakkain kytkettyjä vastuksia on useita, lasketaan kokonaisvastus kaavalla:

$$R_{\text{kok}} = 1 / (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots 1/R_n) \quad (4)$$

Kaavaa (4) voidaan käyttää myös kahden rinnakkain kytkettyjen vastusten kokonaisresistanssin laskennassa. Käytännössä piirissä on kuitenkin niin sanottu sekakytkentä (kuva 40.), missä vastuksia on sekä rinnankytkettyjä, että sarjaan kytkettyjä. Aaltonen, Kousa, Stor-Pellinen 2004.

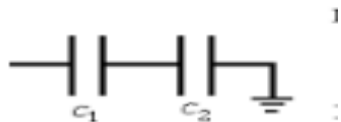


KUVA 41. Sekakytkentä

## KONDENSAATTORIEN KYTKENNÄT

Samoin kun vastuksia, voidaan kondensaattoreita kytkeä sarjaan ja rinnakkain. Laskenta tapa on käänteinen vastuksiin verrattuna. Kun kondensaattorit ovat kytkettynä sarjaan (kuva 41.), saadaan kokonaiskapasitanssi laskettua kaavalla:

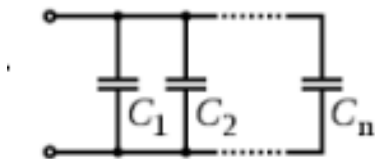
$$C_{\text{kok}} = 1 / (1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots 1/C_n) \quad (5)$$



KUVA 42. Kondensaattorit sarjassa

Kondensaattorien rinnankytkennän (kuva 42.) kokonaiskapasitanssi saadaan laskemalla kondensaattorien kapasitanssit yhteen.

$$C_{\text{kok}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots C_n \quad (6)$$



KUVA 43. Kondensaattorien rinnan kytkentä

Kuten vastustenkin kytkennässä, useimmiten kondensaattorienkin kytkennät ovat sekakytcentöjä. Aaltonen, Kousa, Stor-Pellinen 2004.

## KELOJEN KYTKENNÄT

Kelojen kytkennässä käytetään samanlaisia laskukaavoja, kuten resistanssin laskemisessa käytetään. Kun kelat ovat sarjassa, on kytkennän kokonaisinduktanssi kelojen yhteenlaskettu induktanssi.

$$L_{\text{kok}} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots L_n \quad (7)$$

Kelojen rinnankytkennässä kokonaisinduktanssi lasketaan kaavalla:

$$L_{\text{kok}} = 1 / (1/L_1 + 1/L_2 + 1/L_3 + \dots 1/L_n) \quad (8)$$

Kuten muidenkin komponenttien kytkennässä, niin kelojenkin kytkennät ovat usein sekakytkentöjä. Kelojen sekakytkentöjen ongelmana on kuitenkin se, että niiden magneettikentät voivat häiritä toisiaan. Aaltonen, Kousa, Stor-Pellinen 2004.

## 2.2 AKTIIVISET KOMPONENTIT

Aktiivisiksi komponenteiksi kutsutaan elektroniikassa komponentteja, joilla pystytään vahvistamaan piirissä kulkevaa virtaa tai jännitettä. Aktiivisella komponentilla voidaan vahvistaa myös tehoa. Aktiivisia komponentteja ovat transistori, erilaiset tyristorit ja triacit. Aikaisemmin aktiiviset komponentit olivat niin sanottuja elektroniputkia (kuva 43.), joita käytettiin vanhoissa elektroniikka laitteissa. Ne olivat herkästi rikkoutuvia ja kuluttivat runsaasti sähköenergiaa.



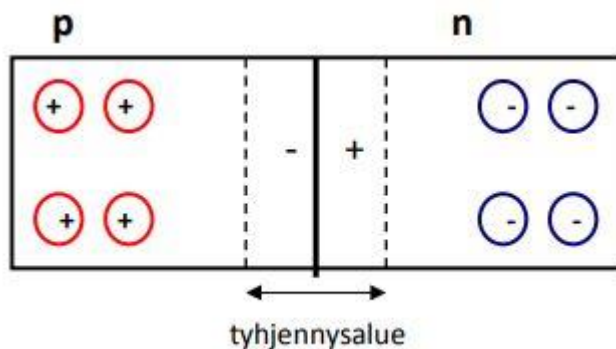
KUVA 44. Elektroniputkia ([www.tiedetuubi.fi](http://www.tiedetuubi.fi))

Nykyisin elektroniputket korvataan puolijohdeilla kuten transistoreilla ja tyristoreilla sekä triakeilla. Ne ovat huomattavasti pienikokoisempia ja vievät vähemmän energiaa. Aktiiviset komponentit ovat yleensä niin sanottuja puolijohdeita. Tämä tarkoittaa sitä, että puolijohteen sähkönjohtokykyä voidaan ohjata virran, jännitteen, lämmön tai säteilyn avulla. Tällaisia komponentteja ovat esimerkiksi diodi, transistori tai tyristori. Myös aurinkokenno luetaan puolijohdekomponentiksi. Muita puolijohdeita ovat myös led, triakki ja diakki. Joidenkin puolijohdeiden tunnistaminen on hankalaa, koska niiden kotelointi muistuttaa toisiaan, ja niinpä näiden tunnistamisessa onkin tärkeää datakirjan käytön opettelu. Jotkin puolijohdeet ovat kuitenkin helposti tunnistettavissa, kuten diodi, mutta myös diodin arvojen selvittä-

minen vaatii datakirjan käyttöä. Puolijohteet valmistetaan yleensä piistä (Si) tai germaaniumista (Ge). Silvonen 2009.

### 2.2.1 DIODI

Diodi (kuva 47.) on puolijohde, joka johtaa sähköä vain yhteen suuntaan. Diodi valmistetaan yleensä piistä ja siinä on yksi rajapinta. Diodissa on kaksi puolijohdetta, p-tyypin puolijohde, jossa varauksen kuljettajina toimivat positiiviset aukot, ja n-tyypin puolijohde, jossa varauksen kuljettajina toimivat elektronit. Näiden puolijohteiden välissä on tyhjennysalue. Tyhjennysalue muodostuu, kun kaksi puolijohdetta liitetään toisiinsa. Silvonen 2009.



KUVA 45. Diodin rakenne



KUVA 46. Diodin piirrosmerkki (kuisma.eu)

Kuvassa 45 on diodin piirrosmerkki ja kuvasta voi päätellä mihin suuntaan diodi johtaa sähköä. Musta nuoli osoittaa virran kulkusuunnan, ja pystyviiva estää virran kulun, eli virta kulkee vasemmalta oikealle, mutta virta on estynyt kulkemaan oikealta vasemmalle. Toimiakseen myötä suuntaan, diodin napojen välillä tarvitaan kynnysjännite, joka on noin 0.6 Volttia. Germaanium diodilla kynnysjännite on pienempi noin 0.2 Volttia. Tämä tarkoittaa sitä, että syöttävän jännitteen on oltava suurempi kuin diodin kynnysjännite ja kynnysjännite ”jää” diodiin, eli jännite on kynnysjännitettä pienempi diodin jälkeä virtapiirissä. Haiko 2014.

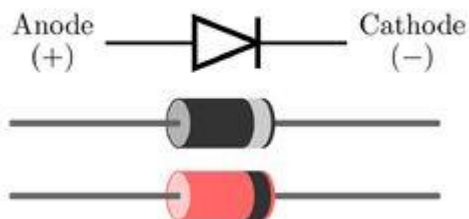


KUVA 47. Pii diodin ominaiskäyrä (henrirautio.wordpress.com)



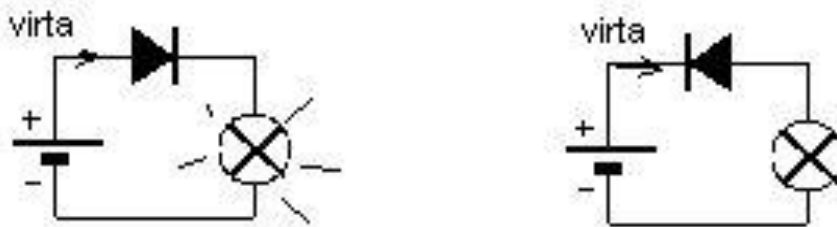
KUVA 48. Diodeja (www.electronic.it)

Diodissa estosuunta merkitään renkaalla (kuva 48.), joka kiertää diodin ympäri.



KUVA 49. Estosuunnan merkintä diodissa.(docplayer.fi)

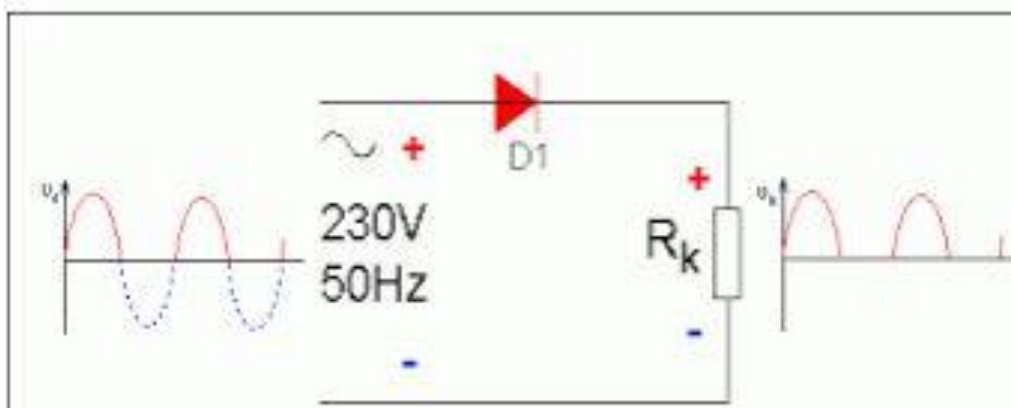
Seuraavassa kuvassa (kuva 49.) on yksinkertainen kytkentä, josta selviää diodin toiminta.



KUVA 50. Diodin toiminta virtapiirissä (edu.helsinki.fi)

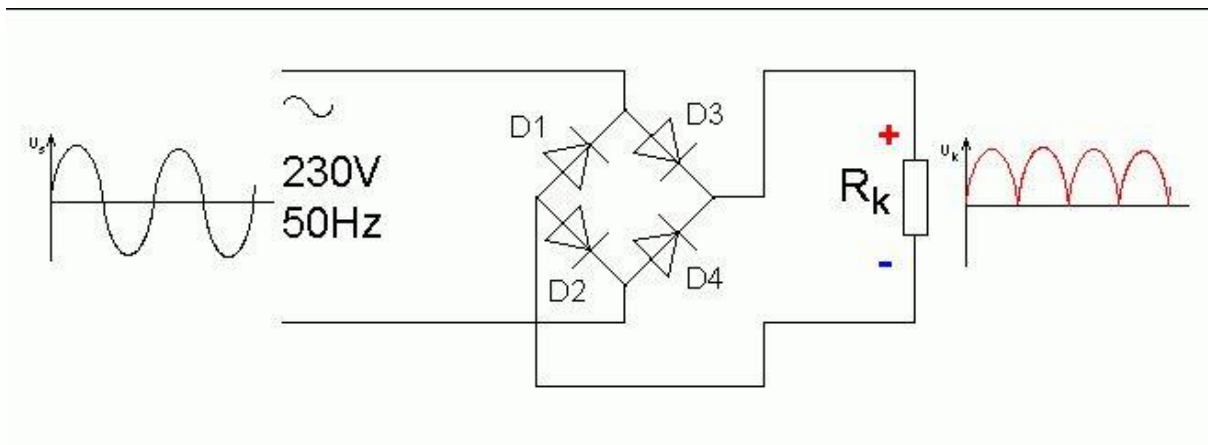
Vasemman puoleisessa kuvassa virta kulkee jännitelähteen plusnavasta diodin läpi, joka on kytketty myötä suuntaan virtapiiriin, lampulle, joka syttyy palamaan. Virta kulkee siis jännitelähteen plusnavasta miinusnapaan. Oikean puoleisessa kuvassa virta kulkee samaan suuntaan kuin edellisessä, mutta diodi on kytketty estosuuntaan, jolloin lamppu ei pala. Diodia valittaessa virtapiiriin, on datakirjasta selvitettävä diodin virran kestoisuus, ettei virtapiirissä kulkeva virta ylitä sitä. Tämä kytkentä toimii tasasähköpiirissä

Diodia käytetään vaihtojännitteen tasasuuntaajana. Tasasuuntaaja voi olla joko puoliaaltotasasuuntaaja (kuva 50.) tai kokoaaltotasasuuntaaja (kuva 51). Puoliaaltotasasuuntaajalla erotetaan siniaallosta negatiivinen puoli, eli nollaa voltia pienempi osa siniaallosta. Kuvassa 49 virtapiiriä syötetään 230 voltin vaihtojännitteellä. Tässä kytkennässä vaihtojännite käy symmetrisesti nollan voltin molemmiin puolin, josta diodi leikkaa nollaa pienemmän jännitteen pois, jolloin ulostuloon saadaan nollan yläpuolella oleva puolikas siniaalto. Ulostulon jännitteen kuva näkyy kuvan oikeassa laidassa mitattuna vastuksen  $R_k$  yli. Silvonen 2009.



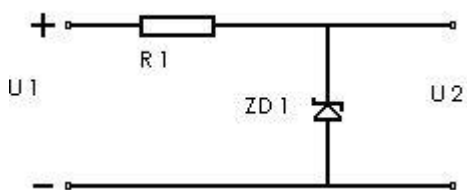
KUVA 51. Puoliaaltotasasuuntaus (pyntsi.mbnet.fi)

Kokoaaltotasasuuntauksessa siniaallon negatiivinen puoli ohjataan virtapiiriin, jolloin saadaan lähes tasajännitettä. Kokoaaltotasasuuntaajaan tarvitaan neljä diodia, jotka kytketään kuvan 50 mukaisesti.



KUVA 52. Kokoaaltotasasuuntaus(pyntsi.mbnet.fi)

Jos kytkentään halutaan vakiokokoinen jännite, vaikka syöttävän jännitteen arvo heilahtelisikin, voidaan virtapiiriin jännite tasata käyttämällä zener diodia. Zener diodi leikkaa sen ominaisjännitteen ylimenevän osan pois. Alijännitettä ei zener diodilla voida korvata. Kuvassa 51 on jännitteen tasaus tehty zener diodilla. Kuvassa 53 näkyy myös zener diodin piirrosmerkki. Se eroaa diodin piirrosmerkistä väkäsistä estosuuntaa osoittavan poikkiviivan päissä. Kytkentä toimii siten, että kun jännitettä  $U_1$  nostetaan, jännite  $U_2$  on samansuuruinen kuin jännite  $U_1$ . Kun jännite  $U_1$  saavuttaa zener diodin jännitearvon, pysyy jännite  $U_2$  zener diodin jännitearvossa, vaikka jännitettä  $U_1$  vielä nostetaankin. On kuitenkin huomioitava virtapiirissä kulkevan virran suuruus, ettei se tuhoa diodia. myötä suunnassa zener diodi toimii tavallisen diodin tapaan, eli se päästää virran läpi, kunnes kynnyksjännite ylittyy. Haiko 2014.



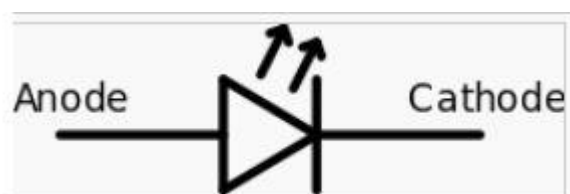
KUVA 53. Zener diodi jännitteen tasaajana(fi.wikipedia.org)



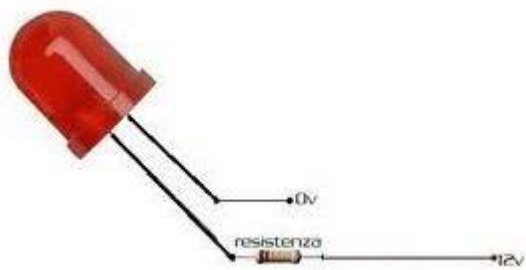
KUVA 54. Zener diodin piirrosmerkki (fi.wikipedia.org)



Diodi voi tuottaa myös valoa. Tällöin on kyseessä LED (kuva 55.). Led sana tulee englannin kielen sanoista Light- Emitting Diode. Ledejä on saatavilla erin värisinä tai yksi ledi voi sisältää monta väriä. Led diodi voi lähettää myös näkymätöntä infrapuna valoa. Infrapuna lediä käytetään esimerkiksi kaukosäätimissä. Virtapiirissä led kytketään myötä suuntaan ja se tarvitsee aina etuvastuksen. Led diodia voidaan käyttää vain tasasähkö kytkennöissä. Ledin nimellisvirta riippuu ledin väristä ja se kannattaa tarkistaa datakirjasta. Samoin led tarvitsee kynnysjännitteen toimiakseen. Kynnysjännite on 1,6 ... 4,0 voltia. Lediä kytkettäessä virtapiiriin, on huomioitava sen oikea kytkentä. Ledissä sen jalat ovat erimittaiset, josta tunnistetaan, kuinka päin led kytketään. Pidempään jalkaan tuodaan jännite ja lyhyempi jalka kytketään virtapiiriin miinukseen. Haiko 2014.



KUVA 55. LED diodin piirrosmerkki (henrirautio.wordpress.com)



KUVA 56. Punainen LED diodi etuvastus kytkettynä. (fi.wikipedia.org)

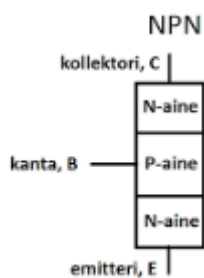
Nykyään valaistuksessa käytetään paljon led valaisimia ja nauhoja. Niiden sähköenergian kulutus on paljon pienempi kuin esimerkiksi hehkulamppujen ja elohopeahöyrylamppujen. Ledien valoteho on myös kasvanut ja niitä voidaan käyttää myös tehokkaissa valonheittimissä. Led tekniikkaa käytetään myös segmentti näytöissä (kuva 56.), joilla voidaan näyttää numero arvoja ja kirjaimia. Silvonen 2009.



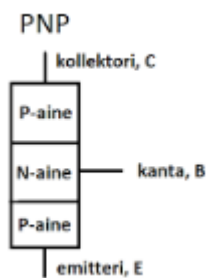
KUVA 57. Segmentti näyttö (www.partco.fi)

### 2.2.2 TRANSISTORI

Transistorit valmistetaan kolmesta puolijohde palasesta, jotka ovat useimmiten piitä. Puolijohde palaset ovat kahta eri ainetta, jotka ovat P-aine ja N-aine. Näitä yhdistämällä saadaan kaksi erilaista transistoria, jotka ovat PNP- (kuva 57.) ja NPN-transistori (kuva 58.). Transistorin nimestä voidaan päätellä, missä järjestyksessä aineet ovat transistorissa. Transistorissa voidaan kuvitella olevan kaksi diodia vastakkain, joiden välissä olevaan kantaan tuodaan ohjausjännite.



KUVA 58. NPN-transistorin rakenne  
la.wordpress.com)



KUVA 59. PNP-transistorin rakenne (ralfleske-

Transistorissa on kolme jalkaa (kuva 59.), jotka ovat nimeltään kanta, kollektori ja emitteri. Nimet tulevat englanninkielisistä sanoista Base, Collector ja Emitter. Piirrosmerkeissä käytetään näiden ensimmäistä kirjainta merkitsemään jalkojen järjestystä. Kunkin transistorityypin jalkajärjestys etsitään elektroniikan komponenttien datakirjoista, joista löytyvät muutkin komponentin arvot.



KUVA 60. Transistorin jalkojen järjestys (fi.wikipedia.org)

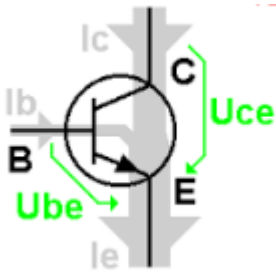


KUVA 61. Transistorien kotelointi tyyppejä. Vasemmalta kotelon tyypit ovat TO-92, TO-18, TO-39, TO-126, TO-220 ja TO-3 (huhtama.kapsi.fi)

Jotta oikeanlainen transistori voidaan valita kytkentään, tarvitaan transistorista tietoja, jotka vaikuttavat transistorin valintaan. Nämä tiedot löytyvät elektroniikan datalehdistä, joista selviävät halutun transistorin ominaisuudet. Näitä ovat muun muassa kollektorin ja emitterin välinen jännite ( $V_{CE0}$ ), kollektorin maksimi virta ( $I_C$ ), virtavahvistus tietyllä  $I_C$ :n arvolla ( $h_{FE}$ ).

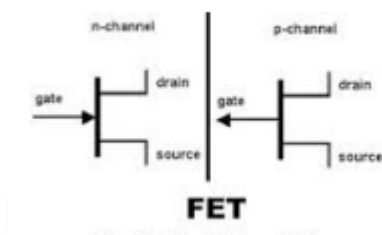
Transistorin toimintaa säädellään kahdella eri tavalla. Kun transistoria säädellään kannalle tuotavalla jännitteellä, jolla ohjataan, kuinka paljon transistori aukeaa tai sulkeutuu, on kyseessä FET-transistori. Jos transistoria ohjataan kannalle tuotavalla virralla, on silloin kyseessä BJT-transistori (BIPOlar JUNCTION TRANSISTOR). Transistorien päävirtapiiri kulkee kollektorin ja emitterin välillä. NPN-transistorissa virta kulkee kollektorilta emitterille ja PNP-transistorissa emitteriltä kollektorille. Kanta-virtaa rajoitetaan kytkemällä kannalle virtaa rajoittava vastus. Kokonaisvirta, joka kulkee ulos transistorista, on NPN-transistorissa kollektorivirran ja kantavirran summa. PNP-transistorissa vastaavasti

kollektorivirta on emitterivirran ja kantavirran summa. BJT-transistoreita käytetään vahvistimien pääteasteissa ja elektronisina kytkiminä. Ahonen, haiko, Salonen 2016.



KUVA 62. Virran kulku NPN-transistorissa

FET-transistorin (FIELD EFFECT TRANSISTOR) jalkojen nimet ovat erilaiset, kuin BJT-transistorissa. FET-transistorin jalat ovat nimeltään nielu, hila ja lähde. Nämä tulevat englanninkielisistä sanoista Drain, Gate ja Source. Nämä merkitään piirrosmerkkiin kirjaimilla D, G ja S, jotka tulevat englanninkielisten sanojen ensimmäisistä kirjaimista. Päävirtapiiri kulkee nielulta lähteelle, jota ohjataan hilan jännitteellä. FET-transistorin hilalla ei kulje virtaa, koska hila on eristetty päävirtapiiristä. Haiko 2014.

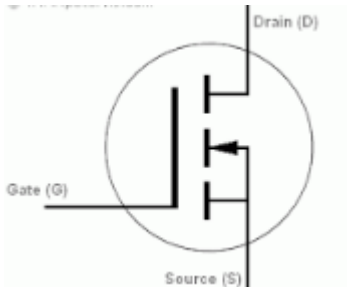


KUVA 63. N-tyypin ja P-tyypin Fetin piirrosmerkit (elprocus.com)

### 2.2.3 KANAVATRANSISTORI

#### MOSFET

Mosfet (kuva 64.) transistoreita käytetään vahvistimien pääteasteissa, mittalaitteissa sekä vahvistimien tulopiireissä.



KUVA 64. Mosfetin piirrosmerkki



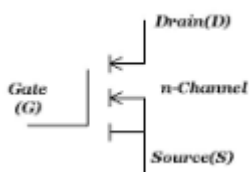
KUVA 65. Mosfet (westfloridacomponents.com)

#### JFET

JFET-transistoria käytetään nopeutensa vuoksi kytkin toiminnoissa. Sitä käytetään myös vahvistimien etuasteissa

#### IGBT-Transistori

IGBT-transistoreita (kuva 66.) käytetään kytkennöissä, joissa on suuria virtoja ja jännitteitä. IGBT-transistoria käytetään pienen ohjausvirran takia kytkin transistorina yksi- ja kolmivaihe kytkennöissä. Haiko 2014.



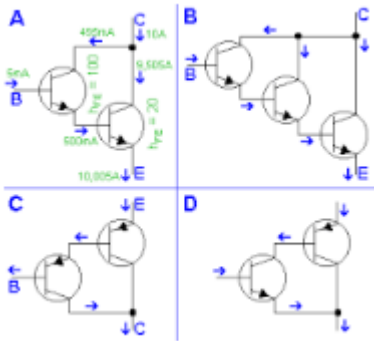
KUVA 66. IGBT-transistorin piirrosmerkki  
(fi.wikipedia.org)



KUVA 67. IGBT-transistori

## DARLINGTON-transistori

Darlington-transistorissa (kuva 68.) on kotelon sisään kytketty kaksi tai useampi transistori. Kytkenällä on tarkoitus saada suuri virtavahvistus. Kytkennän virtavahvistus on kunkin osavirtavahvistuksen tulo.



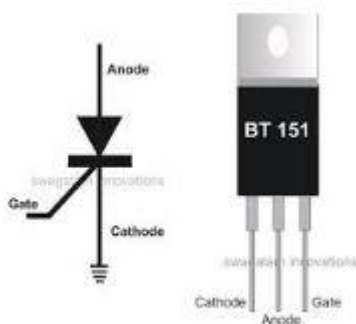
KUVA 68. Darlington kytkentöjä



KUVA 69. Darlington-transistori  
(fi.wikipedia.org)

Darlington kytkennän voi tehdä myös yksittäisillä transistoreilla.

## 2.2.4 TYRISTORI



KUVA 70. Tyristori (electronicshub.org)

Sähkön tehonsäädössä yleinen komponentti on tyristori (kuva 69.). Tyristori on komponentti, joka johtaa sähköä, tarvitsee erillisen virtapiikin, joka tuodaan komponentin hilalle. Virtapiikki tuodaan komponentin hilalle, jota piirrosmerkissä merkitään kirjaimella G (GATE). Tyristorin muut osat ovat

anodi (A) ja katodi (K). Tyristorin ohjausta kutsutaan myös liipaisuksi. Kun tyristori on liipaistu johtavaksi, se johtaa sähköä niin kauan, kunnes sen anodin ja katodin välinen jännite pienenee niin pieneksi, että tyristori lakkaa johtamasta. Tämä jännite on noin 1-2 voltia. Vaihtojännitteen ollessa kyseessä, tyristori ei johda jännitteen negatiivisella puolijaksolla vaan se sammuu ja se on liipaistava uudelleen puolijakson positiivisella osalla. Vaihtojännitteen positiivisesta osasta voidaan ottaa käyttöön haluttu osa liipaisemalla tyristori halutulla kohdalla johtavaksi. Tällä tavalla saadaan säädettyä haluttu sähköteho käyttöön. Ahonen, Haiko, Salonen 2016.

## **LÄHTEET**

Timo Haiko. 2014. Analoginen Elektroniiikka. 3-4 painos. Helsinki. Sanoma Pro Oy.

Jussi Ahonen, Timo Haiko, Keijo Salonen. 2016. Elektroniiikka. 1. painos. Helsinki. Sanoma Pro Oy

Kimmo Silvonen. Elektroniiikka ja puolijohdekomponentit. 2009. Helsinki. Otatieto.

Kimmo Silvonen. Sähkötekniikka ja piiriteoria. 2009. Helsinki. Otatieto.

Juha Aaltonen, Seppo Kousa, Jyrki Stor-Pellinen. Elektroniiikan perusteet. 2004. Helsinki. Limes ry.



