

# ALKEITA ELEKTRONIIKKAAN

Tämän pienen esityksen avulla yritetään saada oppilas ymmärtämään hieman sähkön ja elektronikan perussääntöjä, työvälineitä, työtapoja ja kytkentöjä. Et ole suuri mestari tämän jälkeen, mutta sinulla on hyvä lähtöasetelma, josta voit ponnistaa eteenpäin.

Tämä opetuspaketti on tehty PICAXE piirillä tehtäviä projekteja silmällä pitäen.

Katila & Bläuer 2006

# Sähköoppia ja elektroniikkaa opettelemaan ??

No niin... tässä sitä ollaan. Täysin uusi asia, jonka omaksumisen tiellä on hankalia esteitä. Käsitelläänpä niitä esteitä hieman. Sillä jokainen voi esteet ylittää mutta silti niistä on hyvä olla perillä, ettei niihin heti kompastuisi.

Asia, jota alamme opettelemaan on näkymätöntä. Sähköä ei näe, kuule tai maista. **KAIKKI** sähköön liittyvä on opittava päättelemään omassa päässä. Päättelyssä apuna toimivat mittalaitteiden antamat tulokset ja fysiikan lait.

Jotta voisi päätellä... on osattava **PALJON** perustietoutta, jonka perusteella voi tehdä ajatuksellista työtä omassa päässään. Elektroniikassa ja sähköopissa on vielä se paha puoli, että kaikki tieto liittyy kaikkeen muuhun tietoon. Jotain asiaa ei voi jättää välistä, koska silloin yleensä jää aukko, joka estää tuloksellisen ajatustyön.

Eli... Aluksi alan opettelu tuntuu täysin merkityksettömältä, koska omassa päässä on liian vähän tietoja. Niistä ei pysty rakentamaan toimivaa kokonaisuutta tai ajatusten ketjua. On vain jaksettava painaa eteenpäin ja eräänä päivänä homma kolahtaa paikalleen pääkopassa. **Tulee se upea AHAA elämys**. Ylitetään raja, jonka jälkeen huomaa miten palikoista yhdistelemällä saa aikaan jotain, joka toimii. **Toisilla tämä kestää kauemmin kuin toisilla !!! ja sehän syö miestä . . .**

Elämyksen jälkeen uuden oppimiseen tulee uutta merkitystä ja pystyy keskittymään tiettyyn itseä kiinnostavaan osa-alueeseen. Sitä ennen pitää pääkoppaan saada perustietous kohdalleen.

Nyt lähtee siis käyntiin se perustietouden siirtäminen pääkoppaan. Opettajanne on valinnut lähtökohdan, josta lähdetään kehittämään sähkö- ja elektroniikan tietoutta eteenpäin.

## Se koostuu:

- \* Fysiikan eri laista.
- \* Elektroniikan eri osista, niiden toiminnasta ja käytöstä.
- \* Elektroniikkaan liittyvistä laskuista.
- \* Mittalaitteiden käytöstä.
- \* Ohjelmoinnista.
- \* Mekaniikasta.
- \* Datalehdistä, jotka ovat aina englannin kielellä.
- \* jne...

**7.Ik** puuhataan perusjuttujen kanssa. Näkee onko kiinnostunut asiasta ollenkaan.

**8.Ik** hommaan tuodaan syvyyttä lisää ja eri osa-alueita tarkemmin. Esim... ohjelmointi.

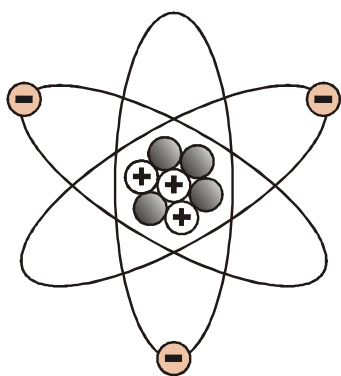
**9.Ik** tehdään jokin projekti, jossa on valmis ongelma ja siihen pitää kehittää ratkaisu elektroniikkaa hyväksi käyttäen. Lopussa kirjallinen raportti omasta työskentelystä.

# Mitä sähkö on?




**Ainoa asia, joka erottaa salaman ja staattisen sähkön aiheuttaman iskun toisistaan on määrä.**

Sähköä ei voi nähdä, kuulla tai tuntea. Sitä voi mitata ja teoreettisesti mietiskellä. Sähkön vaikutuksen näkee, lamppu palaa, moottori pyörii jne... Tärkeintä on kuitenkin kyky saada sähkö tekemään työtä ihmisen puolesta. Kun hallitsee teorian pystyy turvallisesti rakentamaan toimivia järjestelmiä. Sen takia on tärkeää tietää ja tuntea perusasiat hyvin. Jos voit "tuntea" sähkön, olet todella pahassa pulassa.

Sähkö on yksi olennainen osa maailmankaikkeutta ja sen rakennetta. Sen ymmärtämiseksi on tunnettava atomin rakennetta. Aineen pientä perusosasta.

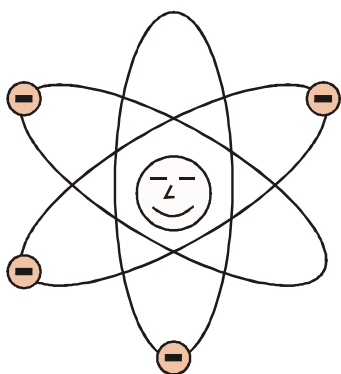


Tässä on **Litium** atomi, joka on kolmanneksi yksinkertaisin atomi. Litiumissa on 3 elektronia ja ytimessä 3 protonia ja 4 neutronia.

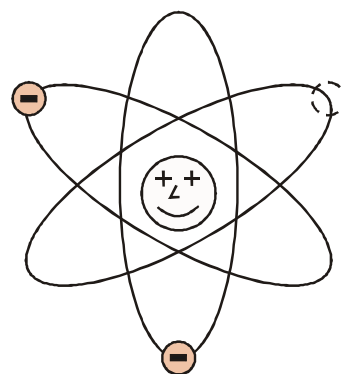
-  Elektroneilla on negatiivinen lataus.
-  Protoneilla on positiivinen lataus.
-  Neutroneilla ei ole sähköistä varausta.

Normaalisti atomilla on yhtä monta kappaletta elektroneja ja protoneita. Silloin atomin sähköinen varaus on nolla (0).

On kuitenkin mahdollista irrottaa atomista elektroneja tai liittää siihen ylimääräinen elektroni.



Kun atomiin lisätään yksi tai useampi elektroni tulee siitä negatiivinen ioni eli anioni.



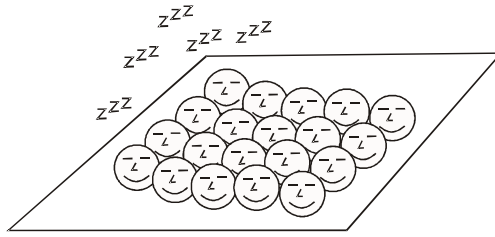
Kun atomista poistetaan yksi tai useampi elektroni tulee siitä positiivinen ioni eli kationi.

**Anioni luovuttaa helpolla ylimääräisen elektronin ja elektroni siirtyy kationiin puuttuvan elektronin paikalle. Tämän jälkeen molemmista atomeista on tullut varaukseltaan nollia.**

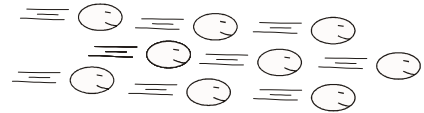
# Vapaat elektronit muodostavat siis liikkueessaan atomista toiseen asian, jota me kutsumme sähköksi.

## Vapaat elektronit -

! Voivat levätä pinnoilla...



! Tai matkata lähes valon nopeudella metallieissa, kaasuissa, nesteissä ja muissa sähköä johtavissa aineissa...



! Kun elektronit lepäävät kappaleen pinnalla on kappaleella silloin negatiivinen staattinen sähkövaraus.

! Kun kappaleen pinnalta poistetaan elektroneja on kappaleella silloin positiivinen staattinen sähkövaraus.

## Vapaasti liikkuvia elektroneja sanotaan sähkövirraksi

Vapaat elektronit liikkuvat aina ulkoisen sähkökentän pakottamina tiettyyn suuntaan. Negatiivinen kohti positiivista ja positiivinen kohti negatiivista. Kaksi samaa varausta olevaa kappaletta hylkivät toisiaan. Eri varaukset vetävät toisiaan puoleensa. Puhutaan sähköisestä vuorovaikutuksesta.

Elektronit liikkuvat negatiivisesta (-) navasta positiiviseen (+). Historiallisista syistä johtuen on sovittu, että sähkö liikkuu positiivisesta (+) navasta miinukseen (-). Puoli-johteen aukot liikkuvat tietenkin vielä päinvastaiseen suuntaan.

### Sähkövirran muodostavat:

- ! vapaat elektronit johteissa (yleensä metallit)
- ! ionit nesteissä ja kaasuissa
- ! elektronit ja aukot puolijohteissa

**Johde** = Ainetta jonka lävitse elektronit pääsevät helposti kulkemaan (yleensä metallit).

**Eriste** = Ainetta, jossa elektronit eivät pääse liikkumaan yhtään tai hyvin huonosti (muovi, kumi jne..)

**Puolijohde** = Seosaineilla tehty yhdiste, jossa vapaita elektroneja tai aukkoja haluttu suhteessa.



## **TÄRKEÄÄ !!**

**OPPIA AJATTELEMAAN SÄHKÖÄ TÄMÄN JÄLKEEN ELEKTRONIEN VIRTANA. KAIKKI SÄHKÖISET LAITTEET JA ILMIÖT PERUSTUVAT ELEKTRONIEN LIIKKEESEEN AINEESSA, JOSSA LIIKE ON MAHDOLLISTA.**

**Miten elektronit näissä tapauksissa saavat esineen toimimaan ?**

**! Paristo - luovuttaa energiaa ja tyhjenee ?**

Patterin sisällä kemiallinen reaktio tuottaa vapaita elektroneja. Vapaat elektronit liikkuvat - navasta + napaan. Jos elektronit eivät pääse liikkumaan ei myöskään tapahdu kemiallista reaktiota, joka elektroneja vapauttaa. Siksi paristo voi maata hyllyllä vuoden ja olla edelleen toimintakuntoinen.

**! Miksi hehkulamppu tuottaa näkyvää valoa ?**

Hehkulampun lasikuoren sisällä argonkaasun suojaamana on ohut Tungsteeni nimisestä metallista tehty hyvin ohut ja pitkä lanka. Kun langan läpi liikkuu vapaita elektroneja ne törmäävät ohuessa langassa atomeihin ja saavat langan kuumenemaan ja hehkumaan (2200 C<sup>0</sup>). Kun elektronit tönnähtävät atomeita ne kuumenevat ja joissakin atomeissa elektroni siirtyy samalla ylemmälle radalle. Atomi vetää samantien elektronin takaisin alemmalle radalle lähelle atomin ydintä ja samalla elektroni vapauttaa ylimääräisen energian fotonin muodossa. Osa näistä fotoneista on meille ihmisille näkyvää valoa.

**! Miksi sähköinen magneetti toimii ?**

Kun rautametallisen kappaleen ympärille kääritään sähköä johtavaa lankaa ja lankaan johdetaan sähkövirta. Tulee metallikappaleesta magneetti. Magneetti lopettaa toimintansa kun sähkövirta katkaistaan. Sähköä johdettaessa metallista johdinta pitkin muodostuu johtimen ympärille magneettikenttä. Tämän magneettikentän vaikutuksesta rautametallisen kappaleen kiderakenteessa olevat eri suuntiin osoittavat magneettikentät kääntyvät kaikki samaan suuntaan johtimessa olevan kentän kanssa.

**! Miksi sähkömoottori toimii ?**

Sähkömoottorissa on kolme ankkurikäämiä, jotka vuorotellen muuttavat magneettista napaansa suhteessa ulkokehällä oleviin kestopagneetteihin. Kun kaksi samaa varausta olevaa napaa on toistensa lähelle, työntävät ne toisiaan kauemmaksi. Kun napa ohittaa erinapaisen pään käännetään magneettien napaisuus päinvastaiseksi ja työntävä liike jatkuu yhtenäisenä.

**! Keksitkö lisää ?**

## **Mittayksiköt**

**Jotta jotain voidaan käyttää, suunnitella tai edes keskustella asiasta. On sitä pystyttävä myös mittaamaan ja vertaamaan. Näinhän se menee... Pituuden yksiköt. Painon yksiköt. Tilavuuden jne....**

# Jännite

Suure	Tunnus	Mittayksikkö	Tunnus
JÄNNITE	U	VOLTTI	V

**Jännite tarkoittaa kahden pisteen välistä eroa.**

Sähkössä käytetään termejä + positiivinen napa ja - negatiivinen napa tai maa. Jännite tarkoittaa näiden kahden pisteen välistä potentiaaliero. 1.5V on pieni ero, 12V on suurempi ja 40 000V on todella suuri ero.

Jännite voi olla tasajännitettä tai vaihtojännitettä. Tasajännite on käytössä paristoissa ja elektronisissa laitteissa ja vaihtovirtaa käytetään sähkön siirtoverkossa ja laitteissa, jotka tekevät raskasta työtä. Vaihtojännitteen napaisuus vaihtelee jatkuvasti.

Jos jännitelähteen navat kytketään suoraan yhteen on seurauksena oikosulku.

**OIKOSULKU ON TUHOISAA LAITTEELLE JA JÄNNITELÄHTEELLE!**

**Suuri jännite on vaarallista!  
Esim. Pistorasiassa  
jännite on 230V**

## **PALJONKO JÄNNITETTÄ ?**

AAA-paristo (sormiparisto) **1,5V**

IC-piiri **5V**

Henkilöautossa **12V**

Kuorma-autossa **24V**

Pistorasiassa **230V**

Tietokoneessa **5V** ja **12V**

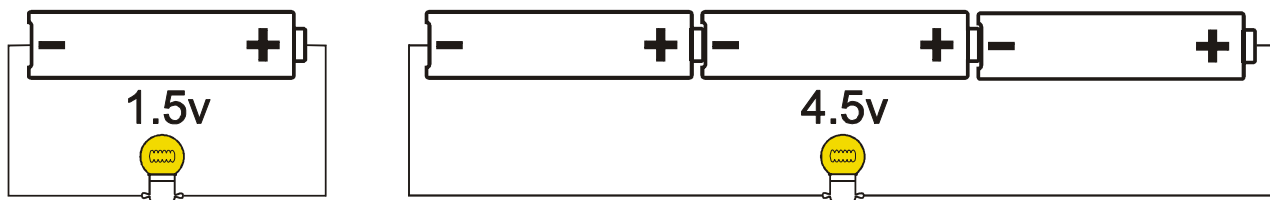
Sytytystulpassa **15 000V**

Voimansiirtolinjassa **20 000V**

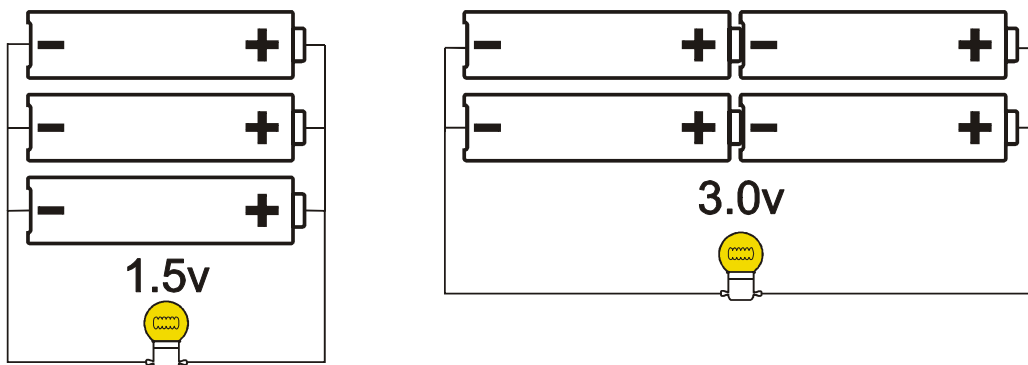
Todella isoissa voimansiirtolinjoissa **220 000V**

## Rinnan- ja sarjaankytkentä

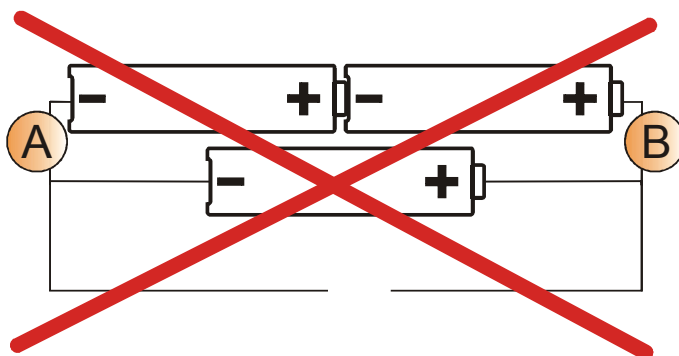
Sarjaan kytkettäessä paristojen jännitteet lasketaan yhteen.



Rinnan kytkettäessä paristojen jännite pysyy samana, mutta sähkövirtaa riittää pidemmäksi aikaa.



Sekakytkennät ovat kiellettyjä. Jännitteiden epätasapaino kohdissa A ja B.



Oikosulku on jännitelähteen + ja - napojen yhdistyminen ilman välissä olevaa kuormaa.



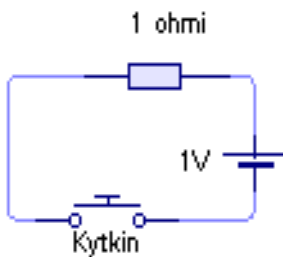
# Virta

Suure	Tunnus	Mittayksikkö	Tunnus
VIRTA	I	AMPEERI	A

Virta kertoo johtimessa liikkuvan sähkövirran määrän.  
Miten paljon elektroneja pyyhältää mittapisteen ohi.

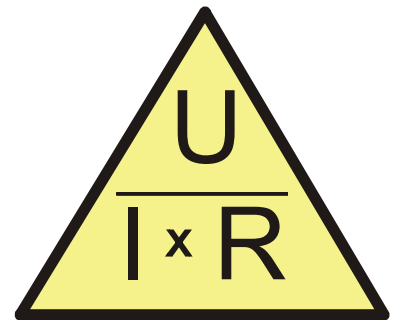
Yksi ampeeri on 6 250 000 000 000 000 000 elektronin liike mittapisteen ohi yhden sekunnin aikana. Eli  $6,25 \times 10^{18}$ .

Virran määrää rajoittaa resistanssi. Eli mitä suurempi resistanssi (vastus) virtapiirissä on, sitä pienempi virta siinä kulkee. Virran, jännitteen ja resistanssin suhde on seuraavan kaltainen.



Jos sähköjohtimessa kulkee yhden voltin jännite ja siihen on kytketty yhden ohmin vastus, niin vastuksen läpi kulkee yhden ampeerin virta.

## OHMIN LAKI - TAIKAKOLMIO



Jännitteen  $U$ , virran  $I$  ja resistanssin  $R$  suhde toisiinsa voidaan laskea Ohmin lain avulla. Peitä haluamasi arvo niin jäljelle jää tarvitsemasi kaava.

### VIRTA VOIDAAN LASKEA KAAVASTA

$$I = \frac{U}{R}$$

$$\text{Virta} = \frac{\text{Jännite}}{\text{Vastus}}$$

### JÄNNITE VOIDAAN LASKEA KAAVASTA

$$U = R \times I \quad \text{Jännite} = \text{Vastus} \times \text{Virta}$$

### VASTUS VOIDAAN LASKEA KAAVASTA

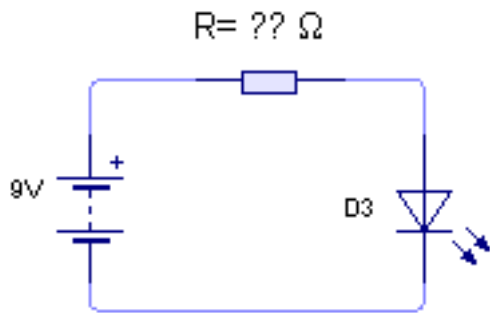
$$R = \frac{U}{I}$$

$$\text{Vastus} = \frac{\text{Jännite}}{\text{Virta}}$$



# Etuvastuksen laskeminen

Jos ledi kytketään suoraan 9V jännitelähteeseen tuhoutuu se välittömästi. Sen eteen on laitettava vastus, joka estää liiallisen virran kulkemisen ledin läpi.



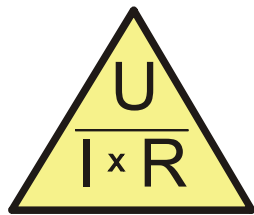
Ledin väri	Kynnysjännite ja virran kesto
Punainen	1.6V 20mA
Oranssi	2.2V 20mA
Keltainen	2.1V 20mA
Vihreä	2.2V tai 3.4V 20mA
Sininen	4-5V 20mA
Valkoinen	3.6V 20mA

Suuntaa antavia arvoja ledeille. Tarkista aina valmistajan antamat lukemat. Kynnysjännite on raja, jonka jälkeen ledi alkaa loistamaan.

1. Ledin kynnysjännite vähennetään virtapiirissä olevasta jännitteestä. Jäljelle jää vastuksen yli vaikuttava jännitehäviö.

$$9V - 2V = 7V$$

2. Taikakolmiosta peitetään haluttu arvo R ja jäljelle jää...



$$\frac{U}{I} \Rightarrow R = \frac{U}{I}$$

3. Sijoita arvot kaavaan. U arvo on vastuksen yli vaikuttava jännitehäviö eli 7V.

$$R = \frac{7V}{0,02A} = 350\Omega$$

4. Lähin E12 sarjan vastus on **390Ω**, joten laitetaan se. Kannattaa aina valita lasketusta arvosta isompi vastus.

# Resistanssi

Suure	Tunnus	Mittayksikkö	Tunnus
RESISTANSSI	R	OHMI	$\Omega$

Aineen taipumus vastustaa elektronien liikettä itsensä lävitse.

Vain subrajohteen resistanssi on nolla. Muut aineet estävät aina elektronien liikettä lävitseen. Johtimet (metallit) vähiten. Muut aineet enemmän tai vähemmän. **Vastuksella**, jonka resistanssi tiedetään, voidaan pudottaa jännitettä ja virtaa. Elektronien kitka muuttuu vastuksessa osaltaan lämmöksi. Muista valita siis aina tehonkestoltaan oikea vastus.

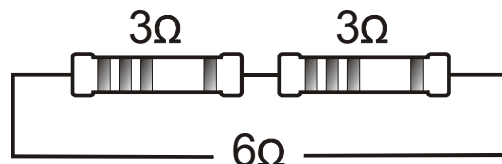
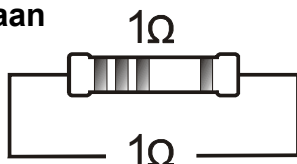
Vastuksen piirrosmerkki =



Vastukseen merkitään arvot värikoodeilla.

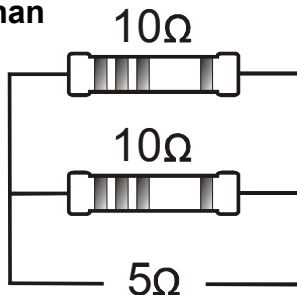
Vastuksia voidaan kytkeä rinnan tai sarjaan. Niitten yhteenlaskettu arvo lasketaan seuraavasti:

Sarjaan



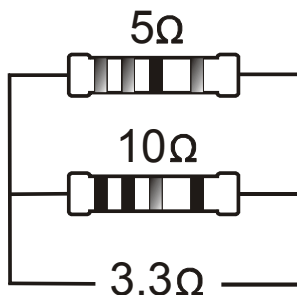
$$3\Omega + 3\Omega = 6\Omega$$

Rinnan



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{10\Omega} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{2}{10} \Rightarrow$$

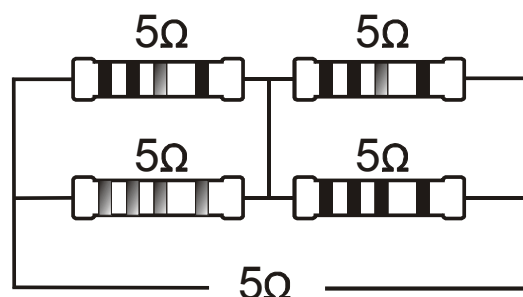
$$\frac{R}{1} = \frac{10}{2} \Rightarrow R = 5\Omega$$



$$\frac{1}{R} = \frac{1^2}{5} + \frac{1}{10} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{2}{10} + \frac{1}{10} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{R} = \frac{3}{10} \Rightarrow \frac{R}{1} = \frac{10}{3} \Rightarrow R = 3.33\Omega$$

Useampi vastus kuin kaksi rinnankytkennässä... Pitää ensin miettiä laskujärjestystä.



$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \text{ jne..}}$$

## Vastuksiin merkitään arvot värikoodeilla

Väri	1. värirengas	2. värirengas	3. värirengas eli nollien mää-	4. väriren- gas
musta	0	0	-	20 %
ruskea	1	1	0	
punainen	2	2	00	20 %
oranssi	3	3	000	
keltainen	4	4	0000	
vihreä	5	5	00000	5 %
sininen	6	6	000000	
violetti	7	7	0000000	
harmaa	8	8	0.01	
valkoinen	9	9	0.1	10 %
kulta			0.1	5 %
hopea			0.01	10 %
ei väriä				20 %

### Mikä vastus ?

#### E-sarja

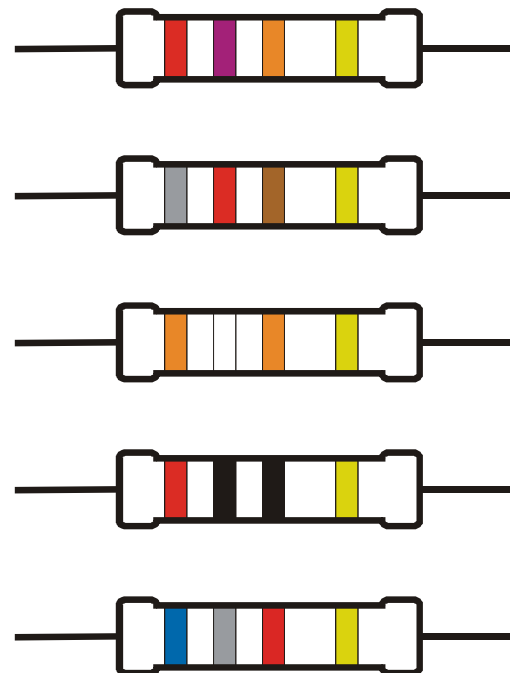
Jotta vastuksia ei jouduttaisi tekemään jokaiselle ohmimäärälle omaansa, on olemassa niin kutsuttu E-sarja. Tästä taulukosta pystyy hakemaan lähimmän olemassa olevan vastuksen. Yleisin on E12-sarja, joka määrittelee, että yhdessä dekadissa on 12 eri vastusarvoa. Dekadi tarkoittaa arvon kymmenkertaistumista.

Esimerkiksi 10:stä 100:an.

**10 12 15 18 22 27**  
**33 39 47 56 68 82**

Todellisia vastusarvoja vastaavat arvot saat siirtämällä pilkun paikkaa. Esim 0.15Ω, 1.5Ω, 15Ω, 150Ω, 1500Ω eli 1,5KΩ jne.

Eli jos haluat löytää lasketulle arvolle 175Ω lähimmän vastaavan, kerrot taulukon arvot 10:llä. Täten lähin vastaava on 180Ω.



# Kapasitanssi

Suure	Tunnus	Mittayksikkö	Tunnus
KAPASITANSSI	C	FARADI	F

**Aineen kyky varata itseensä sähköinen lataus.  
Kondensaattori varastoi elektroneja.**

Yksi faradi on todella suuri yksikkö. Yleensä käytetään aina sitä pienempiä mittayksiköitä. Mikroa, nanoa ja pikoa.

Kondensaattori ei läpäise tasasähköä, mutta päästää lävitseen vaihtosähköä sitä paremmin mitä suurempi on vaihtosähkön taajuus tai käytetyn kondensaattorin kapasitanssi. Todella suuret taajuudet pääsevät kondensaattorin lävitse.

## Kondensaattoria käytetään:

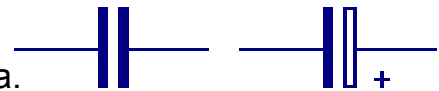
- ! Sähkön lyhytaikaiseen varastointiin
- ! Jännitevaihteluiden tasaamiseen verkkolaitteissa
- ! Taajuuksien suodattamiseen esim. Kaiuttimien jakosuotimissa tai tasasähkön poistoon signaalista vahvistinlaitteissa.

## Kondensaattoreita on kahta päätyyppiä:

- ! Kuivat kondensaattorit, joilla ei ole napaisuutta
- ! Elektrolyyttikondensaattorit, joilla on plus- ja miinusnapa. Tärkeä muistaa kytkettäessä.

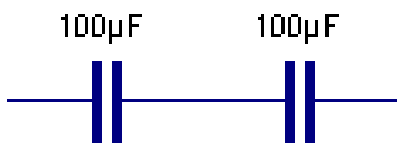
Piirrosmerkkeinä käytetään:

Kondensaattorin arvo merkitään numeroilla tai värikoodilla.



Kondensaattoreita voidaan kytkeä rinnan ja sarjaan. Niitten arvot lasketaan seuraavasti:

### Sarjaan

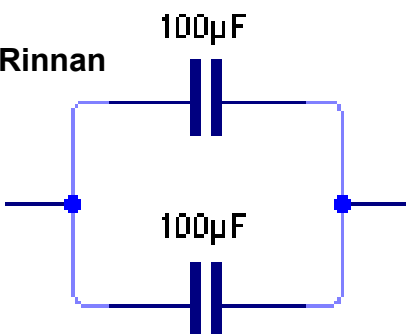


$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \Rightarrow C = \frac{1}{\frac{1}{100\mu F} + \frac{1}{100\mu F}} \Rightarrow$$

$$C = \frac{1}{0.01\mu F + 0.01\mu F} \Rightarrow C = \frac{1}{0.02\mu F} \Rightarrow$$

$$C = 50\mu F$$

### Rinnan



$$C = C_1 + C_2 \Rightarrow C = 100\mu F + 100\mu F \Rightarrow$$

$$C = 200\mu F$$

# Induktanssi

Suure	Tunnus	Mittayksikkö	Tunnus
INDUKTANSSI	L	HENRI	H

**Induktanssi on kelan taipumus vastustaa sähkökentän muutosta vaihtovirtaa käytettäessä.**

Kun elektronit kulkevat sähköjohtimessa, muodostavat ne ympärilleen magneettikentän. Induktanssi havaitaan selvimmin vaihtovirran kanssa, koska siinä napaisuus vaihtelee jatkuvasti edestakaisin.


Kela on rullalle käämittyä kuparilankaa. Kelan sydän voi olla rautainen, magneettinen tai pelkkää ilmaa. Vaihtosähköisessä piirissä kela toimii suodattimena tai muuntajana ja tasavirtapiirissä se vain luo ympärilleen magneettikentän.

## Kelaa käytetään:

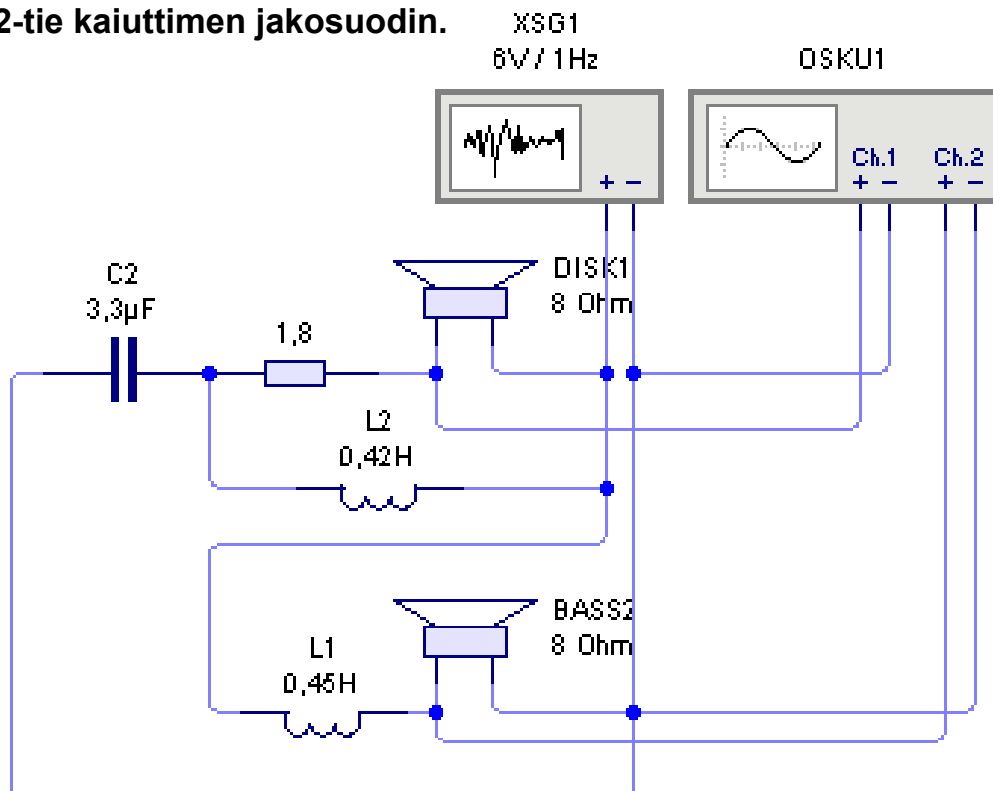
- ! Radion virityskomponentteina
- ! Häiriönpoistokelana
- ! Kaiuttimen jakosuotimessa -  
läpäisee matalat taajuudet mutta ei korkeita.



Ilmasydäminen kela

Piirrosmerkki on: 

## Alakuvassa 2-tie kaiuttimen jakosuodin.



# Teho

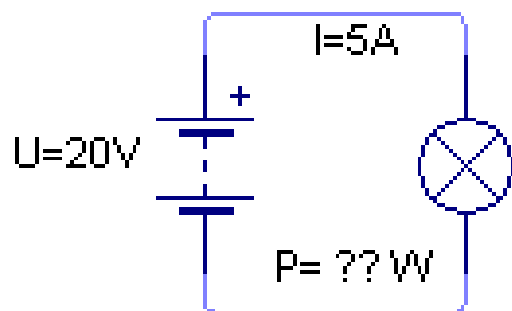
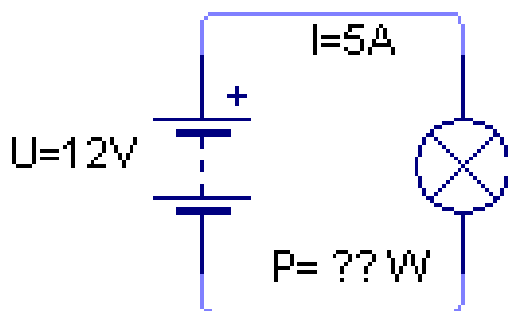
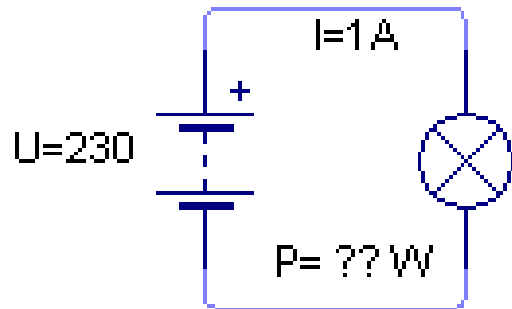
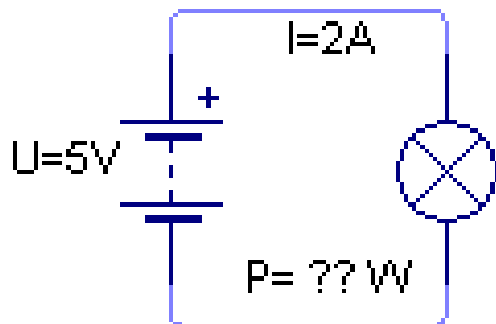
Suure	Tunnus	Mittayksikkö	Tunnus
TEHO	P	WATTI	W

Kuvaa laitteen kuluttaman sähkötehon määrää muuttaessaan sähköä mekaaniseksi työksi ja lämmöksi. Teho syntyy jännitteen ja virran yhteisvaikutuksesta.

Esim. jos 1000W (1KW) sähkölämmitin on päällä yhden tunnin, niin sähköä on kulunut 1KWh.

Teho syntyy jännitteen ja virran yhteisvaikutuksesta.  
Teho voidaan laskea kaavasta.

$$P = U \times I$$



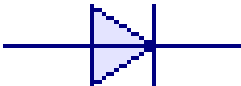


# Diodi

Diodi päästää sähkövirran kulkemaan lävitseen vain yhteen suuntaan. Nuolen osoittamaan suuntaan. Diodin läpi kulkiessaan jännite kuitenkin laskee n. 0.7V. Kun diodi valitaan, on sillä oltava riittävän suuri jännitteen ja virran kesto.

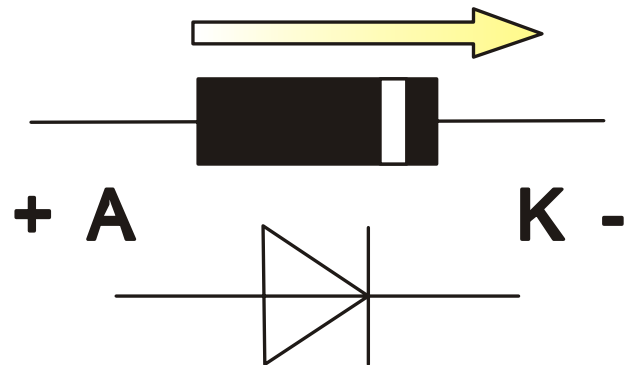
Diodia käytetään:

- ! Estämään jännitteen kulku väärään suuntaan.
- ! Pudottamaan jännitettä hieman. Esim. 6V jännitteestä 5.3V IC-piirin johdosta.
- ! Vaihtovirrasta (esim. verkkovirtaan kytketyn muuntajan) voidaan tehdä tasasuuntausdiodien avulla tasavirtaa.

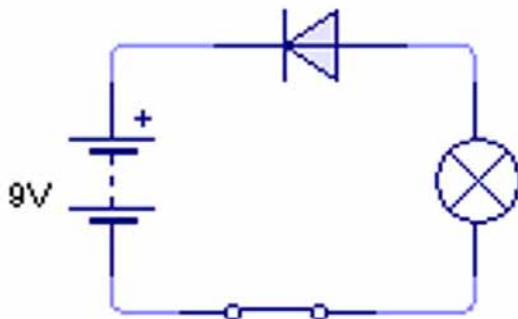
Diodin piirrosmerkki: 

Diodiin merkitään aina jollakin tavalla katodin merkki. Se on valkoinen nauha tai esim. ledissä viistetty kupu ja lyhyempi jalka.

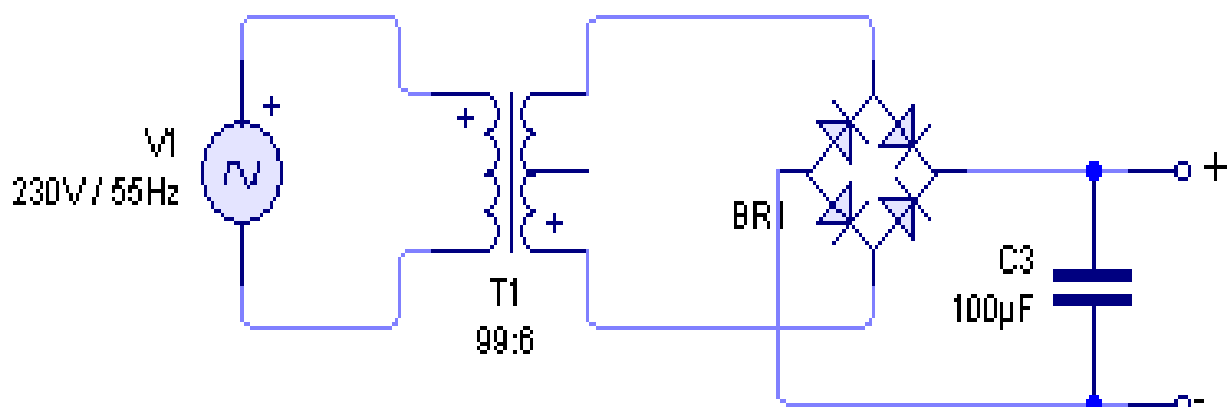
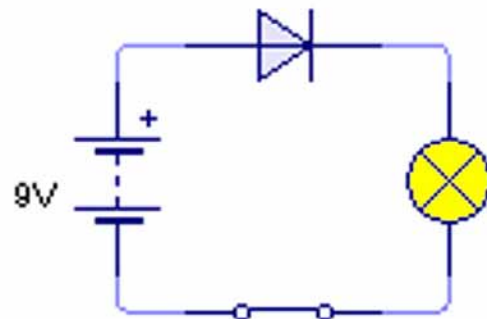
A = anodi  
K = katodi



**Estosuuntaan**



**Myötäsuuntaan**



# Transistori

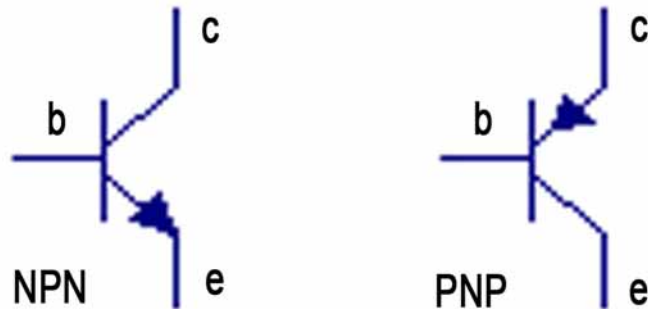
Transistori syntyi 1947 Bellin laboratoriossa Yhdysvalloissa. Sen jälkeen siitä on tullut kaikkein keskeisin komponentti elektronisten laitteiden valmistuksessa.

Transistori voi toimia kytkimenä tai säätimenä. Kollektorilta-Emitterille kulkevaa suurta jännitettä voidaan ohjata päälle ja pois, antamalla kannalle pienempi ohjaava jännite.

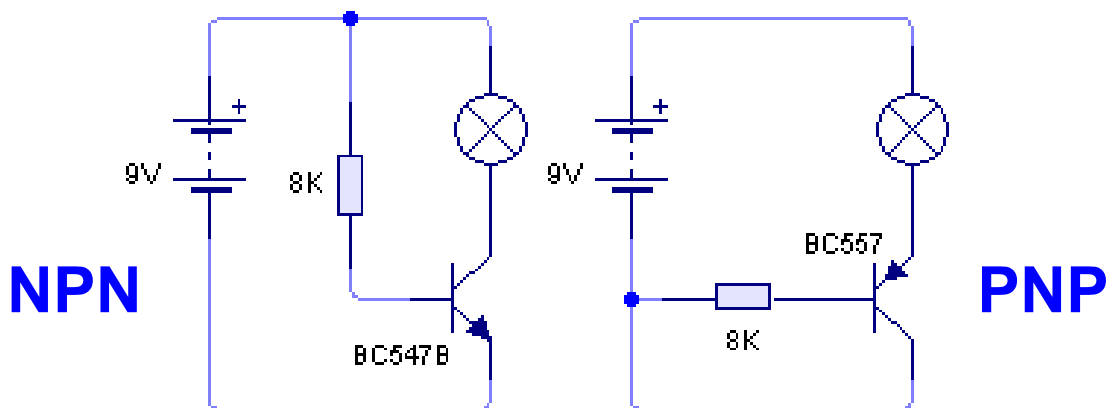
**NPN**-tyyppisessä (negatiivinen-positiivinen-negatiivinen) transistorissa ohjaava jännite on positiivinen, kannalle tuodaan elektroneja.

**PNP**-tyyppisessä transistorissa ohjaava jännite on myös positiivinen, mutta siinä kannalta imetään pois elektroneja.

**c** - kollektori (collector)  
**b** - kanta (base)  
**e** - emitteri (emitter)



## TRANSISTORI ESIMERKKI



## “MEHUKONEEN” TOIMINTA

Kollektorille tulee puhdasta vettä ja emitteriltä lähtee valmista mehua. Mehutiivistettä on siis syötettävä kannalta. Jos ei anneta tiivistettä kannalta ei mehua myöskään tule ulos emitteriltä. Valmiin mehun (läpikulkevan sähkövirran) määrä on riippuu siitä paljonko mehutiivistettä kannalta annetaan. Mehutiivisteiden määrää rajoitetaan vastuksen avulla. Sekoitussuhde on esimerkiksi BC547:llä 1:110.

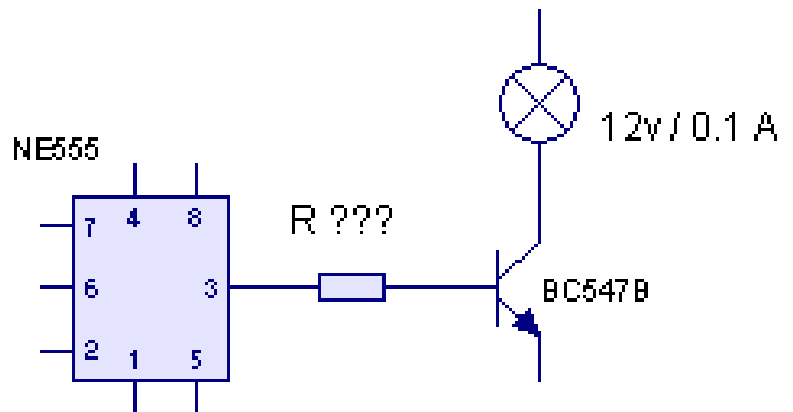
1 osaa mehua ja 110 osaa vettä. Lukua 110 voidaan myös kutsua virtavahvistuskertoimeksi, eli  $H_{fe}$ .

# Transistorin kannan etuvastuksen laskeminen V1

Transistorityyppi	Vahvistuskerroin (Hfe)	I max	V <sub>be</sub>
BC547	min 110	0.1 A	0.7V
BC557B	min 220	0.5 A	0.7V
BD649	min 750	8 A	2.5V
TIP31C	min 10	3 A	1.8V

Transistorin tärkeimmät tiedot löytyvät **DATASHEET** stä. Se on komponentin valmistajan tekemä dokumentti, jossa kerrotaan komponentista tärkeimmät asiat.

Tällä kaavalla ei rajoiteta transistorin läpi kulkevaa virtaa vaan varmistetaan, että transistori on kytketty täysin auki/päälle.



## MIETTÄVÄÄ:

1. Suuriko on transistorin läpi menevä virta ja jännite?
2. Suuriko virta pitää mennä transistorin kannalle (base) ?
3. Suuriko vastus kannalle tulee laittaa ? (IC-piirissä käytetään 5V jännitettä)

## VASTAUS:

1. Transistorin kantavastus lasketaan seuraavasta kaavasta. Virrankesto kuvaa lampun läpi kulkevaa virtaa, joka on 0.1A, kun se on kytketään 12V:iin.

$$I_{kanta} = \frac{I_{virrankesto}}{H_{FE}} \Rightarrow \frac{0.1A}{110} = 0.0009A$$

2. Etuvastuslaskun kaava.  $V_{BE}$  on 0,7V, joka tulee transistorin sisäisestä rakenteesta. Kaikki transistorit koostuvat periaatteessa kahdesta diodiparista.

$$R_{etu} = \frac{V_{kanta} - V_{BE}}{I_{kanta} \times 2} \Rightarrow \frac{5V - 0,7V}{0.0009 \times 2} \Rightarrow \frac{4,3V}{0,0018} = 2389\Omega$$

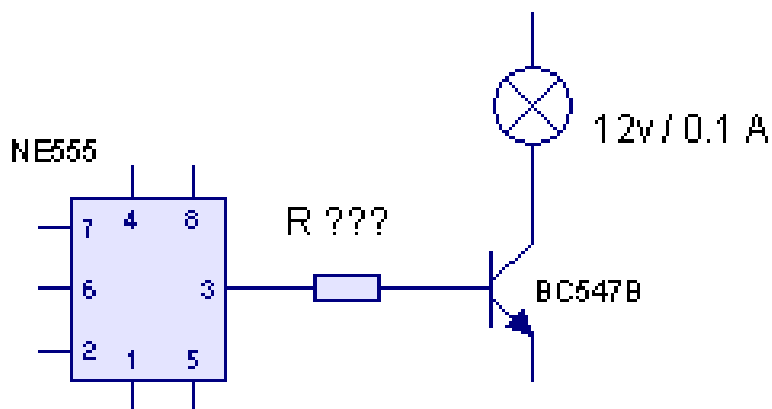
3. Vastus on **2389Ω**. Lähin **E12** sarjainen vastus on **2200Ω** eli **2.2KΩ**.

# Transistorin kannan etuvastuksen laskeminen V2

Transistorityyppi	Vahvistuskerroin (Hfe)	I max	V <sub>be</sub>
BC547	min 110	0.1 A	0.7V
BC557B	min 220	0.5 A	0.7V
BD649	min 750	8 A	2.5V
TIP31C	min 10	3 A	1.8V

Transistorin tärkeimmät tiedot löytyvät **DATASHEET** stä. Se on komponentin valmistajan tekemä dokumentti, jossa kerrotaan komponentista tärkeimmät asiat.

Tällä kaavalla rajoitetaan transistorin läpi kulkevaa kollektorivirtaa. Tässä tapauksessa lampun läpikulkevaa virtaa



## MIETITTÄVÄÄ:

1. Suuriko on transistorin läpi menevä virta ja jännite?
2. Suuriko virta pitää mennä transistorin kannalle (base) ?
3. Suuriko vastus kannalle tulee laittaa ? (IC-piirissä käytetään 5V jännitettä)

## VASTAUS:

1. Kannalle menevä virta tulee olla sadaskymmenesosa (BC547 Hfe=110) lampun läpimenevästä virrasta. Tässä esimerkissä lampun läpi halutaan kulkevan 0.1A:n virta. Jos haluat että lamppu on himmeämpi, tulee käyttää pienempää virtaa.

$$I_{kanta} = \frac{I_{virrankesto}}{H_{FE}} \Rightarrow \frac{0.1A}{110} = 0.0009A$$

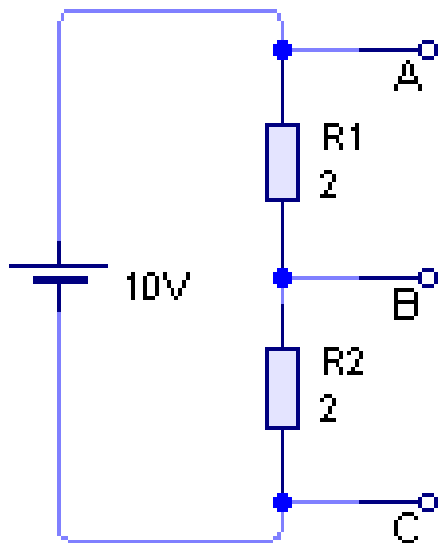
2. Etuvastuslaskun kaava. V<sub>BE</sub> on 0,7V, joka tulee transistorin sisäisestä rakenteesta. Kaikki transistorit koostuvat periaatteessa kahdesta diodiparista.

$$R_{etu} = \frac{V_{kanta} - V_{BE}}{I_{kanta}} \Rightarrow \frac{5V - 0,7V}{0.0009} \Rightarrow \frac{4,3V}{0,0009} = 4777.777\Omega$$

3. Vastus on **4777.777Ω**. Lähin **E12** sarjainen vastus on **4700Ω** eli **4.7KΩ**.

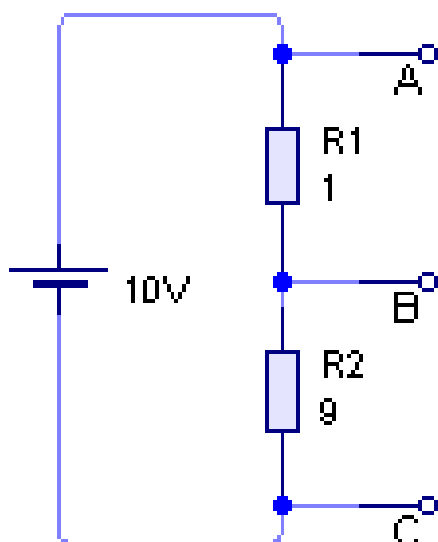
# Jännitejako

Jännite jakautuu virtapiirissä vastusten arvojen suhteen mukaan. Tätä laskutoimitusta tarvitaan usein elektroniikassa.



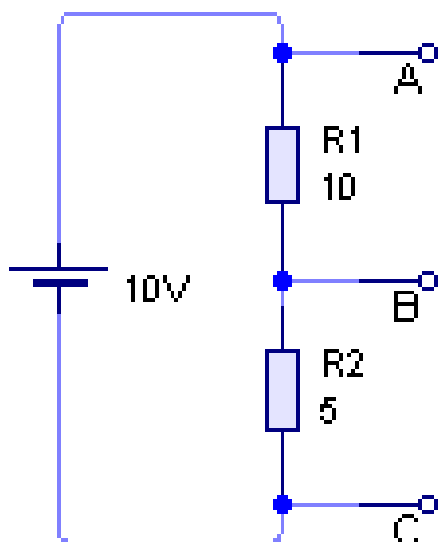
$$U_{ulosAB} = U_{sisään} \times \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \Rightarrow$$

$$U_{AB} = \frac{2\Omega}{2\Omega + 2\Omega} \times 10V \Rightarrow U_{AB} = 5V$$



$$U_{ulosAB} = U_{sisään} \times \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \Rightarrow$$

$$\frac{1\Omega}{1\Omega + 9\Omega} \times 10V = 1V$$



$$U_{ulosBC} = U_{sisään} \times \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \Rightarrow$$

$$U_{BC} = \frac{5\Omega}{10\Omega + 5\Omega} \times 10V = U_{BC} = 3,3V$$

## Mittayksiköitä

Nimitys	Lyhenne	Kymmenpotenssi
Tera	T	$10^{12} = 1000000000000$
Giga	G	$10^9 = 1000000000$
Mega	M	$10^6 = 1000000$
Kilo	k	$10^3 = 1000$
Hehto	h	$10^2 = 100$
Deka	da	$10^1 = 10$
<b>PERUSARVO</b>		1
Desi	d	$10^{-1} = 0.1$
Sentti	c	$10^{-2} = 0.01$
Milli	m	$10^{-3} = 0.001$
Mikro	$\mu$	$10^{-6} = 0.000001$
Nano	n	$10^{-9} = 0.000000001$
Piko	p	$10^{-12} = 0.000000000001$

## Kertaus

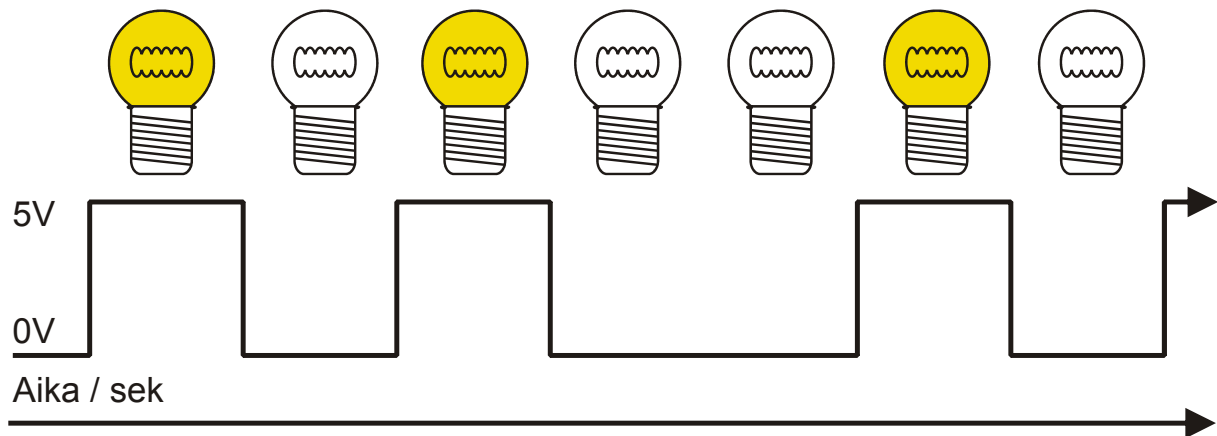
Suure	Tunnus	Mittayksikkö	Tunnus
JÄNNITE	U	VOLTTI	V
VIRTA	I	AMPEERI	A
RESISTANSSI	R	OHMI	$\Omega$
KAPASITANSSI	C	FARADI	F
INDUKTANSSI	L	HENRI	H
TEHO	P	WATTI	W



# Signaali

Signaali on menetelmä tiedon tai informaation välittämiseksi ja tallentamiseksi. Me ihmiset käytämme puheeksi ja kirjoitukseksi kutsuttuja signaalijärjestelmiä. Elektronikassa sellainen hienostuneisuus ei ole mahdollista. Siellä on käytössä vain sähköisen varauksen kaksi eri tilaa. Varaus tai ei varausta.

Kuvan sähkölamput ovat alkeellinen tapa välittää tietoa. Kun lamppu palaa on 5V jännite. Kun lamppu ei pala, jännite on 0V. **Vaihtuvia jännite-eroja kutsutaan signaaliksi.** Signaalin avulla välitetään tietoa.

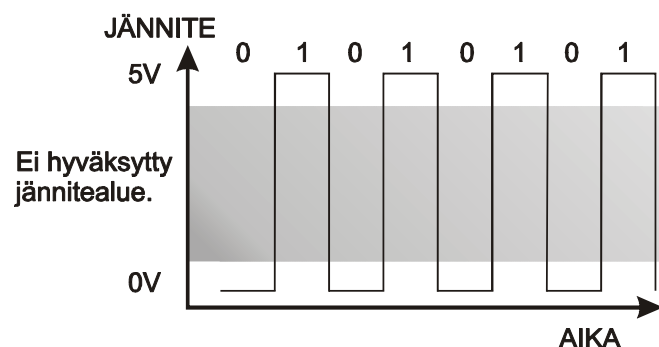
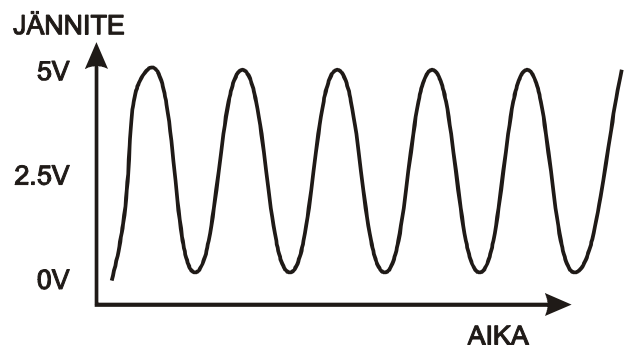


## Analoginen signaali ja digitaalinen signaali ?

Kun puhumme signaalista voimme tarkoittaa analogista tai digitaalista signaalia. Niitten välillä on kuitenkin suuri ero.

Analoginen signaali on yleensä vaihtuvamuotoinen aaltoliike, joka koostuu jännitevaihteluista.

Esimerkiksi signaalin huippu voi olla 5V ja pohja 0V. Silloin signaali pitää sisällään kaikkia erilaisia jännitteitä. Vaikka 3.56V tai 1.98V.



Digitaalinen signaali koostuu vain 0 ja 1 merkeistä. 1 merkitsee samaan kuin 5V ja 0 merkitsee samaa kuin 0V. Kaikki muut jännitealueet rajataan pois virhetiloina. Tietokoneet ja muut digitaaliset laitteet on helppo tehdä kun käytössä on vain kaksi eri signaalitasoa.

Digitaalista signaalia tarkoittavat kaikki nämä termit:

**Tila = 1 = 5V = high = On = päällä**  
**Tila = 0 = 0V = low = Off = pois päältä**

# Merkkijärjestelmistä, joilla elektroniikassa välitetään ja varastoidaan tietoa

## Kymmenjärjestelmä

On se järjestelmä, jolla opimme laskemaan peruskoulussa. 1, 2, 3, 4, 5, 6 jne.... Se ei vain sovellu elektroniikassa käytettäväksi. Siksi on kehitetty muita lukujärjestelmiä.

## Binaarijärjestelmä

Binaarijärjestelmä on lukujärjestelmä, jonka kantaluku on 2. Koska binaarijärjestelmän kantaluku on 2 riittävät numerot/symbolit/varaustila 0 ja 1 esittämään mitä tahansa lukua. Binaariaakkoston symboleista käytämme nimeä bitti. Tyypillisiä vastineita 0- ja 1-biteille ovat jännite-erot (+ ja -) tai virtatilat, kytkin auki tai kiinni. Binaarijärjestelmää käytetään vain tietokoneen sisäisessä arkkitehtuurissa. Syötteissä ja tulosteissa aakkoston symbolit koodataan kiinteämittaisilla bittiyhdistelmillä, josta käytetään nimeä tavu (8 bittiä) tai sana (16 tai 32 bittiä). Binaarikoodi esitetään yleensä siten, että eniten merkitsevä bitti on vasemmalla ja vähiten merkitsevä oikealla.

Binaarijärjestelmä luetaan oikealta vasemmalle.								
Binaariluku				1	0	1	1	0
Kertoimet	128	64	32	16	8	4	2	1
2-kertoimet	$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$

Mikä on binaariluku **10110**? Voimme laskea yhteen  $16+4+2=22$  tai voimme laskea  $2^4+2^2+2^1=22$ .

Eräs yleinen tapa käsitellä binaarikoodeja on muuttaa ne sellaisiksi koodeiksi, joiden kantaluku on 8 tai 16. Tällä tavalla saavutetaan tiiviimpi esitysmuoto myös niille binaarikoodeille, joille ei ole tulostuvaa vastinetta. Jos kantaluku on 8 puhumme oktaalikoodista, ja jos kantaluku on 16 puhumme heksadesimaalikoodista.

## Heksadesimaalijärjestelmä

Heksadesimaaliesityksessä kantaluku on 16, jolloin käytössä ovat numerot 0,...,9 ja kirjaimet A,B,C,D,E,F, jossa kirjain A vastaa lukua 10, B lukua 11 jne. Binaariluvut muutetaan heksadesimaalimuotoon siten, että binaariluku ryhmitellään neljän bitin ryhmiin aloittaen vähiten merkitsevästä osasta ja laskemalla kullekin ryhmälle heksadesimaaliset vastineet.

Tiedostot tallennetaan tietokoneen muistiin tavunmittaisina binaarilukuina, jotka tulostuvat heksalukuina. Heksalukuja tarvitset esim. kun ohjaat PICAXElla LCD-näyttöä. Skandinaaviset kirjaimet pitää ilmoittaa heksoina.

kymmenjärjestelmä	binaari	heksa
206	1100 1110	C E

Desim.	Heksa.
1	01
2	02
3	03
4	04
5	05
6	06
7	07
8	08
9	09
10	0A
11	0B
12	0C
13	0D
14	0E
15	0F
16	10

# NUMEROITA ERI LUKUJÄRJESTELMISSÄ

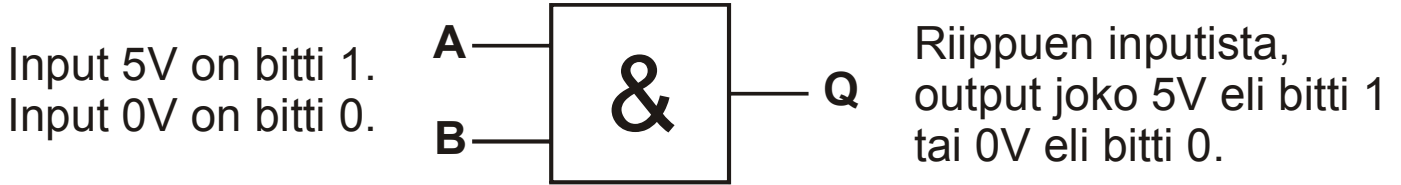
Luku	Binaari	Oktaali	Heksa	Luku	Binaari	Oktaali	Heksa
0	0000	00	00	16	10000	20	10
1	0001	01	01	17	10001	21	11
2	0010	02	02	18	10010	22	12
3	0011	03	03	19	10011	23	13
4	0100	04	04	20	10100	24	14
5	0101	05	05	21	10101	25	15
6	0110	06	06	22	10110	26	16
7	0111	07	07	23	10111	27	17
8	1000	10	08	24	11000	30	18
9	1001	11	09	25	11001	31	19
10	1010	12	0A	26	11010	32	1A
11	1011	13	0B	27	11011	33	1B
12	1100	14	0C	28	11100	34	1C
13	1101	15	0D	29	11101	35	1D
14	1110	16	0E	30	11110	36	1E
15	1111	17	0F	31	11111	37	1F

Harjoitellaan muutoksia		
MUUTA	Binaari	Heksa
3		
7		
11		
34		
156		
123		
235		

# Loogiset operaatiot

Loogisten operaatioiden avulla pystytään elektroniikassa asettamaan ehtoja ja sääntöjä. Kun kaksi tai useampi input (esim. A ja B) on asetettu loogisen piirin vaatimalla tavalla, vasta sitten output (Q) muuttaa tilaansa. Loogisella piirillä voi olla kaksi perustilaa. Signaali (5V) tai ei signaalia (0V) eli bitti on 1 tai 0.

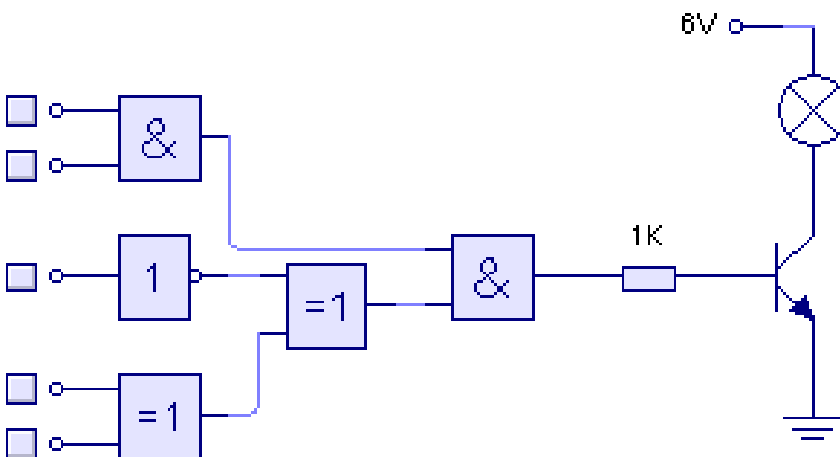
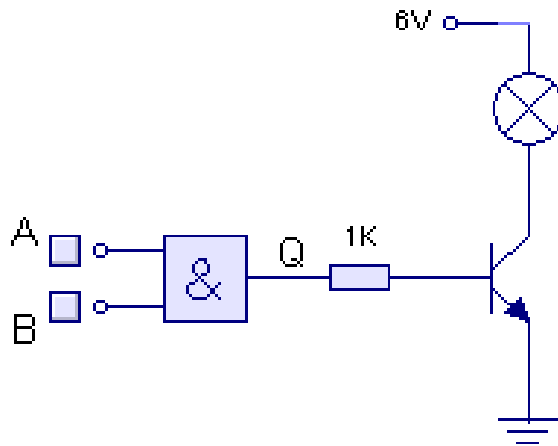
Tulomuuttuja/Input      Lähtömuuttuja/output



Ajatellaan yksinkertaista piiriä, jossa haluamme tietää koska molemmat ovet A ja B ovat kiinni. Esim. AND piirissä kumpikin input (A ja B) pitää olla "1" tilassa, jotta output (Q) asettuu "1" tilaan. Loogisten piirien ehdot näet kyseisen piirin totuustauluista.

Totuustaulukko AND-piiri

A	B	Q = A×B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

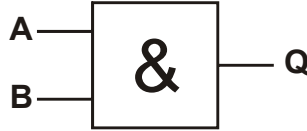
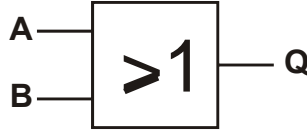
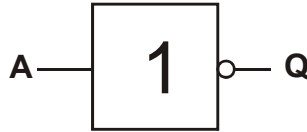
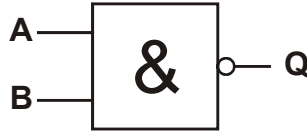
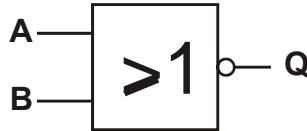
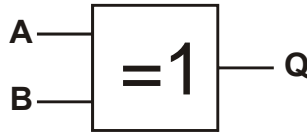
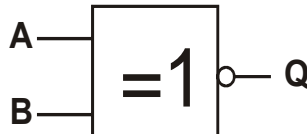


## YHDISTELMÄ

Tilanne voi myös olla useamman piirin yhdistelmä.

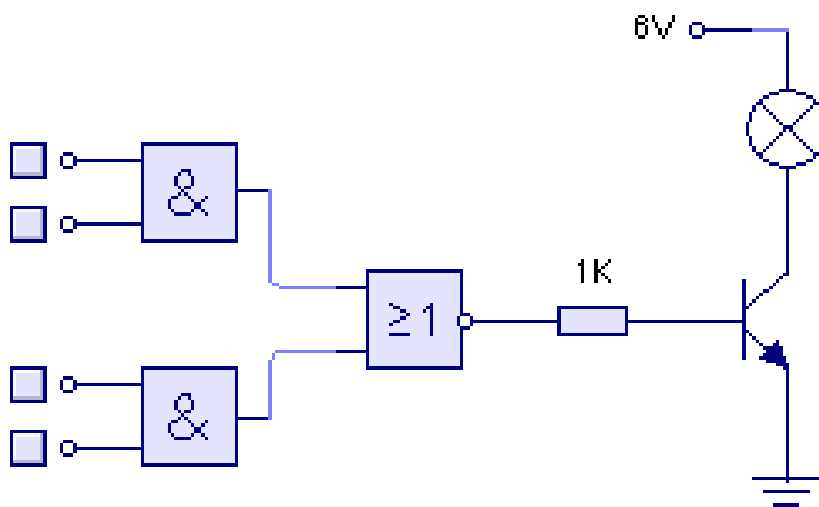
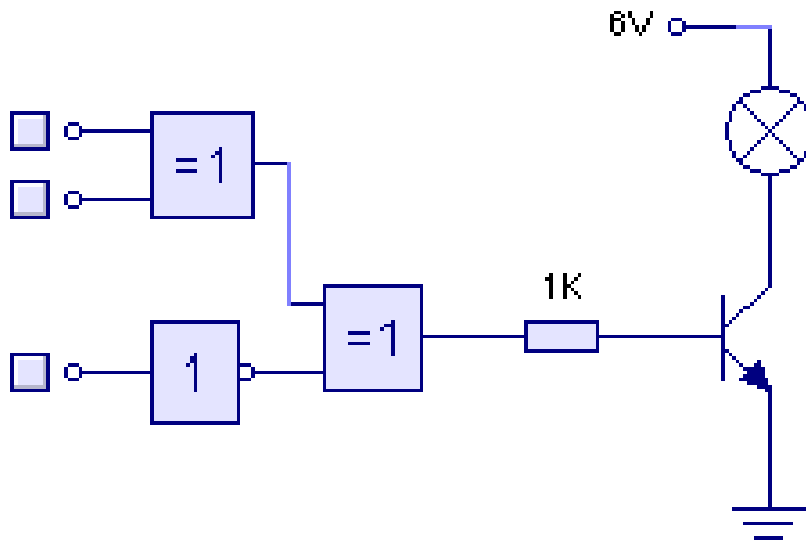
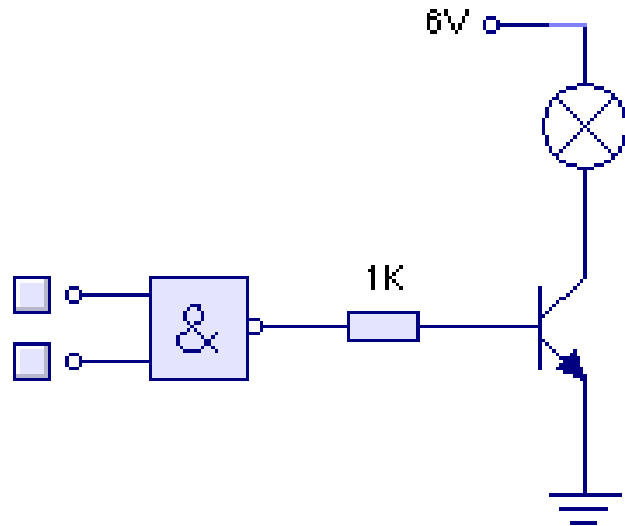
Nyt pitääkin tietää kaikkien eri piirien totuustaulut ja lähteä siitä miettimään oikeaan vastaukseen.

Loogisia operaatioita voi tehdä mikropiirien avulla, mutta nykyisin loogiset operaatiot kannattaa tehdä useammin ohjelmoitavien mikropiirien avulla. Siitä lisää myöhemmin PICAXE piirien ohjelmoinnissa.

Toiminto	Piirrosmerkki IEC	Totuustaulu															
AND		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th><math>Q = A \times B</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	$Q = A \times B$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
A	B	$Q = A \times B$															
0	0	0															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	1															
OR		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th><math>Q = A + B</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	$Q = A + B$	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
A	B	$Q = A + B$															
0	0	0															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	1															
NOT eli INVERTTERI		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th><math>Q = \bar{A}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	$Q = \bar{A}$	1	0	0	1									
A	$Q = \bar{A}$																
1	0																
0	1																
NAND		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th><math>Q = \overline{A \times B}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	B	$Q = \overline{A \times B}$	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
A	B	$Q = \overline{A \times B}$															
0	0	1															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	0															
NOR		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th><math>Q = \overline{A + B}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	B	$Q = \overline{A + B}$	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
A	B	$Q = \overline{A + B}$															
0	0	1															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	0															
XOR		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th><math>Q = A \oplus B</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	B	$Q = A \oplus B$	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
A	B	$Q = A \oplus B$															
0	0	0															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	0															
XNOR		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th><math>Q = \overline{A \oplus B}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	$Q = \overline{A \oplus B}$	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
A	B	$Q = \overline{A \oplus B}$															
0	0	1															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	1															

# Harjoitusta loogisista operaatioista

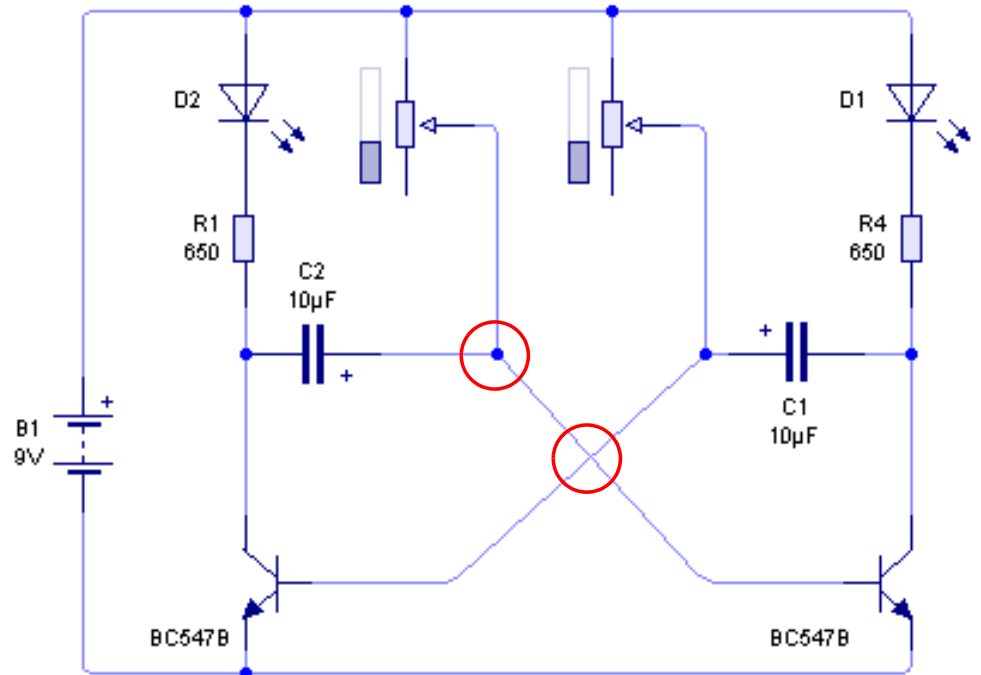
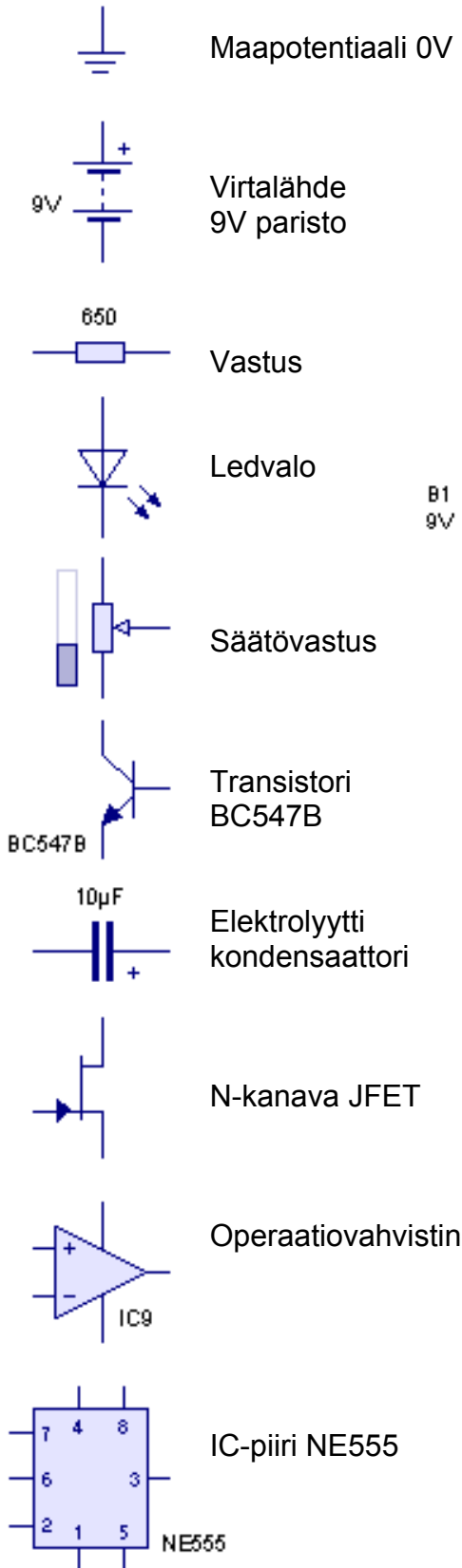
## Miten tulomuuttujat on asetettava, jotta lamppu palaa?





# KytKentäkuva

KytKentäkuva on symbolien avulla tehty esitys laitteen osien sijoittelusta ja laitteen toiminnasta. Se kertoo miten/miksi kytkentä toimii ja miten komponentit yhdistellään toisiinsa. Kuvassa on yksinkertainen oskillaattorikytkentä kahdella transistorilla. Jotta kytkentää osaa lukea, pitää tuntea komponenttien symboliset merkit. KytKentäkuvaa tarvitaan kun tehdään piirilevy.



! Kuvassa olevat johdot/viivat ovat yhdessä toisissaan kun niiden leikkauskohdassa on pallo.

! Kun viivat vain leikkaavat toisensa. Ovat ne irti toisistaan, eikä sähkövirta kulje niiden välillä.

! Yhdessä pisteessä voi olla yhdessä kaksi tai useampia johtoja, joita pitkin elektronit pääsevät kulkemaan. Muista aina katsoa pisteestä lähtevien kontaktien määrä.

! Kun alamme hahmottamaan kytkennän toimintaa lähdemme liikkeelle virtalähteen + navasta ja etenemme siitä eteenpäin kohti maapotentiaalia 0V.

! Sähkö liikkuu kuin vesi. Jokaiseen paikkaan jonne se pääsee johtimia pitkin.

# IC-piirit

**IC-piiri** tarkoittaa integroitua mikropiiriä. IC-piiri on pieni paketti, johon on sovitettu pieneen kokoon monia eri toimintoja. **IC-piiri** syntyi aikanaan tarpeesta saada mahtumaan pieneen tilaan suuri määrä toimintoja. Elektroniset laitteet alkoivat kasvaa liian suuriksi ja monimutkaiseksi rakentaa. Tarvittiin pienempiä osia, jotka tekivät saman työn kuin matkalaukullinen irtosia, mutta mahtuivat sormenkynnelle.

Mikropiirit jaetaan niitten rakenteena toimivien transistorien tyyppin mukaan. Sukuja on monia, mutta me käsittelemme ja käytämme yleensä vain BIPOLAARISIA tai UNIPOLAARISIA mikropiirejä.

BIPOLAARISIA mikropiireissä on merkintänä 7400 tai 74ALS jne....

UNIPOLAARISIA mikropiireissä on merkintänä 4000 alkuinen sarjanumero tai 74HC4000 jne...

## ASIOITA JOILLA ON MERKITYSTÄ:

! Kun haet tietoa mikropiireistä tai muista komponenteista käytä DATASHEET sanaa. Käytä piirin päällä olevaa numerosarjaa. Esim. 74ALS00A tai PIC16F88 tai TDA2005. Hakusanana kannattaa käyttää DATASHEET ja mikropiirin tunnussarjaa. Esim. Datasheet PIC16F88. Käytä sanojen perusmuotoja hakukoneissa. Datalehdet ovat PDF muodossa.

! Valmistajan tunnuksella ei ole niin väliä. Piirit ovat standardeja ja kaikki piirit ovat samankaltaisia. Jos haluat olla varma haet oikean datalehden valmistajan kotisivuilta.

! TTL tyyppin IC-piirit toimivat kaikki yleensä 4.5-5.5V jännitteellä. Suurempi jännite ja rikot piirin. 4000 sarjan IC-piirit toimivat useimmiten 3-15V jännitteellä. Vahvistinpiirit toimivat millä sattuu. Esim LM741 maksimijännite +-22V mutta toimii pienemmälläkin.

! IC-piireissä on kaikissa jokin merkki 1-jalan tunnistamiseksi. Yleensä puolikuu kotelossa, jolloin 1-jalka on puolikuun vasemmalta puolella tai pieni piste 1-jalan kohdalla.

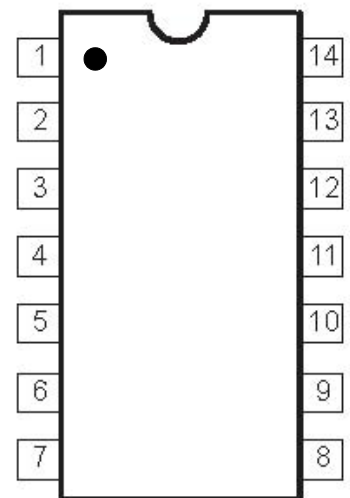
! Jokaisen kotelon pintaan on painettu valmistajan merkki ja tyyppinumero.

! IC-piirien koteloitten vaihtelu ja tyyppimerkinnät ovat hyvin moninaiset. Koulussa käytämme koteloita, joissa on 8-18 jalkaa. Yleensä käytetään koulussa **DIL** koteloita. DIL-kotelo tarvitsee oman liitinriman, joka juotetaan kiinni piirilevyyn. IC-piiri painetaan kiinni liitinrimaan. **Jalkojen numerointi kiertää kotelon aina kuvan esimerkin tavalla.**

! + ja 0 pisteiden jalkojen paikat vaihtelevat piirikohtaisesti.

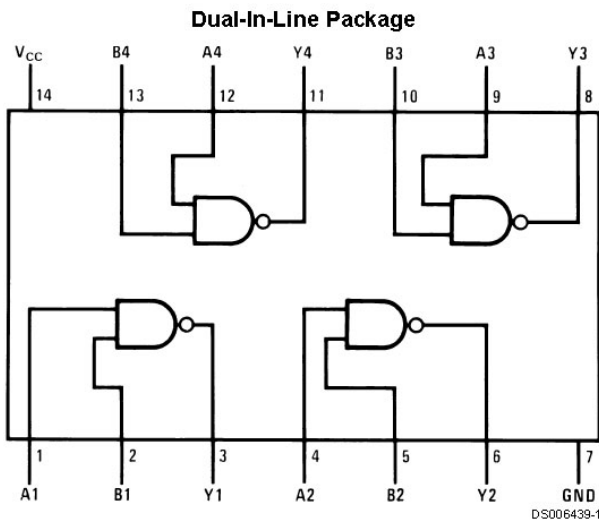
! Varo staattista sähköä käsitellessäsi mikropiirejä. Staattinen purkaus voi rikkoa mikropiiriin. Nykyaikaiset piirit eivät enää ole niin arkoja kuin vanhemmat mutta tämä on silti hyvä sääntö muistaa. Staattisen sähköä saa pois maadoittamalla.

! Asenna/käsittele IC-piirejä kytkennöissä aina virta pois päältä.



# DATASHEET ESIMERKKEJÄ

## 2-Input NAND Gates



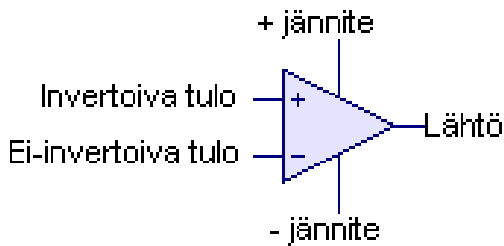
Jännitepisteet

V<sub>CC</sub> = 5V jännitejalka

GND = 0V maa

Esim. Jalat 13 ja 12 ovat INPUT jalkoja ja jalka 11 Q OUTPUT jalka.

Symbolit ovat amerikkalaisia.



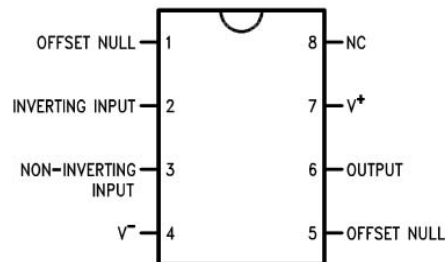
## LM741 Operaatiovahvistin OpAmp

V<sup>-</sup> ja V<sup>+</sup> = jännitenastat +22V ja -22V

NC = ei käytössä

OffsetNull = mahdollisuus säätää signaali 0 tasolle laitteen molempien tulosignaalien ollessa 0. Ei pakko käyttää.

### Dual-In-Line or S.O. Package



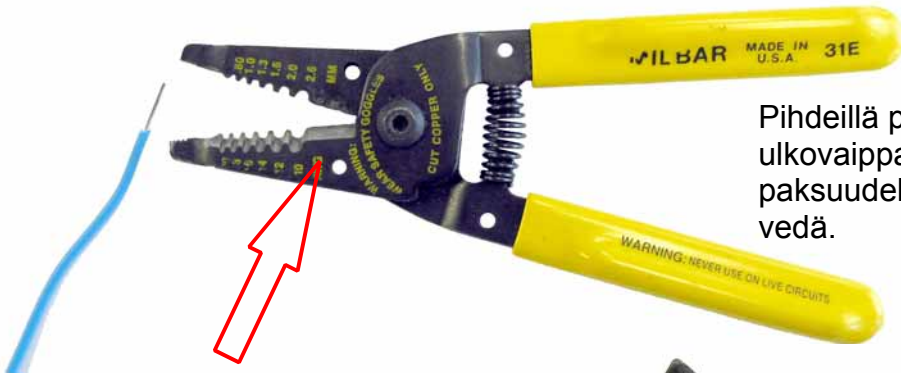
Output = signaali ulos tai lähtö

Inverting ja Noninverting = kääntävä ja ei kääntävä sisääntuleva signaali.

HUOM! Ei maapistettä 0V ollenkaan.

# Työvälineet

**ELEKTRONIIKAN TYÖVÄLINEILLÄ KÄSITELLÄÄN VAIN ELEKTRONIIKAN OSIA!**



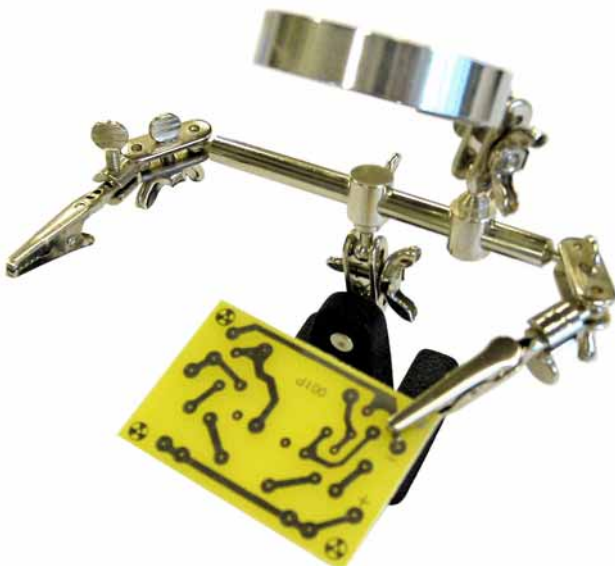
Leikkurit johdon  
katkaisuun.

## Kuorintapihdit

Pihdeillä poistetaan/kuoritaan sähköjohdon  
ulkovaippa pois. Valitse oikea kolo langan  
paksuudelle, napsauta leikkurit kiinni ja  
vedä.

Erilaisia leikkureita ja pihtejä kiinnittämiseen  
ja johtimien taivuttamiseen eri muotoihin.

Sivuleikkurit  
Päätyleikkurit  
Pitkät pihdit  
Lyhyet pihdit  
Käyrät pihdit



Kun teet juotostöitä, muista käyttää apukättä.  
Silloin molemmat kädet vapautuvat tarkkaan  
juottamiseen. Apulaisen pihtejä ja suurennuslasia  
saa säädettyä eri paikkoihin.

# ABICO-pihdit

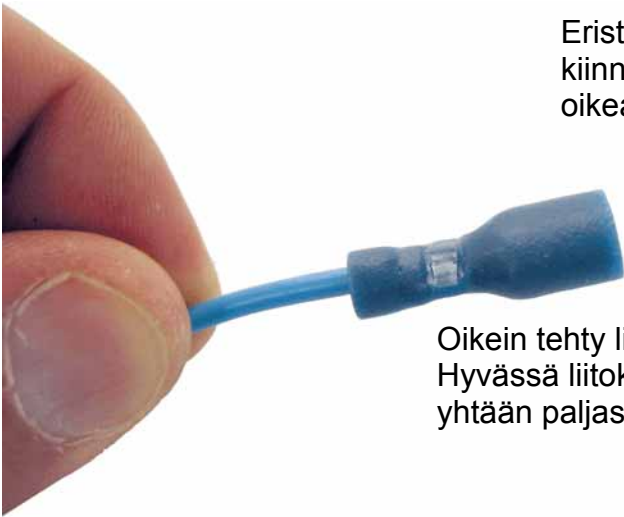
Työkalu nopeisiin sähköliitoksiin moottori- ja mopohommissa.  
Valttina nopeus ja liitoksen voi helpolla purkaa ja liittää uudelleen.

Pihdeillä voi kuoria johdon ja puristaa liituskappaleet kiinni johtimeen.



ABIKO liitoksissa on aina uros- ja naaraskappale. Tarvitset siis kaksi palaa liitoksen tekemiseen.

Eristetyt liittimet puristetaan kiinni etuosalla. Värikoodi kertoo oikean puristuskohdan.



Oikein tehty liitos.  
Hyvässä liitoksessa ei näy yhtään paljasta johdinta.



Alla on esittelyä sopivasta liitinryhmästä esim. mopoissa oleviin sähköliitoksiin.

## 6,3x0,8mm kutistemuoviabikot, K.S.Terminals

**KST**

Kutistemuovin liimapinnan ansiosta vedenpitävä liitántä.

Liittimen kutistemuovi kestää: Polttoaineita, öljyä, suolavettä, akkuhappoa, trikloorietyleeniä, isopropyleenialkoholia jne...

Liittimen materiaali: messinki

10kpl / pakkaus.



NAARAS	Tyyppi FDF	mm <sup>2</sup>	väri	á/pak	á/10pak	á/100pak
48-305-01	NYH1-250	0,50-1,50	pun.	4,77	3,63	2,90
48-305-19	NYH2-250	1,50-2,50	sin.	4,77	3,63	2,90
48-305-27	NYH3-250	4,00-6,00	kelt.	6,64	5,08	4,05
UROS	Tyyppi MDF					
48-305-35	NYH1-250	0,50-1,50	pun.	4,77	3,63	2,90
48-305-43	NYH2-250	1,50-2,50	sin.	4,77	3,63	2,90
48-305-50	NYH3-250	4,00-6,00	kelt.	6,64	5,08	4,05



# Yleismittari

**Digitaalinen yleismittari sisältää yleensä seuraavat mitta-alueet:**

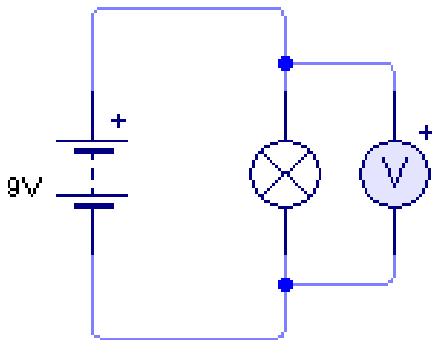
- ! Volttimittauksen tasavirralla  $\overline{V}$
- ! Volttimittauksen vaihtovirralla  $\tilde{V}$
- ! Ampeerimittauksen tasavirralla  $\overline{A}$
- ! Ampeerimittauksen vaihtovirralla  $\tilde{A}$
- ! Ohmimittauksen  $\Omega$
- ! Diodimittauksen  $\rightarrow|$  (diodit, ledit)
- ! Kondensaattorin testauksen.  $-||-$  Yleensä kapea mitta-alue.
- ! Transistorin vahvistuskertoimen mittauksen sekä NPN- että PNP-transistoreilla.
- ! Lisäksi voi olla erilaisia muita toimintoja. Kuten, lämpömittari, paristotestaus jne..



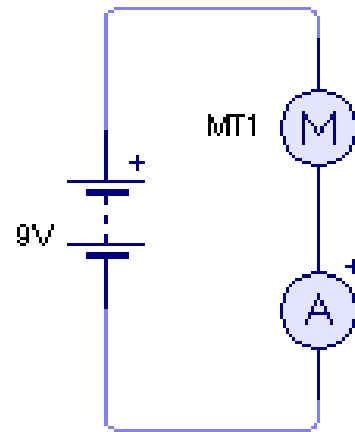


# Miten mitataan

- ! Selvitä itsellesi mitä suuretta olet mittaamassa?
- ! Säädä mittari sopivalle mitta-alueelle.
- ! Kosketa mitattavaa kohdetta vain mittakärjillä. Älä siis pidä mitattavasta kohteesta mistään kohtaa käsin kiinni.
- ! Kaikki mittaukset tehdään yleensä asettamalla mittakärjet mitattavan kohteen päihin. Eli mittari asetetaan mitattavan kohteen rinnalle. Ampeerimittaus on poikkeus ja siinä mittari asetetaan sarjaan mitattavan kohteen kanssa.
- ! **Kaikki mittaukset kertovat tuloksen kahden mittapisteen väliltä.**



MITTAUS RINNAN



MITTAUS SARJASSA

## Jännitteen mittaus



Jännitemittaus kuvaa miten suuri jännite-ero on kahden mittapisteen välillä. Mittapistet ovat + ja - navat. Mittatulos on Voltti eli V.

Jännitemittaus suoritetaan rinnankytkennällä.



Mittarin katkaisija asetetaan kuvan osoittamalle kohdalle ja mittakärjet laitetaan mitattavien pisteiden päihin. Mittajohdot ovat kuvan osoittamissa mittapisteissä.

Tulos **1.345V**. Ladattava paristo on siis täynnä.

## Johtavuuden mittaaminen

Johtavuusmittaus on keino tarkistaa onko kahden pisteen välillä sähköinen kontakti. Mikäli virta kulkee, kuuluu siitä kertova äänimerkki.

Voit esim. tarkistaa onko sähköjohto poikki vai ei. Johtavuusmittaus on yleismittarin käytetyin mittaustapa.

Johtavuusmittauksen symboli on  $\text{)))})$ .



## Ohmimittaus



Ohmimittaus kuvaa mitattavan kohteen kykyä vastustaa elektronien liikettä itsensä lävitse. Mittatulos on ohmia, tunnus  $\Omega$ . Mittaus tapahtuu komponentin jalkojen päistä väliltä.

Mittaus tapahtuu komponentin jalkojen päistä. Mittatulos on **5.3  $\Omega$** .

Yleisin virhe on mittauksen aikana pitää kädellä kiinni mitattavasta kohteesta.

## Kapasitanssimittaus

Kapasitanssi kuvaa kondensaattorin kykyä varata itseensä sähköinen lataus. Mittatulos on faradia lyhenne F. Yleensä edessä mikro tai nano.

Mittalaitteen symboli on  $\text{—}||\text{—}$ .

Mittaus tapahtuu komponentin jalkojen päistä. Mittatulos on **25.3  $\mu\text{F}$**  eli mikrofaraadia.



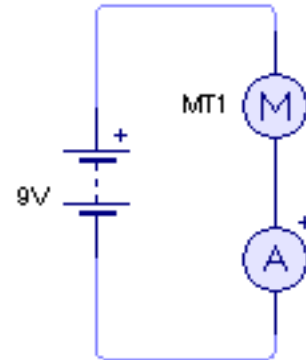
# Ampeerimittaus



**HUOM ! Mittajohtojen paikka muutettava.**

Ampeerimittaus kuvaa mittapisteen ohi kulkevien elektronien määrää. Siksi mittari kytketään sarjaan mittakohteen kanssa.

**⎓**



Aseta punainen mittajohto Ampeerimittaus pisteeseen. Kytke johdot sarjaan mitattavan kohteen kanssa ja suorita mittaus. Kuvan mukaisella kytkennällä mittatulos on **0.133A** eli **133mA**.

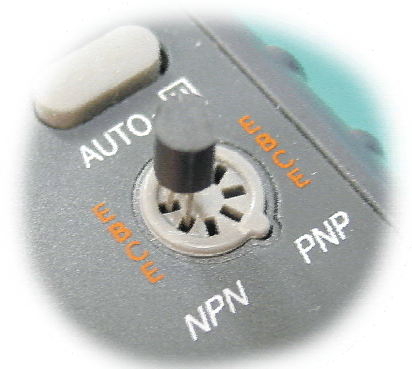
**Muista mittauksen jälkeen vaihtaa mittajohdot takaisin oikeaan paikkaan!**

## Hfe-mittaus. Transistorin vahvistuskerroin.

Joillakin yleismittareilla pystyy tekemään transistorin Hfe-mittauksen joka kuvaa transistorin virtavahvistuskerrointa. Siis samaa arvoa, joka muuten katsotaan datalehdestä.

Mittausta suoritettaessa pitää vain tietää transistorin jalkojen oikeat paikat. Siis kollektori **c** ja kanta **b**, emitteri **e**.

Työnnä transistorin jalat mittarin Hfe mittauskohdan reikiin. Ole tarkkana jalkojen järjestyksen **cbe** kanssa. Kytke mittari Hfe mitta-alueelle. Mittatulos **BC547** transistorille pitäisi olla datalehden mukaan välillä **110** minimi - **450** maksimi. Vaihtelee suuresti eri valmistuserissä. Kuvan komponentilla Hfe oli **217**.



# LC-mittari

LC-mittarilla mitataan pelkästään kondensaattoreita ja keloja. Yleismittarissa on yleensä vain rajallinen toiminto kondensaattoreita varten ja keloja ei pysty koskaan mittaamaan yleismittarilla. Näitä mittauksia varten on tehty LC-mittari.

- ! Aloita mittaaminen aina isoimmalta mitta-alueelta. Jos mittari näyttää 1. On tulos mitta-alueen ulkopuolella. Pienennä mitta-alueita.
- ! Pidä mittajohdot suorana. Rullalla olevat mittajohdot muuttavat tulosta keloja mitattaessa.

## INDUKTANSSIMITTAUS

Kelan mittaus. Vastaus 0.698mH Henryä.

## KAPASITANSSIMITTAUS

Kondensaattorin mittaus.

Tulos mitta-alueen ulkopuolella.

Pienennä mitta-alueita 20nF kohdalle.



# Oskilloskooppi

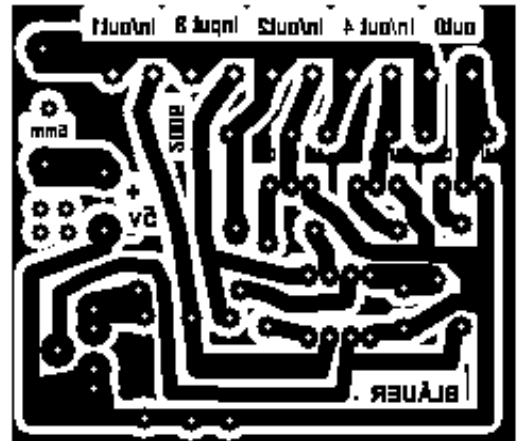
Oskilloskooppi on mittaväline, jolla on mahdollista “nähdä” sähkön liike. Oskilloskooppi näyttää meille jännitteen vaihteluista muodostuvan kuvan piirtämällä siitä



# PIIRILEVYN VALMISTUS

! Ensin piirretään PCB-ohjelmalla piirilevystä maski, jonka kanssa valmistus aloitetaan.

- Maskissa on valmiina tekijän nimi, piirilevyn kytkennän nimi, PADit eli juotospisteet ovat riittävän suuria ja COPPER AREA peittää ylijäävän levyn. Piirilevyn tuleville johdoille, kuten virtajohto on tehty vedonpoistoa varten reikien ryhmät.



! Leikataan piirilevystä tarvittavan kokoinen pala. Puhdistetaan levyn pinta rasvasta ja suihkutetaan päälle UV-lakkaa tasainen kerros tai käytetään kokonaan valmiiksi lakattua piirilevyä.

! Kuivataan lakka uunissa. Estetään auringonvalon pääsy piirilevylle kuivatuksen aikana. n. 50°-60° astetta. Ei tarvita valmiiksi lakatulla piirilevyllä. Katso tarkemmin lämpötila ja aika lakkapurkin kyljestä.

! Asetetaan piirilevykalvo levyn pinnalle. Mietitään tarkoin, että se kalvo meni oikein päin. Eli kalvo on silloin oikein, kun tulostuspinta on lakkapintaa vasten.

! Laitetaan kalvo ja levy valotuslaitteeseen. Valotettava puoli lamppua kohden. Asetetaan valotusaika ja odotetaan. 90 sek. Yleensä aika pitää ensin kokeilla testipalalla.

! Valotuksen jälkeen poistetaan valottunut lakka kehitysnesteessä. Levy on kehitysnesteessä n.8-30 sek. AIKA tarkka. Muuten lähtee kaikki lakka pois. Uudessa piirilevy- tai lakkaerässä on ensin aika testattava kokeilemalla.

HUOM! Kemikaali ei ole terveellistä syötynä tai iholla.

! Kehityksen jälkeen huuhdellaan valottunut lakka lavuaarissa juoksevalla vedellä, sormella kevyesti hangaten. Tarkistetaan, että lakka on poissa oikeista kohdista. Alta näkyy puhdas kupari.

! Laitetaan piirilevy ferrikloridineesteeseen syöpymään. Syövytysaika taas riippuu nesteen väkevyydestä. Yleensä n. 20-30 min.

HUOM! Ferrikloridi on syövyttävä neste.

! Syövytyksen valmistuttua huuhdellaan levy vedellä ja puhdistetaan pinta. Pinnan lakan saa pois kehitysnesteessä 2-3 min kylvettämällä. Loppu lakka lähtee pois kraanan alla sormella hankaamalla. Toinen tapa on käyttää teräsvillaa. Kuivaa ja puhdistaa levy.

! Piirilevy on valmis. Pinta suojataan hapettumista vastaan juotoslakalla. Anna lakan kuivua.

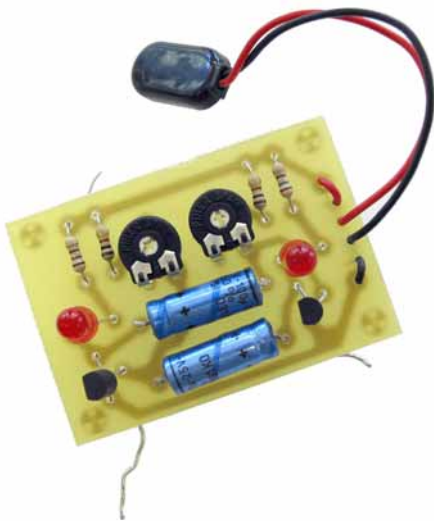
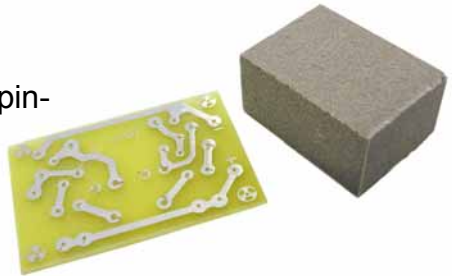
! Pora reiät 1mm poralla. Suurena reikiä vain tarvittaessa.

# Juottaminen



Kun piirilevy on valmis porataan siihen 1mm poralla reiät komponenttien kiinnityskohtiin. Mikäli on isompia komponentteja, kuten säätövastus, porataan niitten jaloille tarpeen mukaan isommat reiät. Tee 2-3mm poralla johdoille vedonpoistajareiät juotospisteiden viereen, joihin tulevat piirilevyltä lähtevät ja tulevat johdot.

Kun reiät on porattu voi piirilevyn pinnan puhdistaa hiomakumilla tai teräsvillalla. Yleensä puhdistusta ei tarvita.

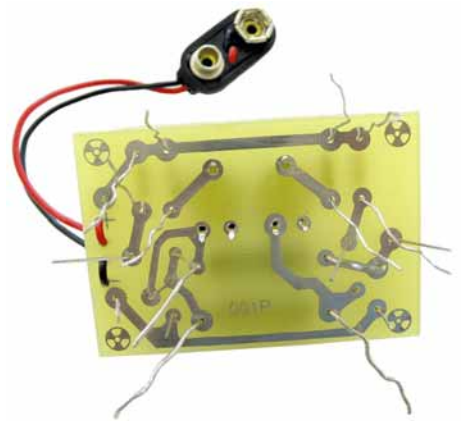


Seuraavaksi sijoitellaan komponentit niille kuuluville paikoille. Paikan näkee PCB kuvasta tai rakennussarjan mukana tulleesta ohjeesta.

Komponentit työnnetään piirilevyyn sen etupuolelta, ei kupari puoli. Takapuolella ovat kuparijuovat ja juotospisteet. Älä taivuta jalkoja liikaa edestakaisin. Ne menevät helpolla poikki.

Muista olla tarkka komponenttien koodien, napaisuuden ja transistorien jalkojen C-B-E kanssa.

Taivuta jalkoja ulospäin kun komponentti on paikoillaan. Silloin komponentti ei putoa pois paikoiltaan.



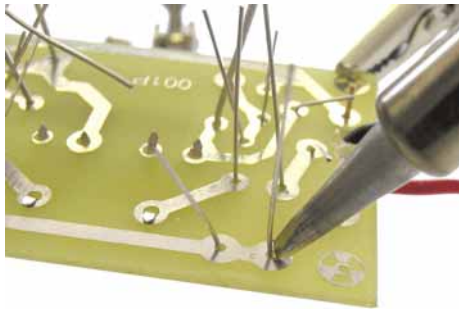
Kiinnitä valmisteltu piirilevy apukäteen, ota juotoskolvi ja muut työvälineet esille.

Kuvassa Wellerin juotosasema. Siihen kuuluu muuntaja, kolvi ja teline. Lämpötila säädetään kärkeä vaihtamalla.



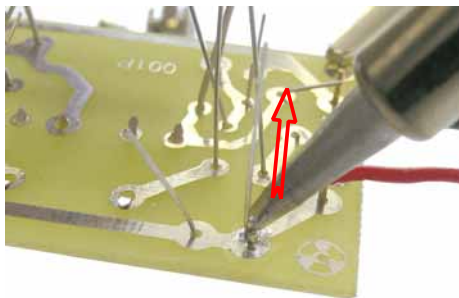
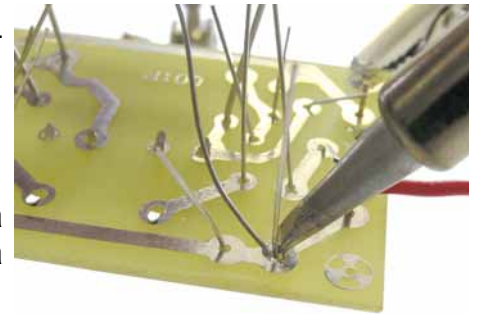
Kolvin kärki puhdistetaan säännöllisesti märkään pyyhetyynyyn. Silloin kärki pysyy puhtaana. Kärjessä pitää olla aina tasainen tinakerros. Pidä kolvi telineessä tai Kädessä.

## JUOTOKSEN SUORITTAMINEN



Tuo kolvin kuuma kärki juotoskohdan luokse ja lämmitä n. 2s ennen kuin tuot tinalangan kärjen kuumennuskohtaan.

Lisää juotoskohtaan tinaa ja kuumenna samalla. n. 1s.

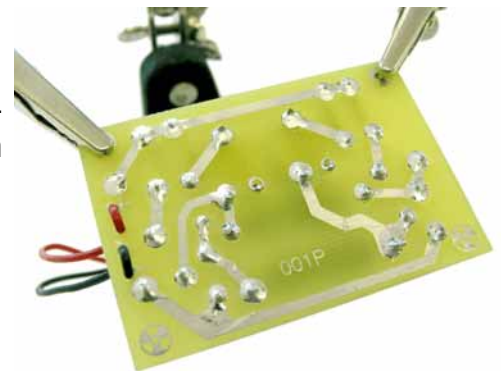
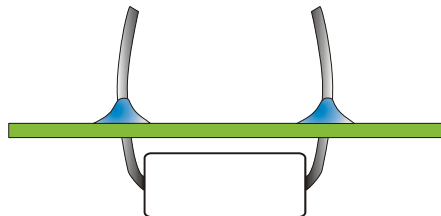


Pieni jälkikumennus 1s ja nosta juottimen kärki juotettua jalkaa pitkin pois.

## LIIKA KUUMENNUS TUHOAA KOMPONENTIN TAI PIIRILEVYN PINNAN.

Viallisesta juotoskohdasta poistetaan ylimääräinen tina tinaimurilla ja puhdistetaan epäpuhtaudet pois ennen uuden juotoksen tekoa.

Hyvässä juotoksessa tina on kuin tulivuori jalan ympärillä. Ei roiskeita ja tahroja.



Valmis juotostyö. Jalkojen ylimääräiset langat leikattu pois sivuleikkureilla.





# Työturvallisuus

**WWW.TUKES.FI**

Turvatekniikan keskus. Tarjoaa tietoa sähköturvallisuudesta ja kaasulaitteista. Aina kun Suomessa tapahtuu sähkö-, kaasu- tai kemikaalionnettomuus. TUKESin tutkijat selvittävät kuolemaan johtaneen tapahtuman kulun.

## Sähköä ei näe, kuule ja kun sen tuntee on jo hyvin vaaralliset paikat.

### Mutta miksi se on niin vaarallista?

Kun ihminen saa sähköiskun kulkee hänen lävitseen sähkövirta ja syrjäyttää ihmisen oman sähköisen lihaskontrollin. Esim. Jos ottaa kiinni sähköjohdosta niin kättä ei pysty enää irrotta-  
maan, koska lihakset eivät tottele enää aivoja vaan voimakkaampi sähkövirta kontrolloi lihaksia ja ne ovat supistustilassa, krampissa. Sydän lyö normaalisti ehkä 40 kertaa minuutissa ja verkkovirta värähtelee n. 3000 kertaa minuutissa. Sydän joutuu kammiovärähtelyn tilaan sen yrittäessä pyskiä verkkovirran tahtiin ja lopulta pysähtyy.

Suuri sähkövirta aiheuttaa myös palovammoja ja nesteen kiehumista. Suurin osa ihmisestä on nestettä. Kun neste kiehuu solut kuolevat tai vaurioituvat pahoin.

### Sähköisku ?

Ihminen joutuu osaksi sähkön kulkureittiä. Sähkö pääsee siis kulkemaan ihmisen lävitse maahan.

Mutta miksi linnut eivät paistu istuessaan sähkölinjoilla?

### Miten menetellä jos kaveri on kiinni johdoissa?

Lyödään hänet irti ensimmäisellä eteen sattuneella esineellä ja katkaistaan sähköt pääkatkaisijas-  
ta jos mahdollista. Estetään muitten joutuminen sähköiskulle alttiiksi. Uhrin ensiapu.

### Miksi sähköiskun alaisesta ihmisestä ei saa muuten ottaa kiinni?

Joutuu osaksi sähköpiiriä ja saa itsekin sähköiskun.

### Missä ei kannata leikkiä?

Verkkojohtojen läheisyys (kalastus, leijan lennätys jne..). Junaradat (kiipeillä vaunuilla tai kävellä  
kiskoilla). Sähkön muuntoasemat. Miksi siellä ei kannata leikkiä?

**Kotona sähkötöitä saa tehdä vain hyväksytty sähköasentaja !!!**

TUKESin sivuilla on tarkemmin kerrottu töistä, jotka saa itse tehdä kotona. Jos olet hiemankaan epävarma, älä tee mitään. Kysy aina ihmiseltä, joka todella tietää mitä tehdä. **ÄLÄ** yritä olla näissä asioissa liian nokkela.

Koulussa käytetään aina tasavirtalähdettä, joka on turvallinen. Esim. 9V paristo tai muuntaja. **ÄLÄ** kuvittele osaavasi tehdä kotona 230V vaihtovirta sähkötöitä, vaikka koulussa olet jo jotain hieman rakennellut.

## Tukes poimittuja esimerkkejä:

### 9.8.2004

Mieshenkilö sai kuolemaan johtaneen sähköiskun painepesurilla työskennellessään. Pesuria syötettiin kahdella jatkojohdolla. Jälkimmäisen huonokuntoisen jatkojohdon jatkopistorasiassa vedonpoistin oli murtunut ja lisäksi vaihejohdin pääsi koskettamaan suojamaadoitusliuskoihin yhteydessä olevia metalliosia jatkopistorasian sisällä. Ensimmäinen jatkojohto oli tehty määräysten vastaisesti kaksinapaisesta johdosta kokonaan ilman suojamaadoituspiiriä. Tämän seurauksena jälkimmäisen johdon jatkopistorasiassa syntynyt oikosulku ei laukaissut sulaketta, kuten normaalitilanteessa olisi tapahtunut, vaan maadoitettavaa rakennetta olevan painepesurin runko ja siitä metallisen muovipäällysteisen pesuletkun välityksellä edelleen painepesurin pistooliosa tuli jännitteiseksi kohtalokkain seurauksin.

### 10.8.2004

Kyyhkysten metsästäjä oli nostamassa lintujen houkutuskuvaa korkealle ylös puuhun käyttäen alumiinisista putkista tehtyä tankoa, jolloin hän sai tangon välityksellä kuolettavan sähköiskun 20 kV:n avojohdosta.

### 30.5.2003

Nuorisoporukasta yksi henkilö kiipesi 220 kV voimajohdon Pe - Ha pylvääseen ja joutui liian lähelle virtajohdinta. Valokaaren sytyttyä uhri putosi pylväästä ja menetti henkensä joko valokaaren vaikutuksesta tai putoamisesta johtuen. Kyseinen voimajohtopylväs täytti turvallisuusmääräykset.

### 24.8.2003

Nuori mies kosketti jännitteistä asuntovaunun vetoaisaa ja kuoli saamaansa sähköiskuun. Koko asuntovaunun runko oli jännitteinen, koska asuntovaunuun johdettiin sähkö jatkojohdoilla pistorasiasta, jonka suojamaadoitusliitin oli "nollattu" vaihejohtimen liittimeen nollajohtimen liittimen sijaan. Pistorasia-asennus on tehty vähintään kymmenen vuotta sitten, eikä tekijästä ole varmaa tietoa.

### 6.4.2002

13-vuotias poika kuoli saatuaan sähköiskun rautatien ajojohdosta. Poika oli kiivennyt kaverinsa kanssa ratapihalla olleen ns. viljavaunun päälle. Hän joutui jännitteisen ajojohdon välittömään läheisyyteen ja sai kuolettavan sähköiskun.

### 18.7.2001

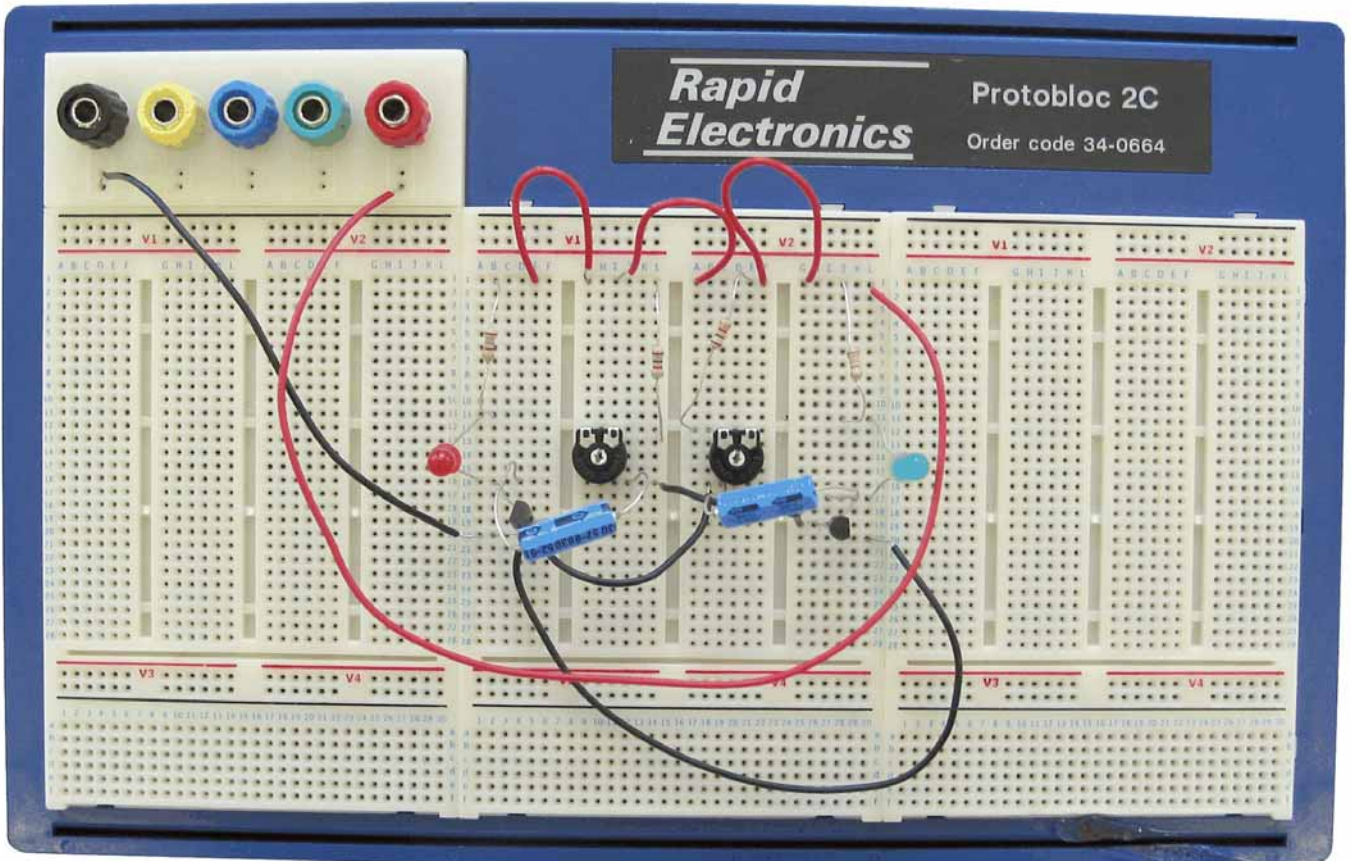
Nuori mieshenkilö oli auttamassa isäänsä omakotitalon maalauksessa. Maalausaluksiksi oli konevuokraamosta vuokrattu sähkökäyttöinen (230V) henkilönostin, joka oli liitetty jatkojohtoa käyttäen talon ulkoseinällä olevaan pistorasiaan. Tapaturman uhri oli koeajanut nostinta ja alas päästyään koskettanut nostokorin metallisia kaiteita ja samanaikaisesti metallista mattotelinettä ja mennyt elottomaksi. Pikaisista elvytystoimenpiteistä huolimatta uhri kuoli. Tapaturman aiheuttaja oli väärin kytketty pistorasia, josta jännite pääsi suoraan henkilönostimen runkorakenteisiin.

### 21.8.2001

Mies hitsasi ulkona sateessa vanhalla sisäkäytön Kemppe-hitsauslaitteella traktorikaivurin tukijalkaa. Hitsauspuikko oli tarttunut hitsattavaan kohteeseen ja maadoitus oli irronnut kohteesta. Mies oli todennäköisesti nostanut maadoituspuristinta nojaten samalla hitsattavaan kohteeseen, jolloin 80 V 50 Hz hitsausjännite oli vaikuttanut suoraan käsien välille aiheuttaen kammiovärinän sydämeen ja edelleen miehen kuoleman.

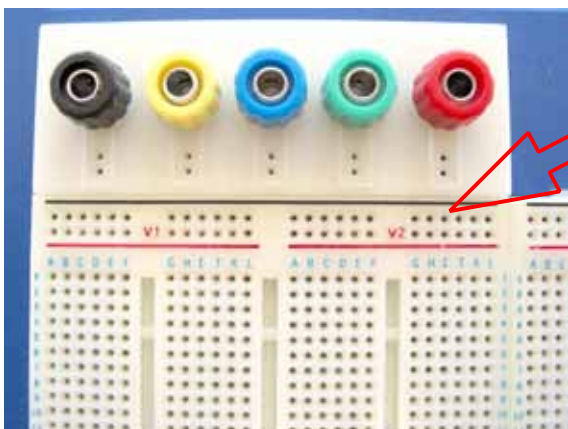
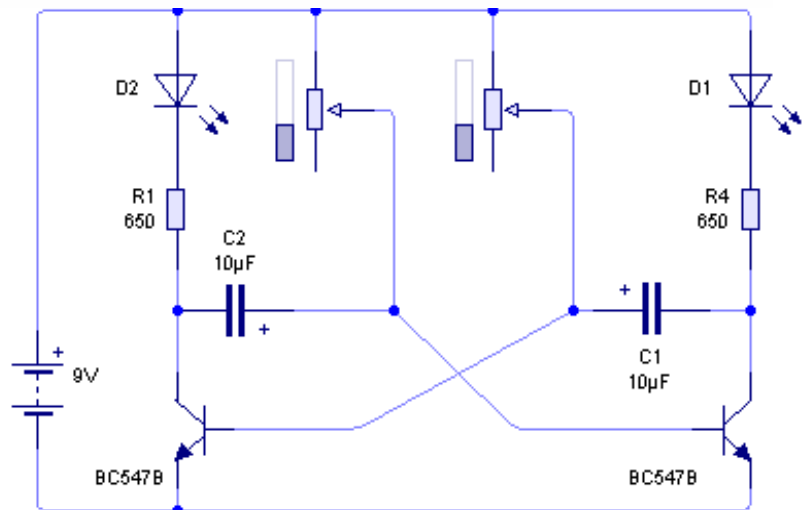
# Koekytkentälevy

On apuväline, jonka kanssa pystyy rakentelemaan ja kokeilemaan erilaisia kytkentöjä. Ilman, että tarvitsee tehdä, joka kerta erillistä piirilevyä.



Koekytkentälevyä käytettäessä tarvitaan vain hyppylankoja ja pieniä pihtejä. Ensinnä vialähde kytketään jonnekin ylhäällä olevista navoista. Sen jälkeen virta hyppylangalla vietään ylä- ja alakiskoihin. Yläkiskoon punainen + ja alakiskoon musta maa.

Tämän jälkeen sijoitetaan komponentit sijoitellaan kytkentäkuvan mukaiseen järjestykseen. Elektronit tavallaan virtaavat komponenttien läpi ylhäältä alaspäin. + pisteestä komponenttien läpi maahan. Liitä komponentteja koekytkentälevyyn vain silloin kun virta on pois päältä.

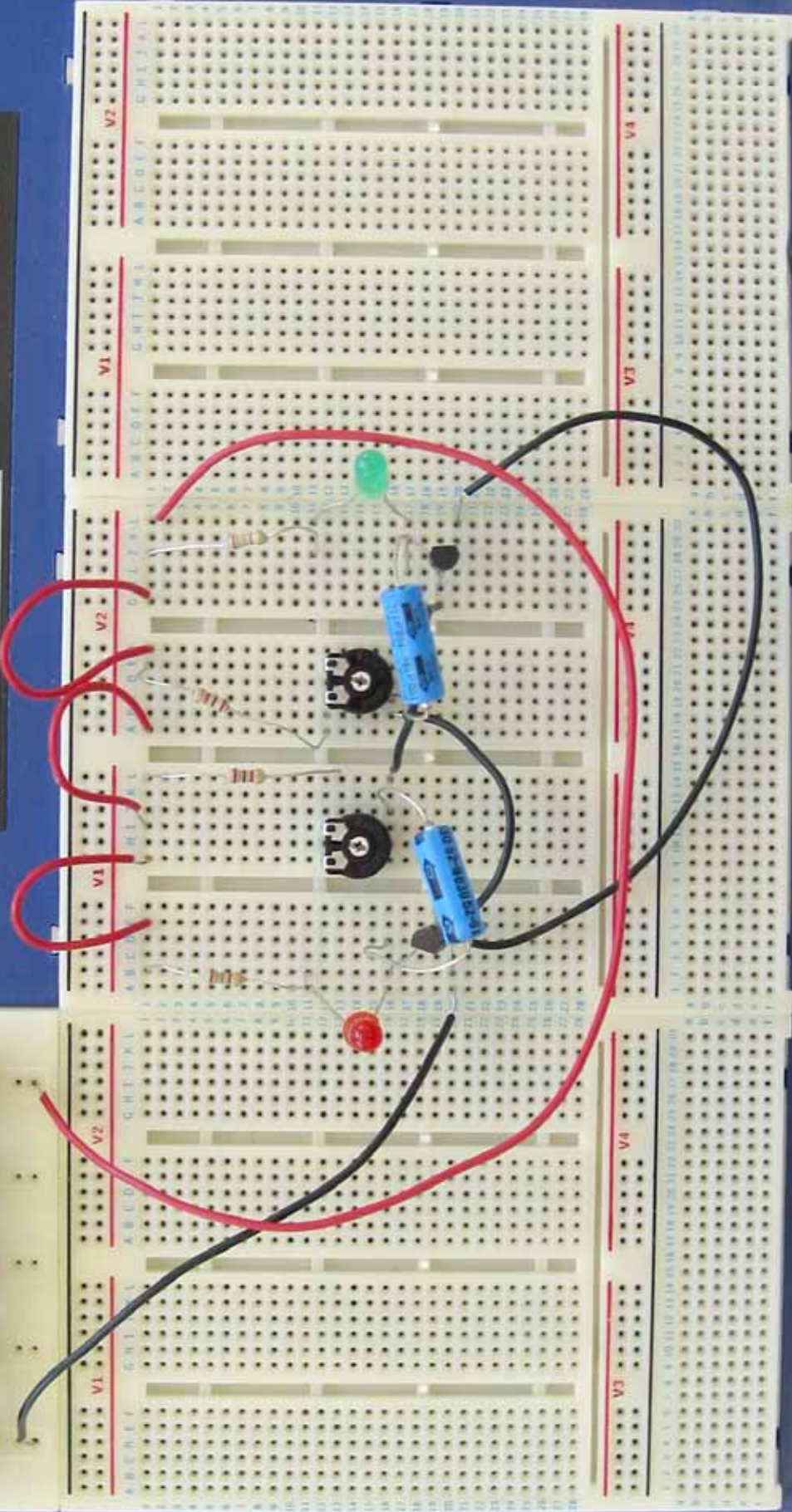


## Liitoskiskot

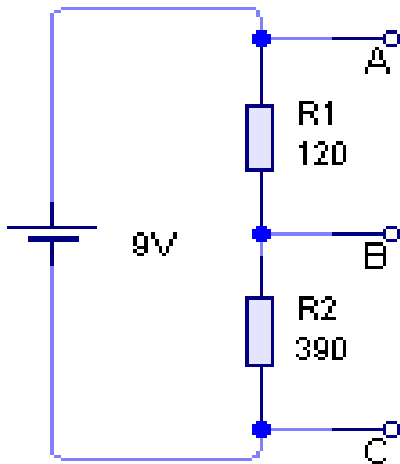
1. Ylä- ja alarivissä on virtaliitin rivit. Ne ovat yhdessä väri viivan osoittamalla matkalla.
2. Aakkoset erottavat pysty rivit toisistaan. Rivit ovat viiden ryhmissä yhdistetty sähköisesti toisiinsa. Viiden ryhmät ovat vuorostaan irti toisistaan. Niitten välillä on "vallihauta".
3. Numeroilla erotetut rivit ovat sähköisesti irti toisistaan. Siis ylä- ja alarivin välillä ei ole mitään kontaktia.



**Rapid Electronics**  
Protobloc 2C  
Order code 34-0664



# KOEKYTKENTÄLEVYLLÄ POHDITTAVAA

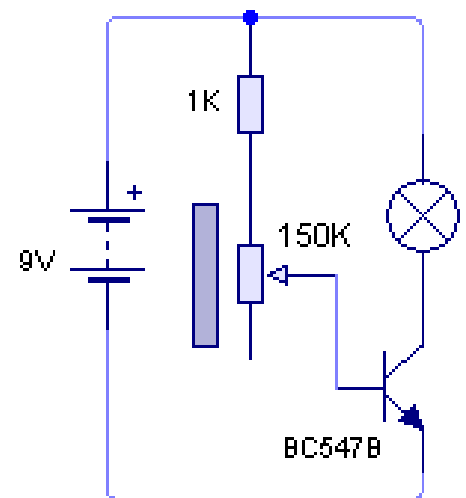


## Jännitejako

Laske ensin mitä jännitteen pitäisi olla välillä AB ja BC. Mittaa sen jälkeen jännitteen jakautuminen yleismittarilla.

## Transistorin käyttö säätimenä ja kytkimenä.

Rakenna kytkentä ja säätövastuksen arvoa muuttamalla huomaat lampun palavan kirkkaasti tai himmenevän. Säätövastus rajoittaa kannalle menevää virtaa. Säätövastuksen toinen alajalka jää käyttämättä.

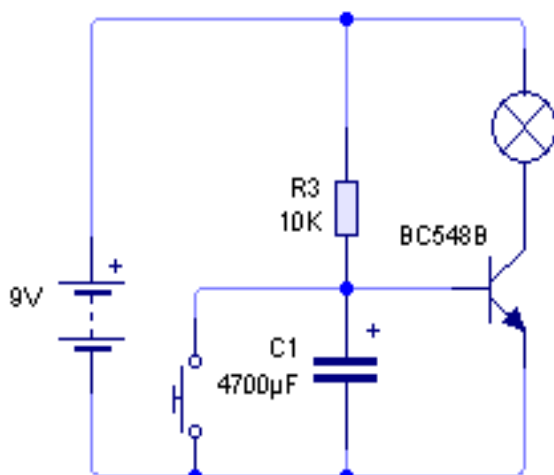


## Kaksi yksinkertaista kytkentää.

Toinen pitää lampun sammuneen hetken ja toinen pitää lampun päällä hetken. **Miksi?** Osaatko selittää.

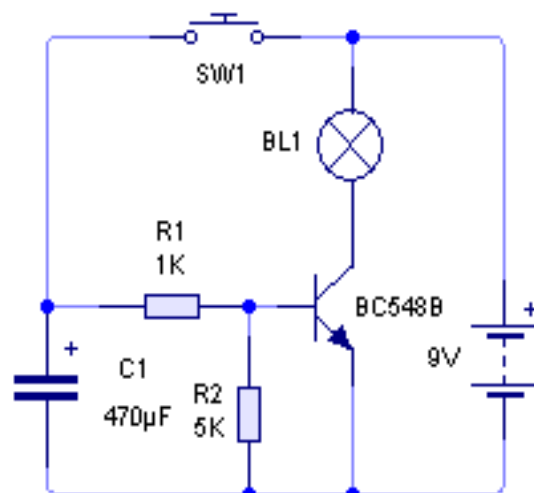
### LAMPPI PALAA

Kun kytkintä painetaan ja kytkin vapautetaan sammuu lamppu hetkeksi ja syttyy uudelleen.



### LAMPPI SAMPUNEENA

Kun kytkintä painetaan palaa lamppu hetken ja sitten sammuu.



# VASTAUKSIA

Harjoitellaan muutoksia		
MUUTA	Binaari	Heksa
3	0011	03
7	0111	07
11	1101	0B
34	0010 0010	22
156	1001 1100	9C
123	0111 1011	7B
235	1110 1011	EB