

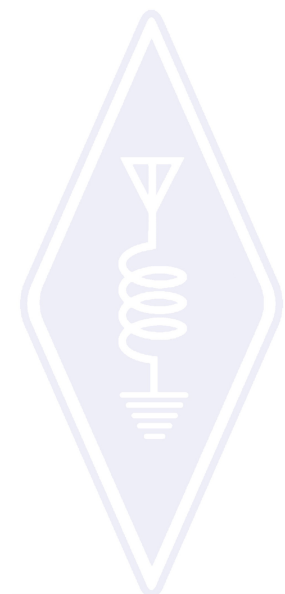
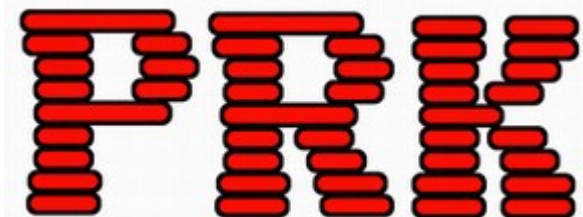
Radioamatöörikurssi 2018

Polyteknikkojen Radiokerho

Luento 3: Elektroniikka

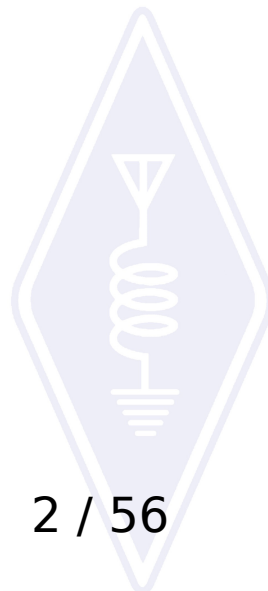
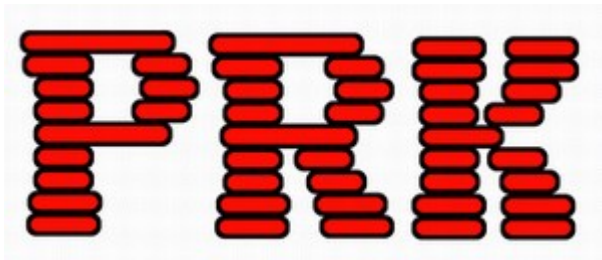
13.11.2018

Juha, OH2EAN, oh2ean@sral.fi



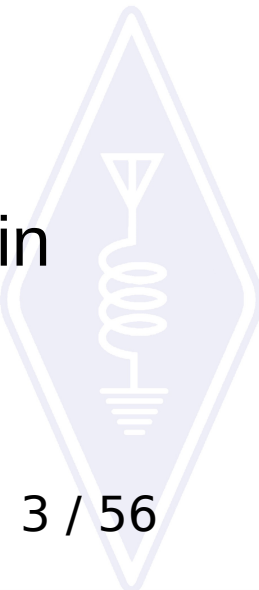
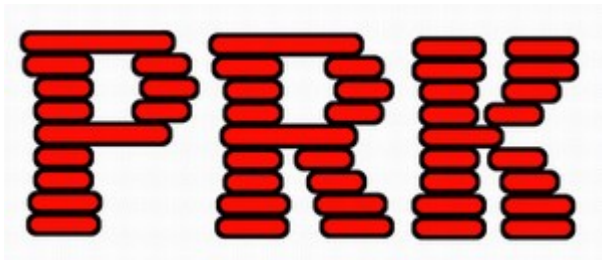
Illan aiheet

- Sähkön perusteita
 - Jännite, virta, teho, AC/DC, desibeli
- Elektroniikan peruskomponentit
 - Vastus, kondensaattori, kela
 - Diodi, transistorit (BJT & FET)
 - Muita peruskomponentteja
- Peruskytkentöjä
 - Kytkimet, vahvistimet, suodattimet, oskillaattorit, sekoittimet



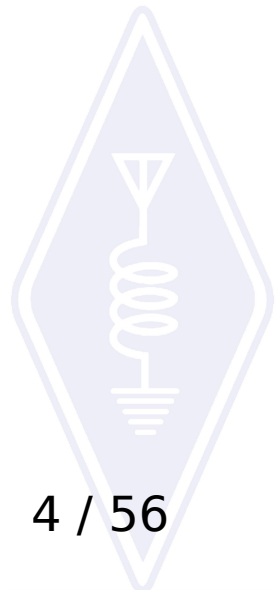
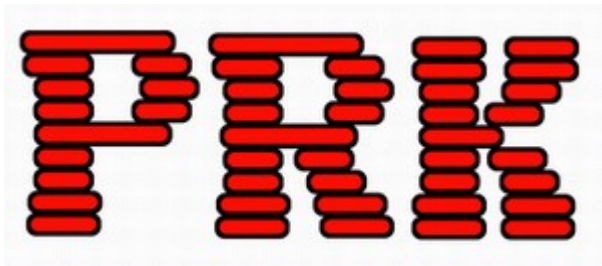
Mitä sähkö on?

- Sähkövaraus
 - Sähkömagneettinen vuorovaikutus, Coulombin laki
- Sähkökenttä
 - Muodostuu varautuneen hiukkasen ympärille
- Sähkövirta
 - Sähköisesti varautuneiden hiukkasten liikettä
- Magneettikenttä
 - Sähkövirta aiheuttaa magneettikentän ja päinvastoin



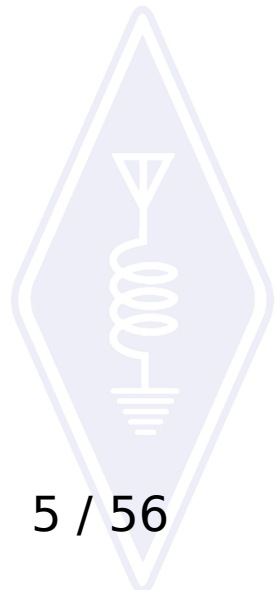
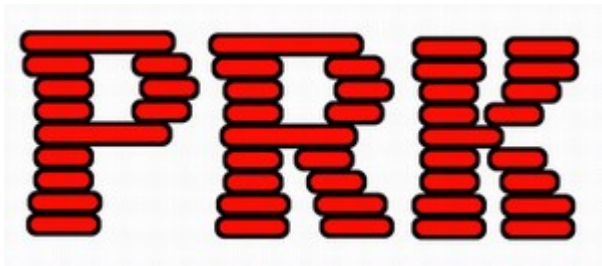
Jännite

- Sähköinen potentiaaliero kahden pisteen välillä
 - Vrt. potentiaalienergia
- Yksikkö Voltti, V
- Esim. paristo 1,5V, auton akku 12V, verkkosähkö 230V



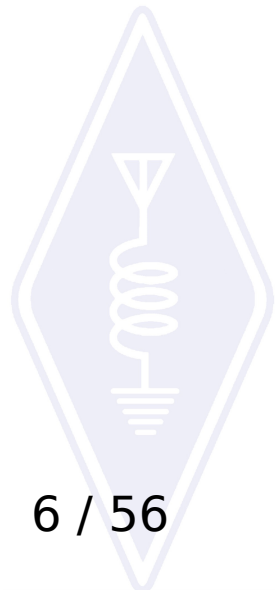
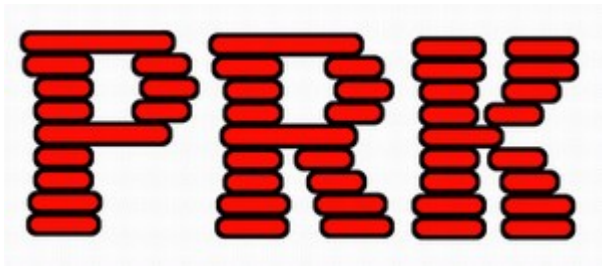
Virta

- Sähköisesti varautuneiden hiukkasten liikettä
 - Kuvaa kulkevan virran, eli elektronien, määrää
- Yksikkö Ampeeri, A
- Esim. ledi 10mA, 100W hehkulamppu 0,43A, pyykkikone 16A



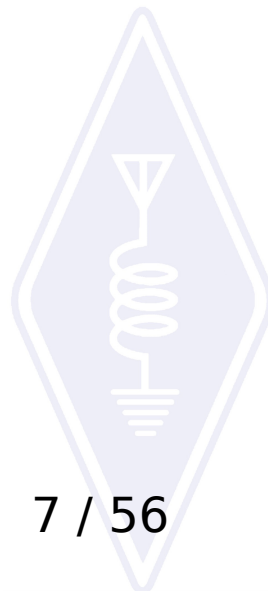
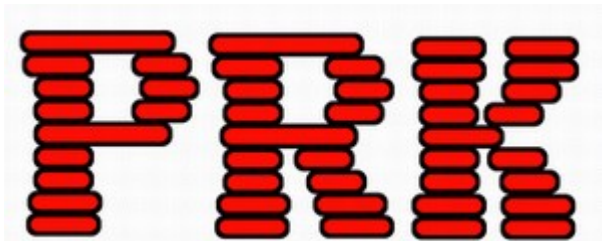
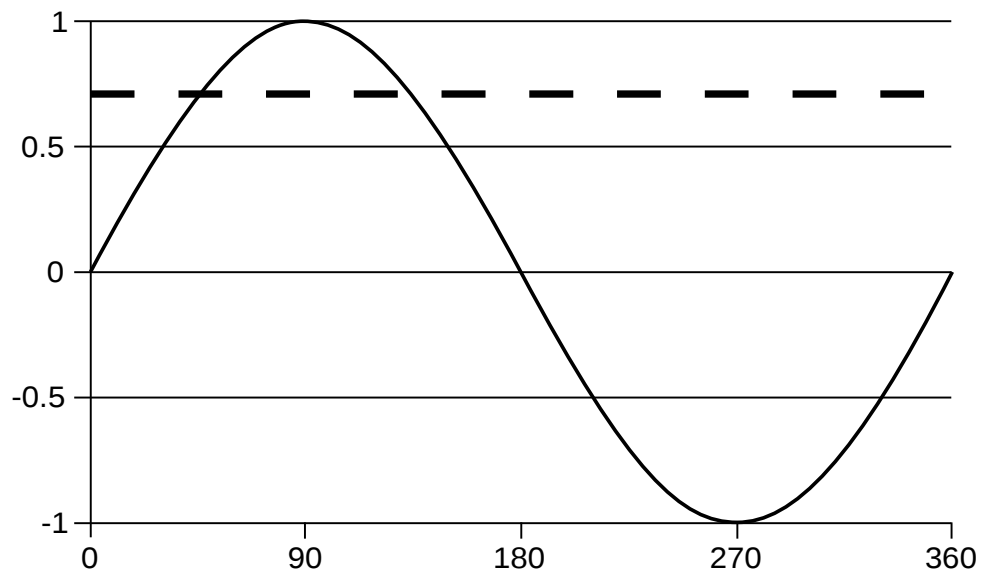
Tasavirta, DC

- Virran suunta pysyy vakiona
 - Myös jännitteen suunta vakio
- Autoissa, laitteiden sisällä, paristoissa



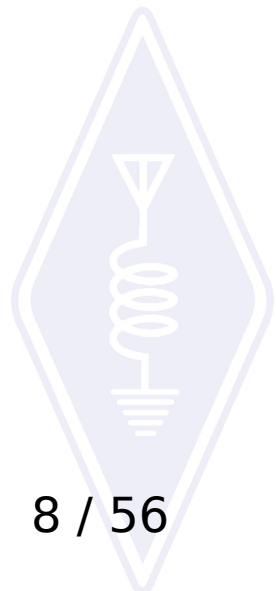
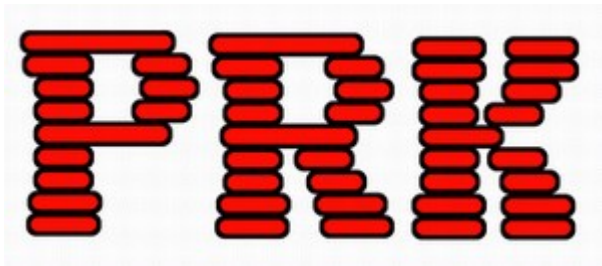
Vaihtovirta, AC

- Virran suunta vaihtelee ajan funktiona
- Verkkosähkö (50/60Hz)
- Aaltomuoto yleensä ns. siniaalto, mutta myös muita olemassa ja käytössä
- Tehollisarvo (RMS) = Huippuarvo / $\sqrt{2}$



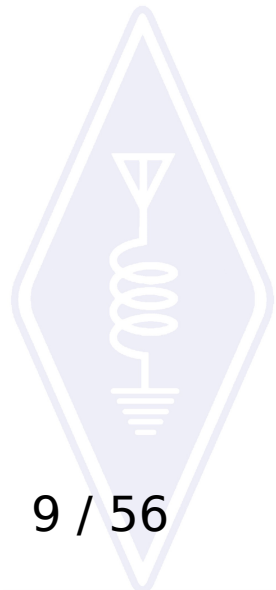
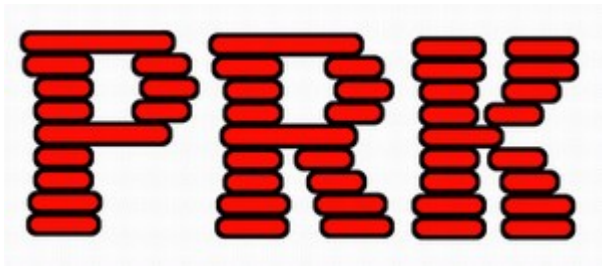
Teho

- Energia per aikayksikkö ($W = J / s$)
- Yksikkö Watti, W
- $P = U * I, \dots$
- Tasavirralla, vaihtovirralla hieman mutkikkaampaa



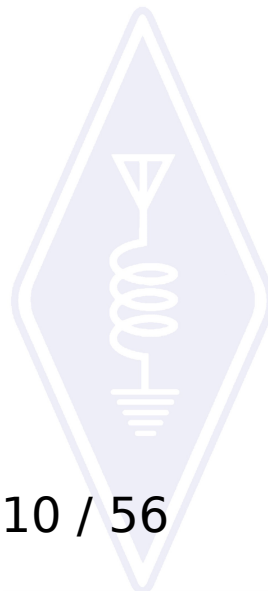
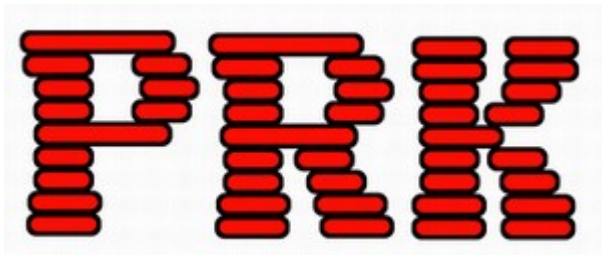
Näennäisteho

- Vaihtovirralla, tehollisjännitteen ja -virran tulo
 - $S = U * I$
 - Yksikkö Volttiampeeri, VA
- Jos jännite ja virta samassa vaiheessa näennäisteho $S =$ pätöteho P , muuten $S > P$
- Sinimuotoisilla jännitteillä ja virroilla
 - $S^2 = P^2 + Q^2$



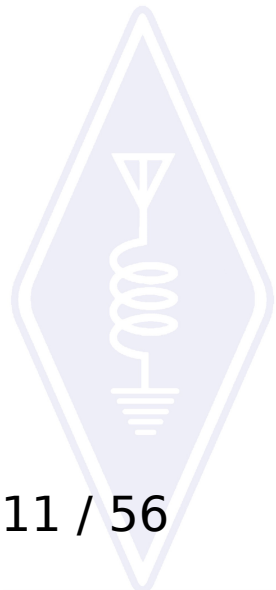
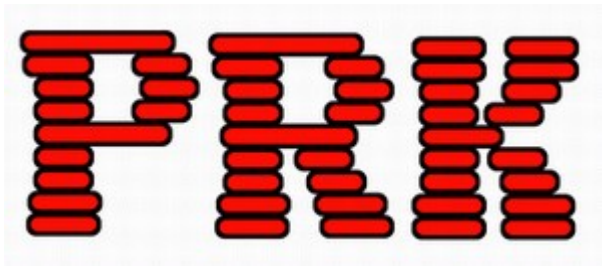
Pätöteho

- Todellisuudessa kulutettu teho, vrt. DC-teho
 - $P = U * I * \cos \varphi$
 - Yksikkö Watti, W
- Se teho, joka lämmittää vastusta
- Tehokerroin $\cos \varphi$ pätötehon suhde näennäistehoon ($\cos \varphi = P / S$)



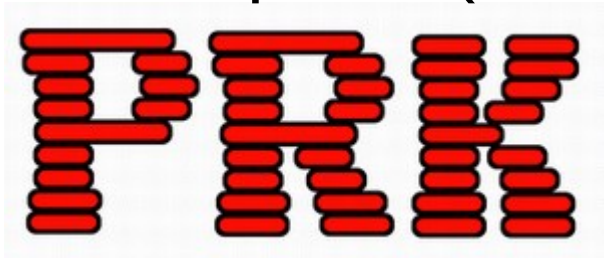
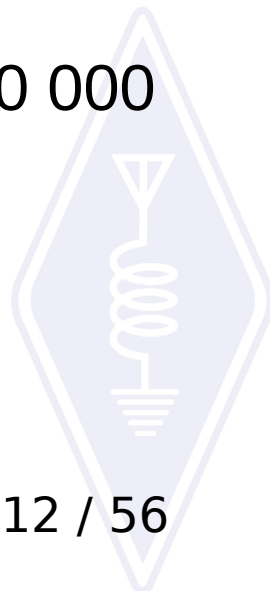
Loisteho

- Jos jännite ja virta eivät ole samassa vaiheessa, esiintyy loistehoa
 - Kapasitanssien ja induktanssien aiheuttamaa edestakaisin värähtelevää tehoa
 - Ei tee työtä, mutta rasittaa verkkoa
- Yksikkö vari, VAr
- $Q = U * I * \sin \varphi$



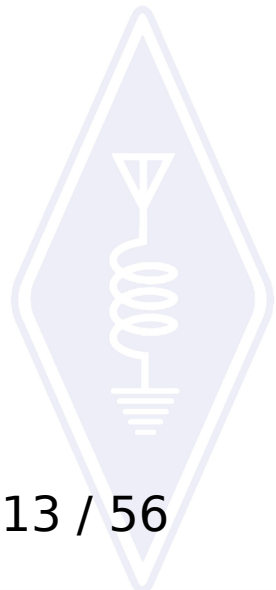
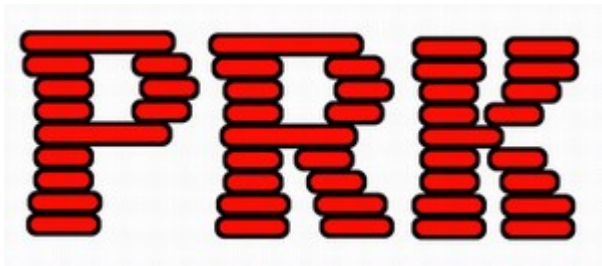
Desibeli, dB

- Suhdeluku $X = 10 \log_{10} (A / B)$
 - Voidaan referoida tiettyyn lukuun, esim. tehotasoon
 - Radiotekniikassa yleisesti verrataan 1mW:iin $\rightarrow 0 \text{ dBm}$
- Muuttaa kertolaskut yhteenlaskuiksi
- Logaritminen:
 - +3dB \rightarrow tupla, -3dB \rightarrow puolikas,
 - +10dB \rightarrow kymmenkertainen, -10dB \rightarrow kymmenesosa
 - Esim: +23dB \rightarrow 200, -13dB \rightarrow 0,05 (1/20), +46dB \rightarrow 40 000
- Jännitteille $X = 20 \log_{10} (A / B) \rightarrow$ desibelimäärät tuplana ($\pm 6\text{dB}$, $\pm 20\text{dB}$)



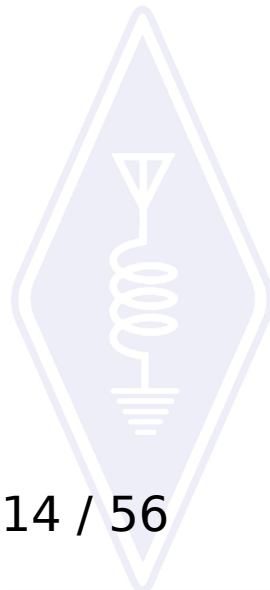
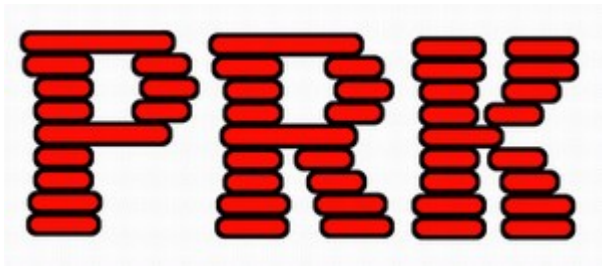
Resistanssi

- Komponentin, johtimen tai piirin osan kyky vastustaa sähkövirtaa
 - Jännitteen ja virran suhde ($R = U / I$)
- Yksikkö Ohmi, Ω



Impedanssi

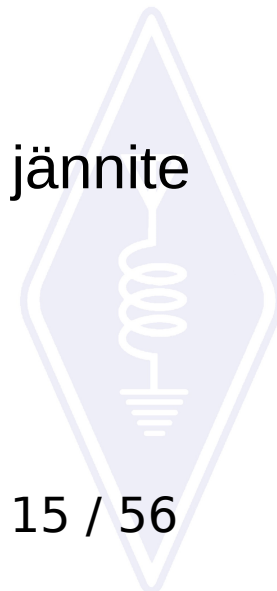
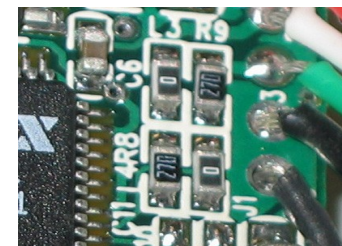
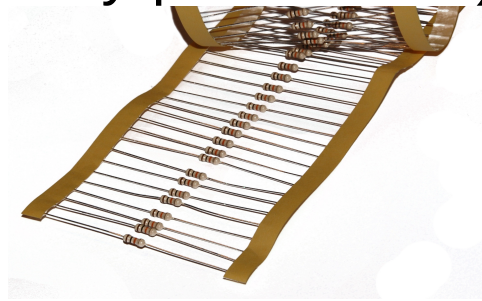
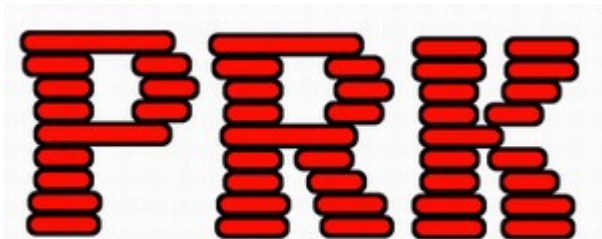
- ”Vaihtovirtaresistanssi”
- Yksikkö Ohmi, Ω
- Induktanssi ja kapasitanssi aiheuttavat reaktanssia, riippuu taajuudesta
 - $Z = R + X_L + X_C = R + \omega L + 1 / \omega C \quad | \quad \omega = 2 * \pi * f$



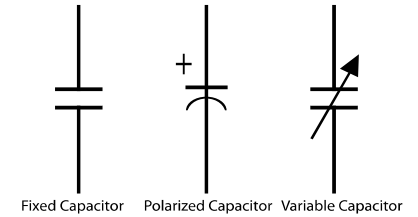
Vastus



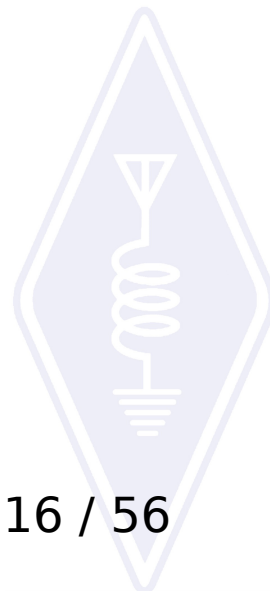
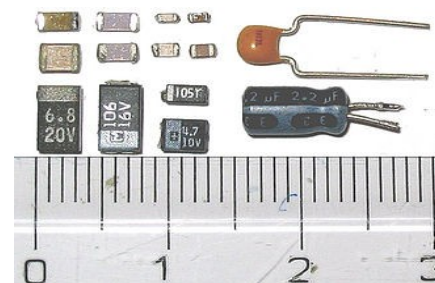
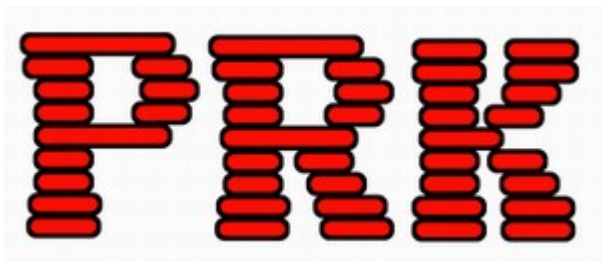
- Vastustaa virran kulkua
- Resistanssi ilmoitetaan yleensä värikoodatuilla renkailla
- Ominaisuuksia:
 - Resistanssi $R = U / I$, toleranssi %, tehonkesto W , lämpötilariippuvuus ppm/K
- Käyttötarkoituksia:
 - Rajoittaa virran kulkua, muodostaa jännitteenjakoja, esijännittää (biasoida) aktiivikomponentteja, terminoida/sovittaa siirtojohtoja, lämmittää, kuluttaa hukkatehoa, ylös-/alasetovastus, jne...
- Säädettävät vastukset ~ trimmerit, potentiometrit, rheostaatit
- Säätävät vastukset ~ LDR – valo, NTC & PTC – lämpö, VDR - jännite
- Lämpökohina (Johnson-Nyquist -kohina)



Kondensaattori



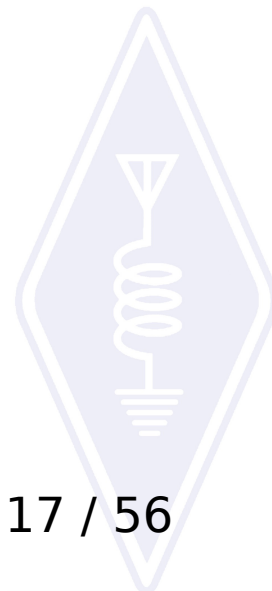
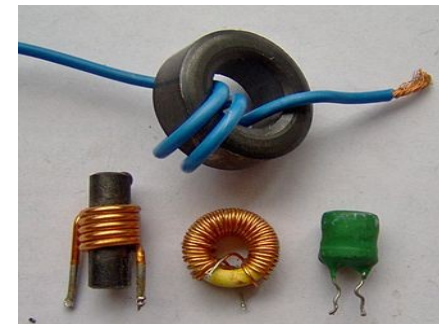
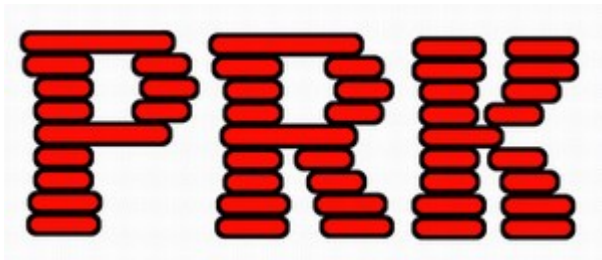
- Varastoi energiaa sähkökenttään
- Ominaisuuksia:
 - Kapasitanssi $C = Q / U$, $C = \epsilon * A / d$, yksikkö Faradi, F
 - Impedanssi $Z = 1 / (\omega C) = 1 / (2 * \pi * f * C)$, Ω
 - Toleranssi, jännitteenkesto, polaarisuus, käyttölämpötila-alue, ESR, maksimi rippelivirta
- Käyttötarkoituksia:
 - Jännitteen tasaaminen, suodattimet, resonanssipiirit, tasavirran pysäyttäminen, muistin varmentamiseen, läpivientikondensaattorina



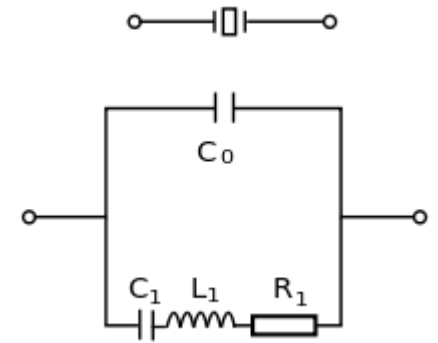
Kela



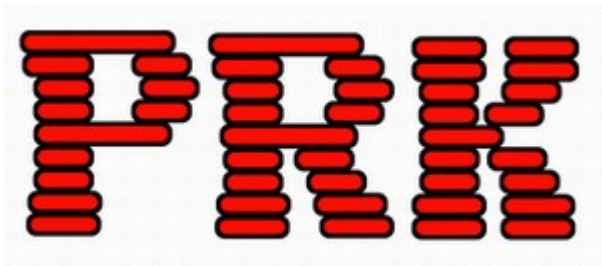
- Varastoi energiaa magneettikenttään
- Ominaisuuksia:
 - Induktanssi L riippuu rakenteesta, yksikkö Henry, H
 - Impedanssi $Z = \omega L = 2 * \pi * f * L$
 - Sydänmateriaali, toleranssi, maksimivirta, käyttölämpötila-alue, DC-resistanssi, itseisresonanssitaajuus
- Käyttötarkoituksia:
 - Virran tasaaminen, suodattimet, resonanssipiirit, vaihtovirran pysäyttäminen



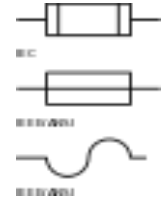
Kide



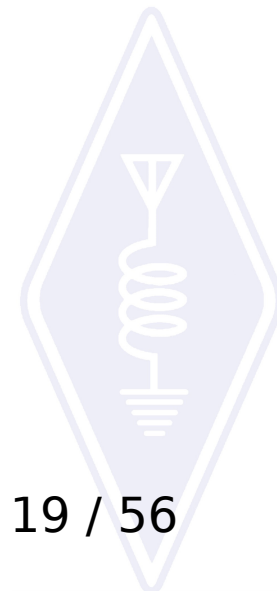
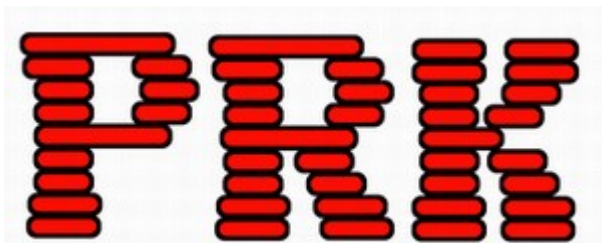
- Värähtelevän kvartsikiteen muodostama resonanssipiiri
- Käyttäytyy RLC-piirin kaltaisesti
- Ominaisuuksia:
 - Taajuus, vakaus, kuormakapasitanssi, värähtelytapa/leikkaus
- Käyttötarkoituksia
 - Värähtelijä oskillaattoreissa, suodattimet



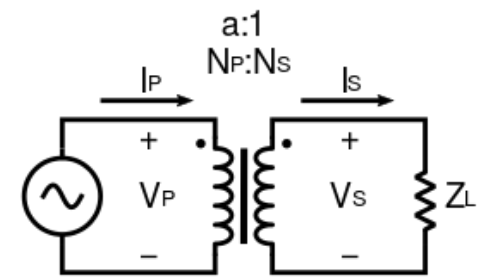
Sulake



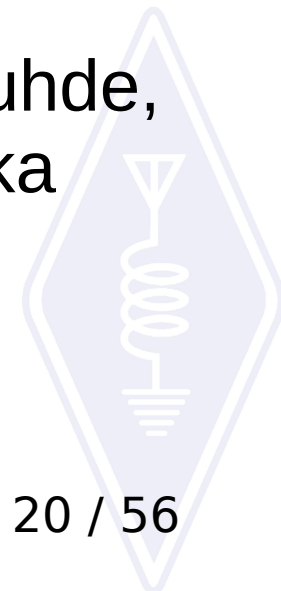
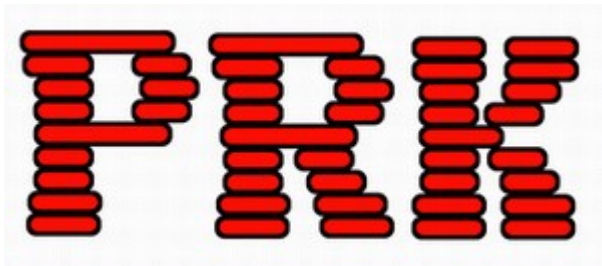
- Suojaa johdinta ja laitetta ylivirralla ja ylikuumenemiselta
 - Katkaisee virtapiirin ylivirta- ja oikosulkuilanteissa
 - Pienentää tulipalon riskiä merkittävästi
- Erityisen tärkeää käytettäessä suureen antovirtaan kykenevää teholähdettä
 - Esim. Litium- ja lyijyakut, verkkosähkö



Muuntaja

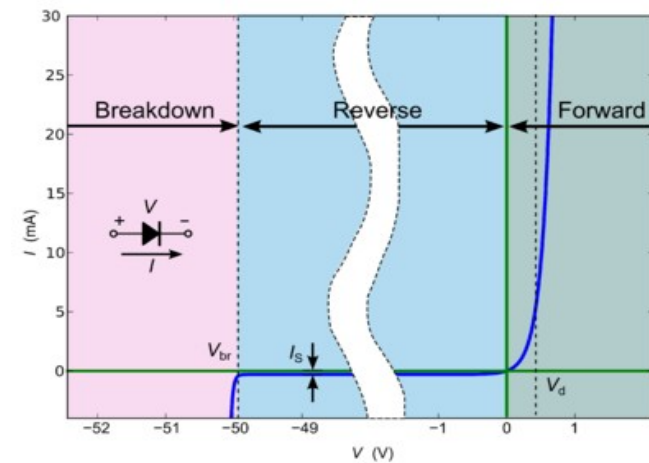


- Vaihtosähkön jännitteen muuttamiseen, impedanssitasojen sovittamiseen, signaalien erottamiseen
 - Vaatii vaihtosähköä toimiakseen
- Ominaisuuksia:
 - Muuntosuhde $N_1/N_2 = U_1/U_2 \approx I_2/I_1$
 - Nimellis- ja maksimijännite sekä -virta, muuntosuhde, käämien lukumäärä ja konfiguraatio, eristysluokka

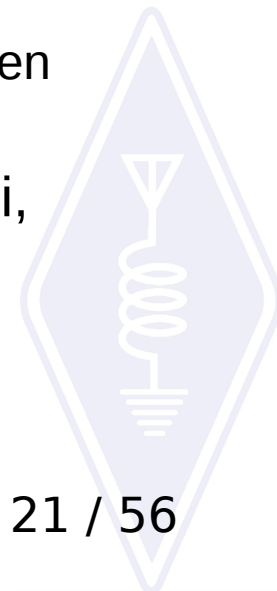
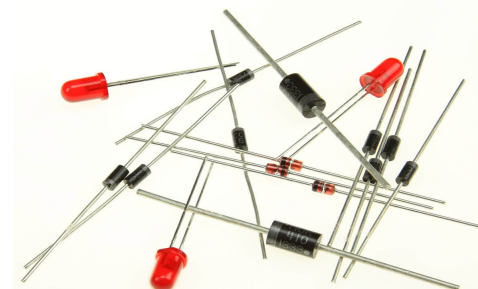
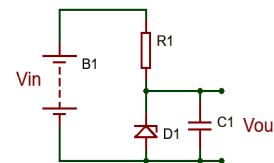
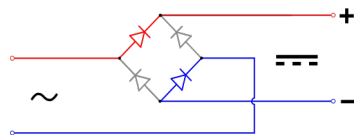
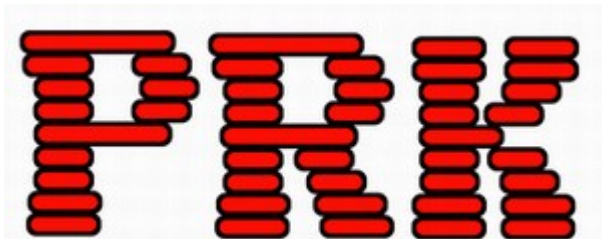


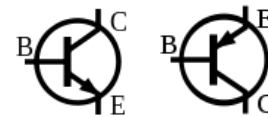


Diodi



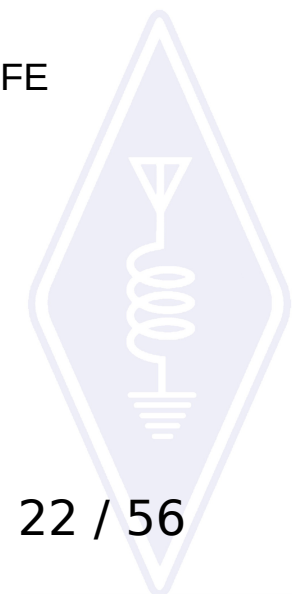
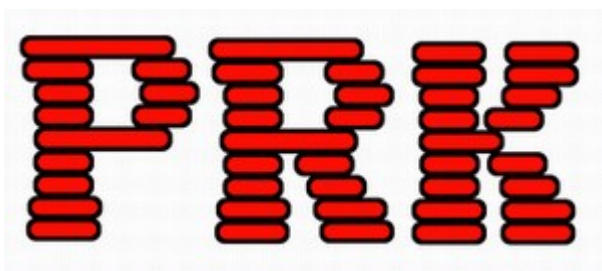
- Johtaa virtaa vain yhteen suuntaan
 - Toiseen suuntaan eriste, toiseen suuntaan ”johde”
 - Päästösuuntaan nk. kynnyksjännite, riippuu puolijohteen materiaalista, rakenteesta ja läpi kulkevasta virrasta, piidiodeilla noin 0,6V
- Ominaisuuksia:
 - Maksimivirta päästösuuntaan, maksimijännite estosuuntaan, kynnyksjännite (I-V-käyrä), vuotovirta estosuuntaan, nopeus, lämpötilariippuvuus...
- Käyttötarkoituksia:
 - Tasasuuntaus, vastajännitesuojaus, diodilogiikka, esijännitys, lämpötilakompensointi, ilmaisu, kytkimenä, virityspiirin säätimenä, jännitteen rajoittaminen, jännitteen vakavointi
- LED, fotodiodi, optoerottimet, Schottky-diodi, Zener-diodi, PIN-diodi, varaktori/kapasitanssidiodi, TVS, jne...



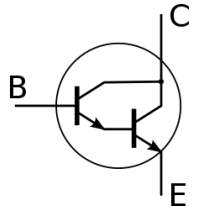


Bipolaaritransistori, BJT

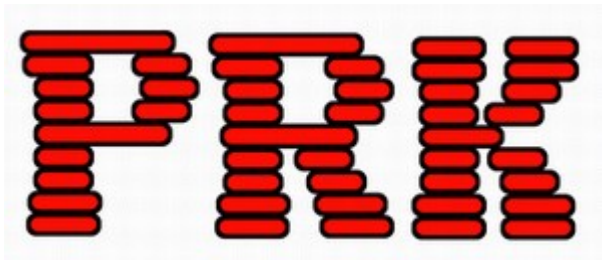
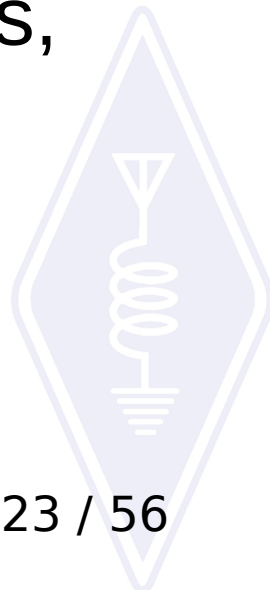
- Virtaohjattu vahvistin/kytkin
- Eri toimintatiloja ja toimintapisteitä, NPN- ja PNP-tyypit
- Ominaisuuksia:
 - Kollektorin maksimivirta riippuu kantavirrasta, $I_{Cmax} = I_B * \beta$
 - Vaatii kantavastuksen
 - Maksimi CE- ja BE-jännite, maksimi C- ja B-virta, tehonkesto, maksimitaajuus, virtavahvistuskerroin β/h_{FE}
- Käyttökohteita:
 - Vahvistimena, kytkimenä, invertterinä



Darlington-kytkentä

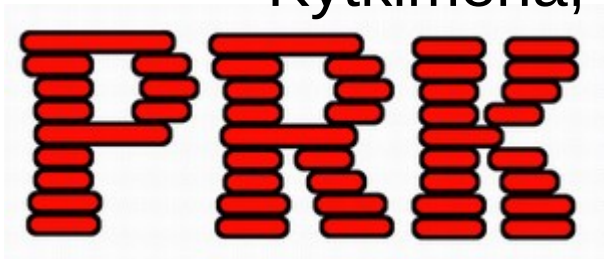
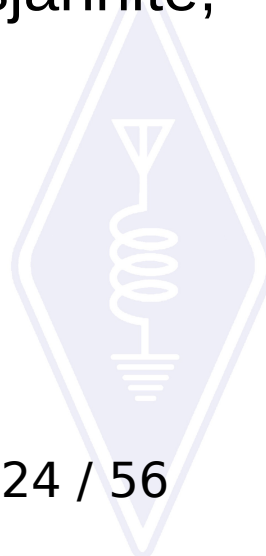
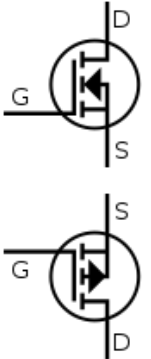


- BJT-transistorilla rajallinen virtavahvistus
- Suurempia virtoja voidaan ohjata nk. Darlington-kytkennällä
 - Transistoreja ”ketjutettu” peräkkäin
- Erilliskomponenteista tai valmiina komponenttina
- Yleensä merkittävästi suurempi virtavahvistus, kuin ”normaalilla” transistorilla
- Nykyään myös hyviä MOSFET-transistoreja



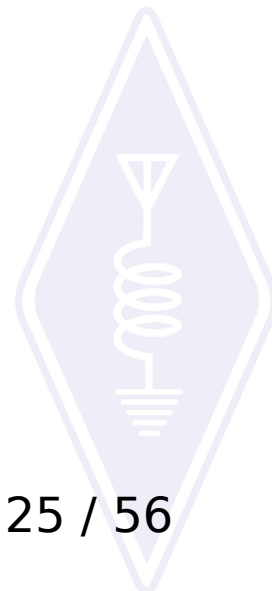
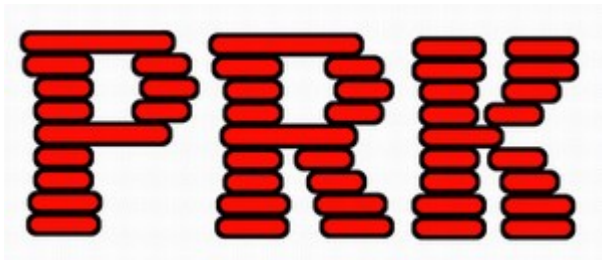
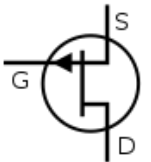
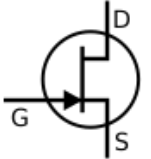
Kanavatransistori, FET, MOSFET

- Jänniteohjattu vahvistin/kytkin
 - Lineaaritila, saturaatiotila
 - Helppokäyttöisempi kuin bipolaaritransistori
 - Vastaa toiminnaltaan elektroniputkea
 - Lähes aina integroitu diodi, lähes aina johtamaton kanava ilman ohjausta (avaustyyppinen, enhancement mode)
- Ominaisuuksia
 - Maksimi DS- ja GS-jännite, maksimi D-virta, GS-kynnysjännite, tehonkesto, hilakapasitanssi, maksimitaajuus
- Käyttökohteita
 - Kytkimenä, vahvistimena, invertterinä, ideaalidiodina

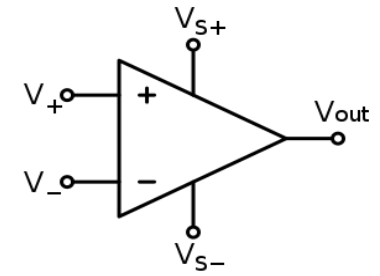


Liitoshilatransistori, JFET

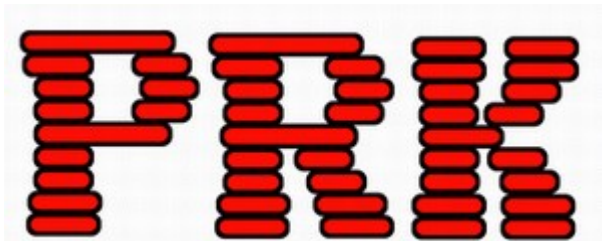
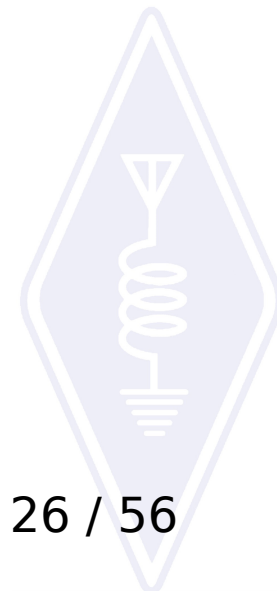
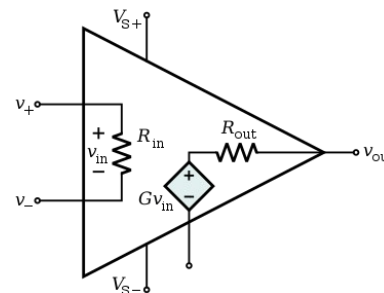
- Jänniteohjattu vastus, kytkin
- Kanava kaksisuuntainen, eikä yleensä integroitua diodia, jolloin kytkentäsuunta vaikuttaa lähinnä hilan toimintaan
- Voidaan käyttää esim. jänniteohjattuna ”volumesäätimenä” audiosovelluksissa
- Kanava johtavassa tilassa ilman ohjausta (sulkytyyppinen, depletion mode)



Operaatiovahvistin

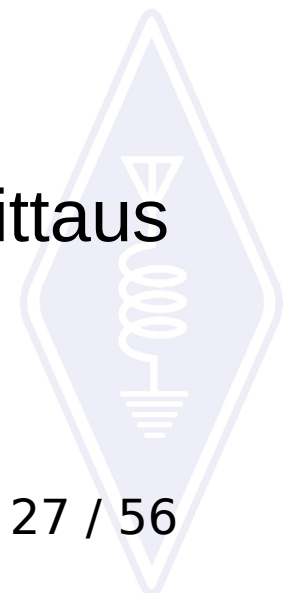
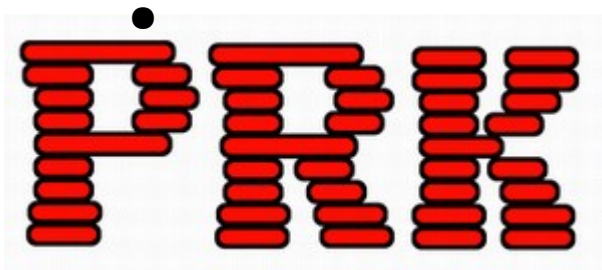


- Suurivahvistuksinen differentiaalivahvistin
 - Differentiaalinen tulo, (yleensä) ei-differentiaalinen lähtö
 - Vahvistaa tulon jännite-eron
 - Ideaalisesti ääretön vahvistus ja kaistanleveys, takaisinkytkettynä tulojen välillä ns. virtuaalioikosulku
- Instrumentaatiovahvistin, erotusvahvistin, komparaattori

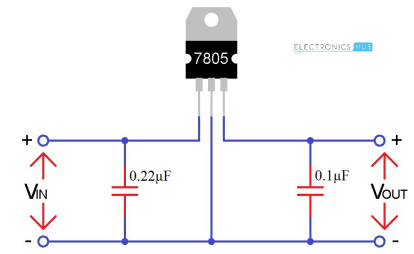


Operaatiovahvistin jatkuu

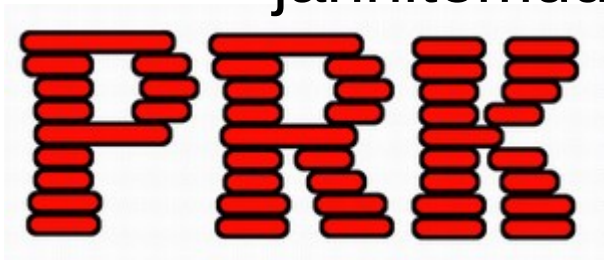
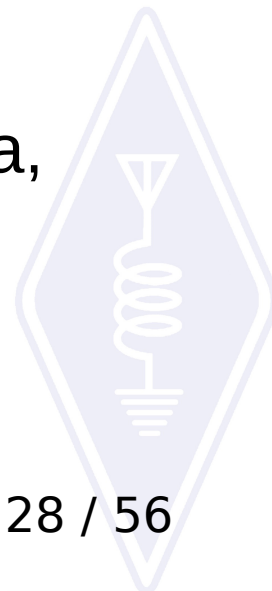
- Ominaisuuksia
 - Suuri vahvistus, kaistanleveys (GBWP), tulon vuotovirta ja poikkeamajännite, yhteismuotoisen signaalin vaimennus (CMRR), käyttöjännitteen muutoksen vaimennus (PSRR), kohinajännite ja -virta, lähdön jännitealue, lähdön muutosnopeus (Slew Rate), maksimi lähtövirta
- Käyttötarkoituksia
 - Vahvistin, komparaattori, virtuaalimaa, virran mittaus



Regulaattori

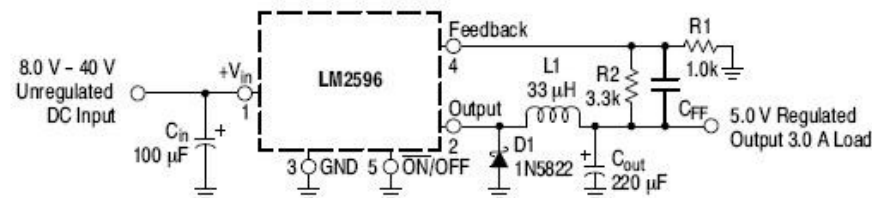
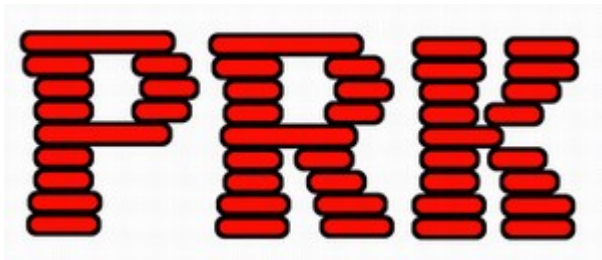


- (Käyttö)jännitteen tasaamiseen tunnetulle tasolle
- Lineaarinen regulaattori hävittää ”ylimääräisen jännitteen” lämmöksi
 - $P = (U_{in} - U_{out}) * I$
- Yksinkertainen kytkentä
- Myös säädettäviä tyyppejä
- Ominaisuuksia:
 - Lähtöjännite, maksimi tulojännite, maksimi lähtövirta, minimi jännitteenpudotus, kohina, tulon jännitemuutosten vaimennus



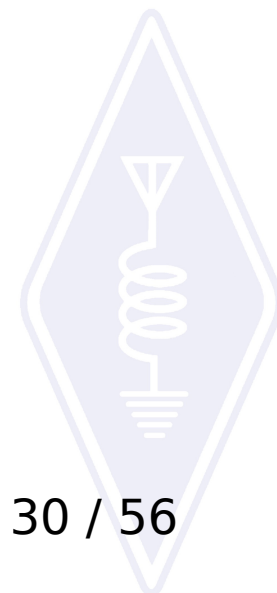
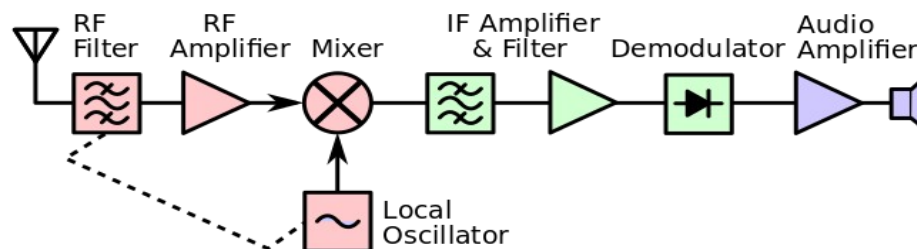
Hakkuriregulaattori

- Perustuu katkojaan, säilöö energiaa sähkö- tai yleensä magneettikenttään
 - Monimutkaisempi kytkentä kuin lineaariregulaattorilla
 - Parempi hyötysuhde, jopa $>95\%$
- Topologiasta riippuen voi myös nostaa jännitettä, invertoida jännitteen tai toteuttaa galvaanisen erotuksen
- Vaatii aina suodatuksen tuloon ja lähtöön
 - Katkojan nopeat nousu- ja laskuajat aiheuttavat runsaasti korkeataajuisia harmonisia taajuuskomponentteja, jotka johtumisen lisäksi myös säteilevät



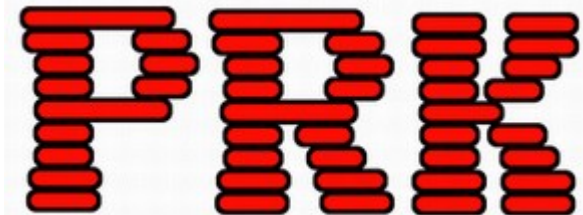
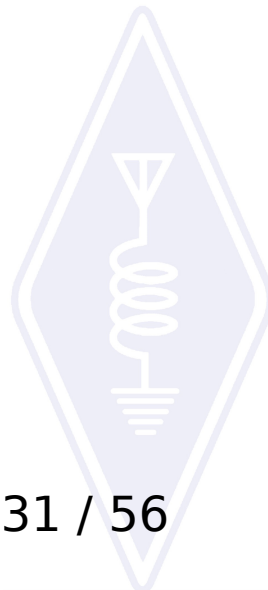
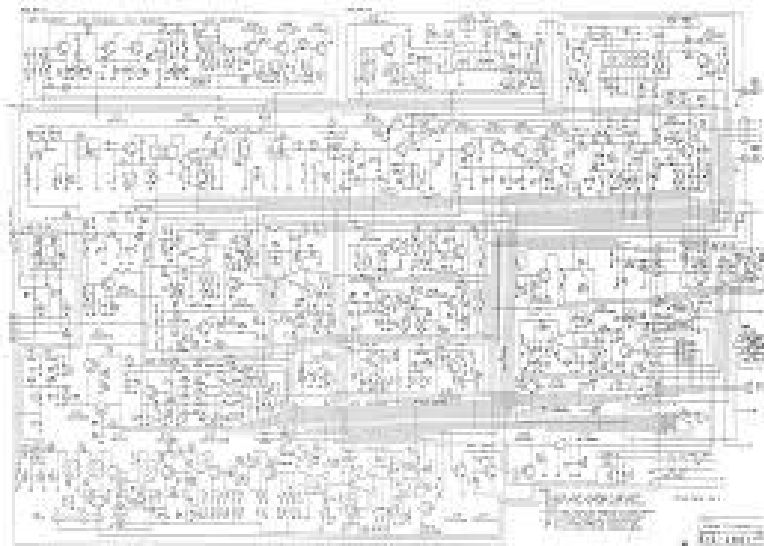
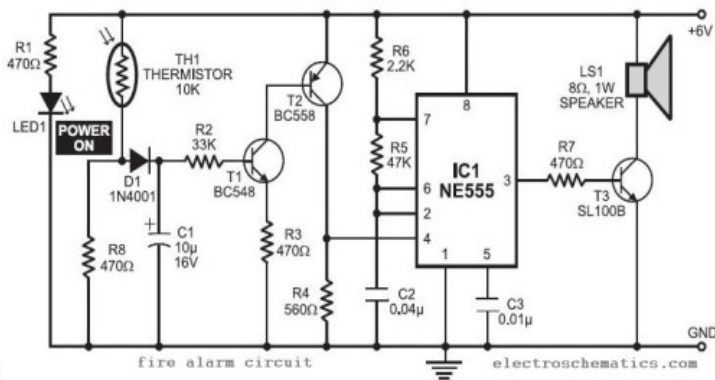
Lohkokaavio

- Korkean tason esitys piirin toiminnasta
 - Esitetään toiminta yksinkertaistettuina lohkoina
 - Voidaan esittää eri tarkkuuksilla
- Antaa nopeasti kuvan laitteen toimintaperiaatteesta

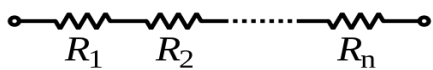


Kytkenäkaavio

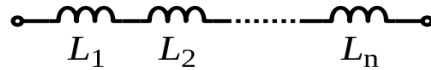
- Komponenttitason esitys laitteen toiminnasta
 - Yksittäiset komponentit ja niiden väliset kytkennät
- Komponenttiarvot joskus merkattu vain erilliseen listaan
- Voidaan jakaa osiin esim. toiminnallisuuksittain



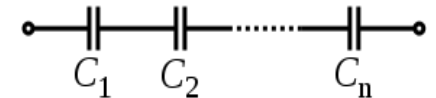
Passiivikomponenttien rinnan- ja sarjaankytkentä



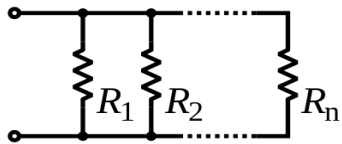
$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$



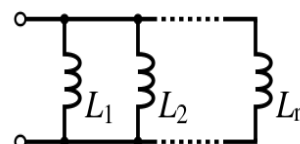
$$L_{\text{eq}} = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$



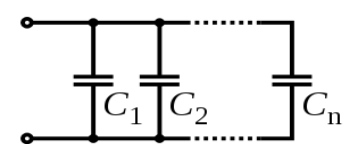
$$\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \sum_i \frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$



$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

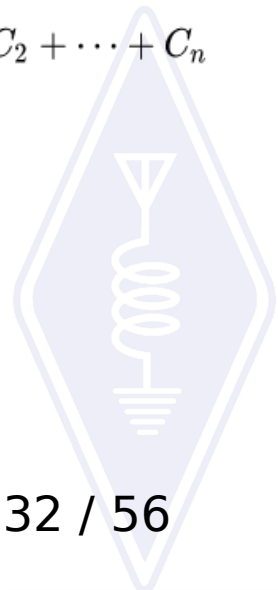
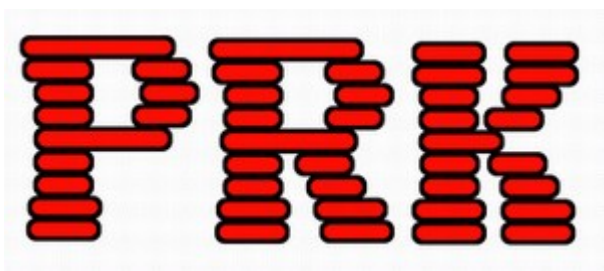


$$\frac{1}{L_{\text{eq}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}$$



$$C_{\text{eq}} = \sum_i C_i = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

$$R_{\text{total}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

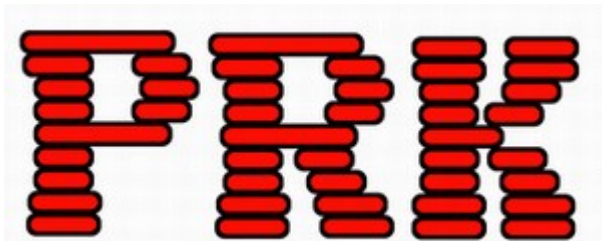
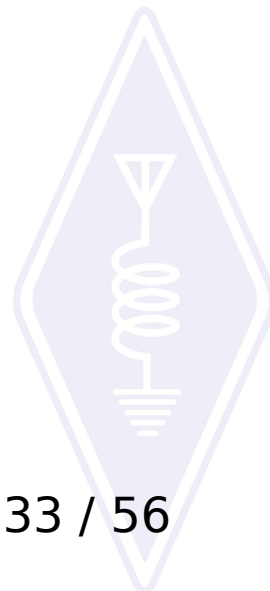
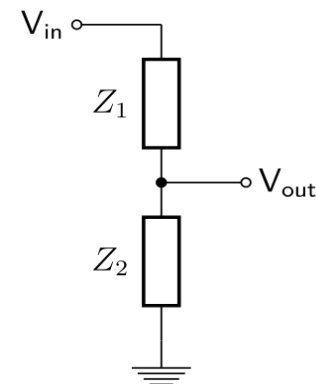


Jännitteenjakokytkentä

- Lähtöjännite impedanssien suhteessa tulojännitteeseen
- Yleensä käytetään vain vastuksia
- Käyttötarkoituksia:
 - Korkean jännitteen/käyttöjännitteen mittaaminen, esijännitys, logiikkatasojen sovittaminen

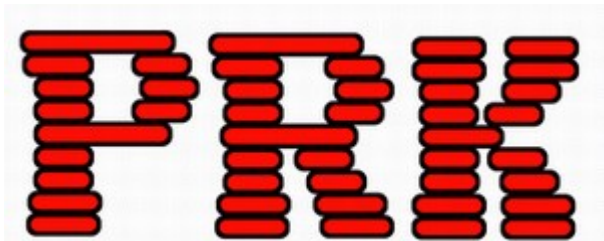
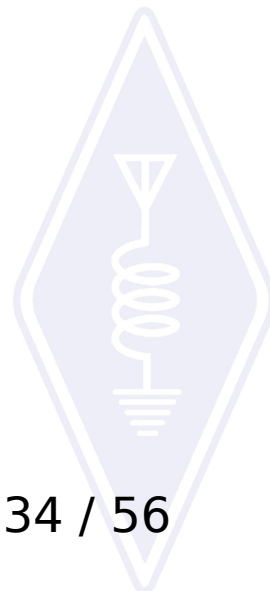
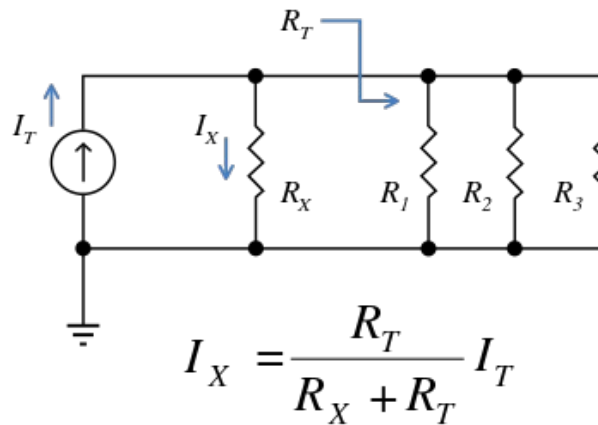
$$V_{\text{out}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{\text{in}}$$

$$V_{\text{out}} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot V_{\text{in}}$$



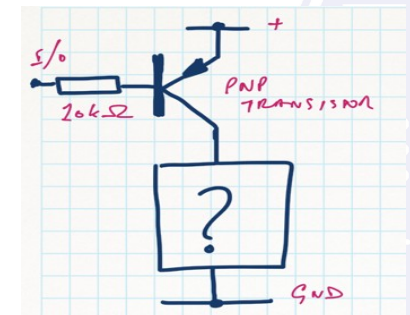
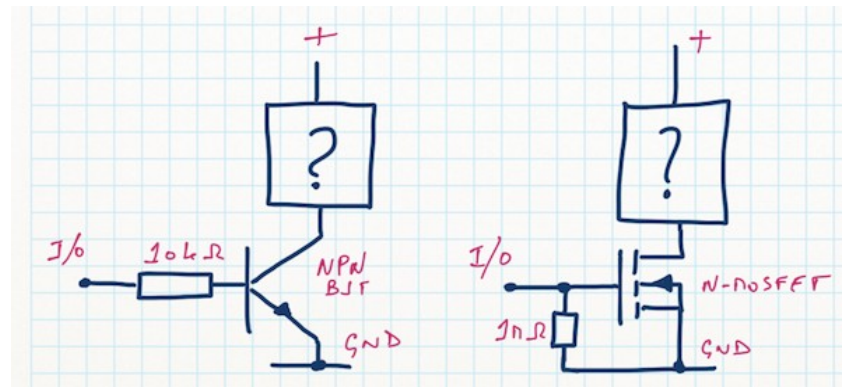
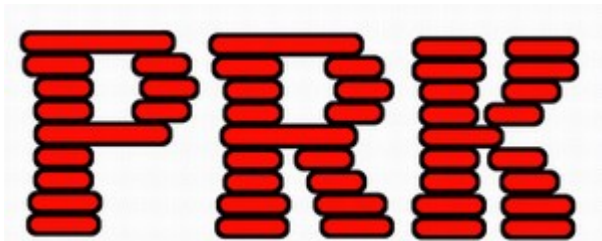
Virranjakokytkentä

- Kokonaisvirran jakautuminen eri haarojen välillä
- Käyttötarkoituksia:
 - Virran mittauksessa, rinnankytkentöjen tehonkeston mitoituksessa

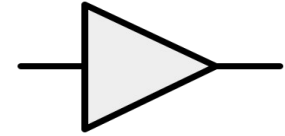


Transistori kytkimenä

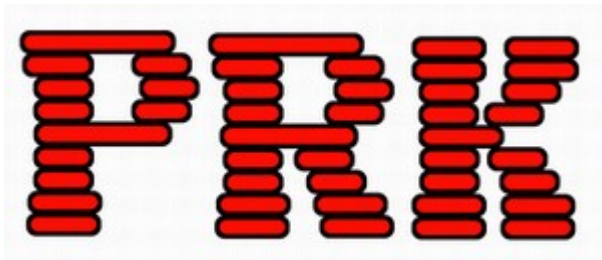
- Jännitteellä tai pienellä virralla ohjataan suurempaa virtaa tai jännitettä
- N-tyyppin transistorilla kytkin kuorman ja maan välissä (low side switching)
- P-tyyppin transistorilla kytkin on käyttöjännitteen ja kuorman välissä (high side switching)
 - Kytkeä pysyy maadoitettuna vaikka ohjaus poistettaisiin
 - Voidaan toteuttaa myös n-tyyppin transistorilla, mutta vaatii erillisen korkeamman ohjausjännitteen
 - Hilalla/kannalla alas-/ylösvetovastus ($\sim 10\text{k}\Omega - 330\text{k}\Omega$, ei kovin tarkka)



Vahvistin

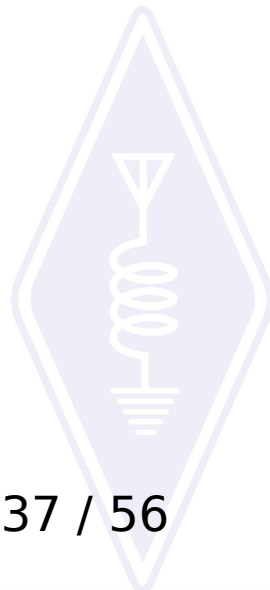
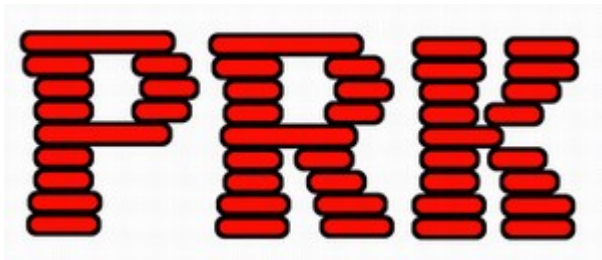


- Vahvistaa tulosignaalin suurempitehoiseksi
- Toteutetaan aktiivikomponentilla
 - BJT, MOSFET, JFET (elektroniputki, ...)
 - Vaatii tehonsyötön
 - Myös integroituja vahvistimia
- Jännite-, virta- tai tehovahvistus
 - Suure lineaarinen tai logaritminen (desibelit)
- Usein negatiivinen takaisinkytkentä
 - Parantaa kaistanleveyttä, säröä ja rajoittaa vahvistusta

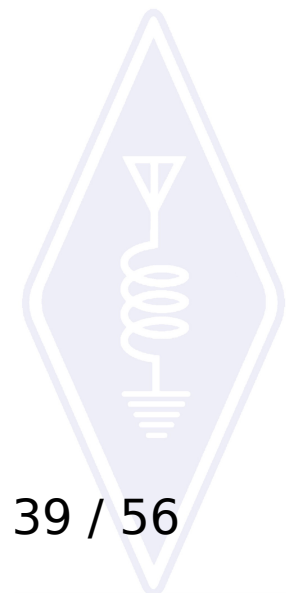
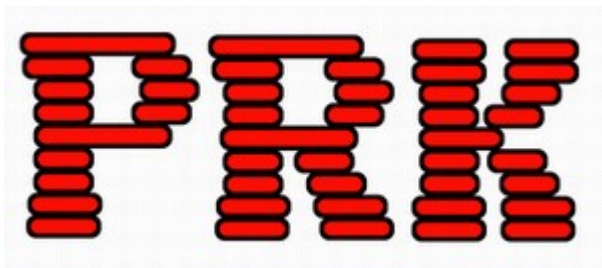
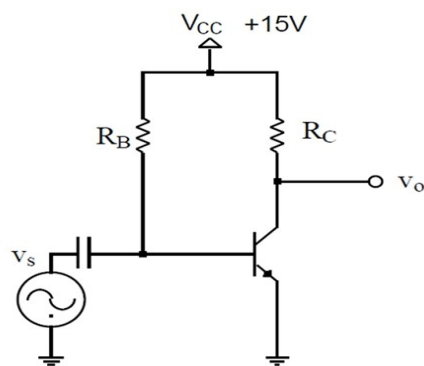
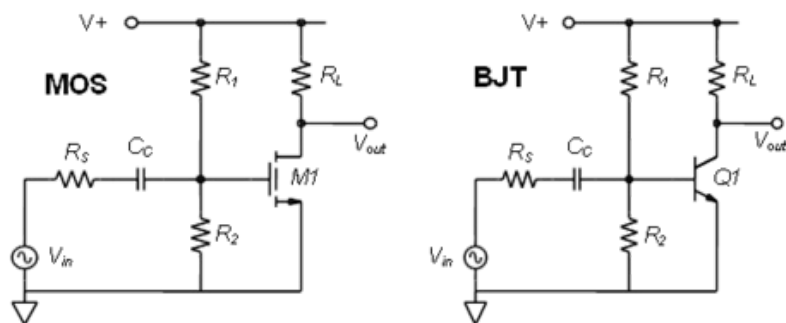


Vahvistin jatkuu

- Ominaisuuksia:
 - Tehovahvistus (dB), jännitevahvistus, virtavahvistus
 - Taajuus, kaistanleveys
 - Tulo- ja lähtöimpedanssi
 - Maksimi tulo- ja lähtöteho, maksimi hukkateho
 - Käyttölämpötila-alue, lämpötilariippuvuus
 - Särö, lineaarisuus, esijännitys (bias)
 - Kohinaluku
 - Hyötysuhde, tehonkulutus

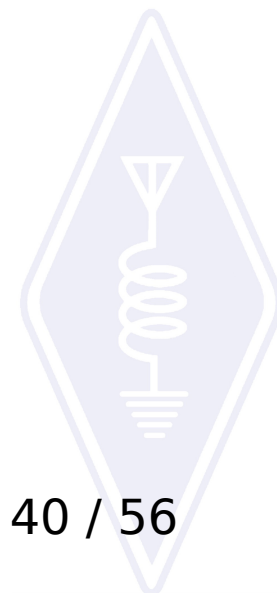
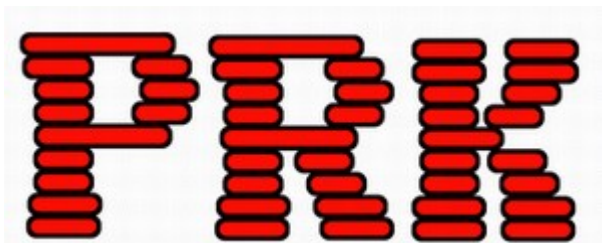
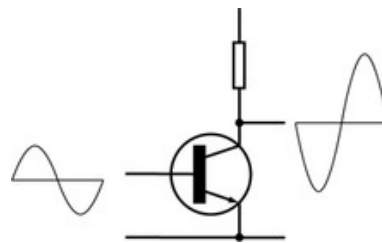


Transistori vahvistimena



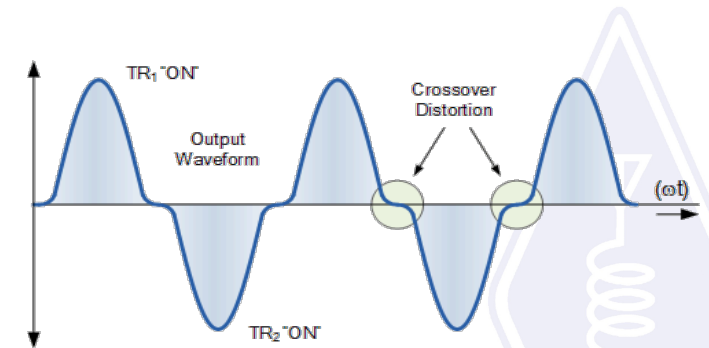
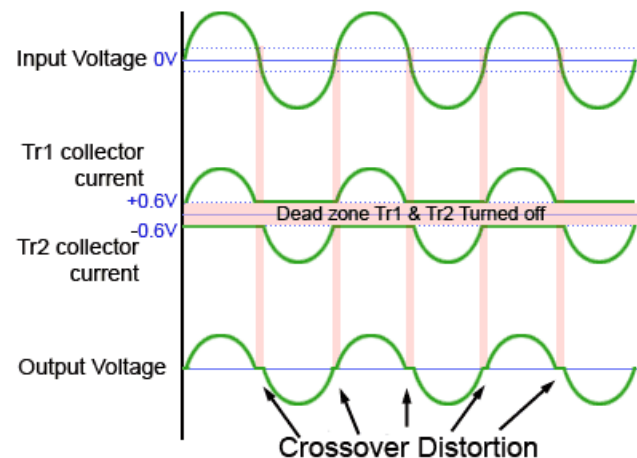
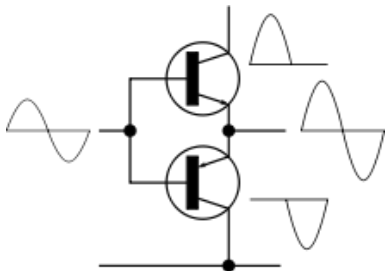
A-luokka

- Transistori johtaa koko jakson ajan
- Lineaarisiin vahvistinluokkaan, vähiten säröä
- Peruskytkennoilla hyötysuhde korkeintaan 25%, erityisratkaisuilla korkeintaan 50%



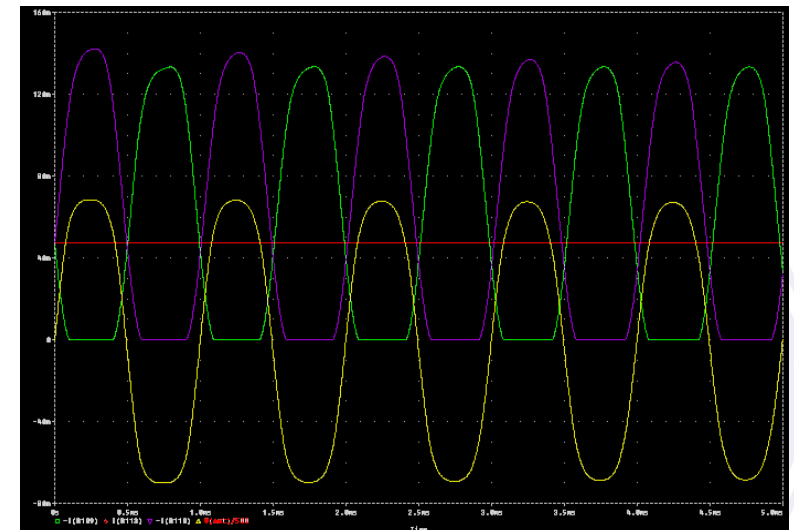
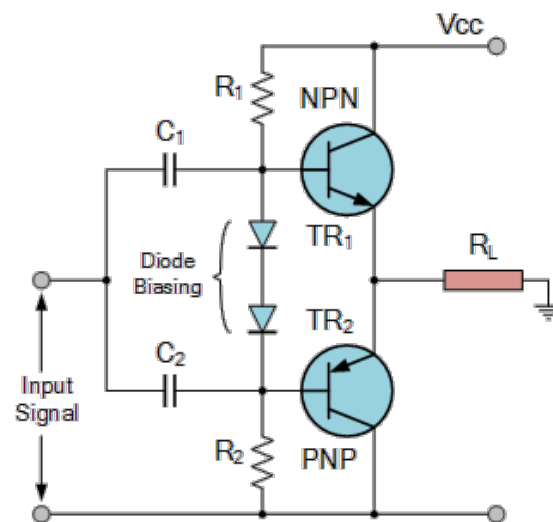
B-luokka

- Transistori johtaa puolen jakson ajan
 - Käytetään kahden transistorin kytkentää
- ”Nollakohdan” ylityksestä ylimenosäröä
- Hyötysuhde korkeintaan $\pi/4$ (78,5%)



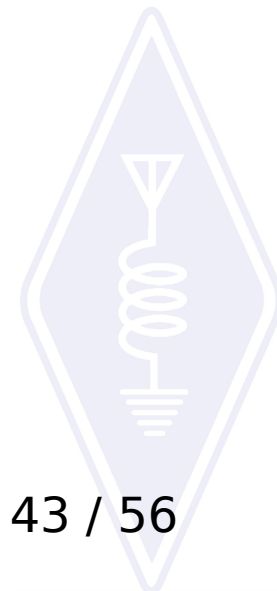
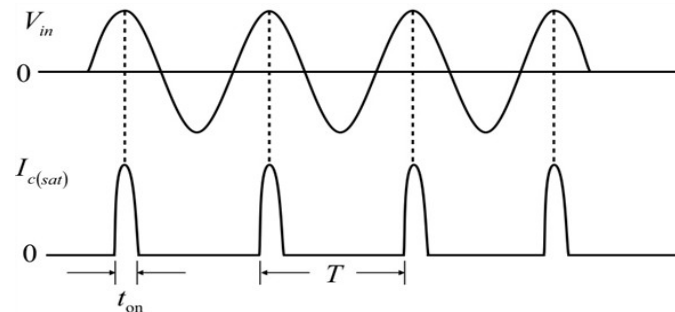
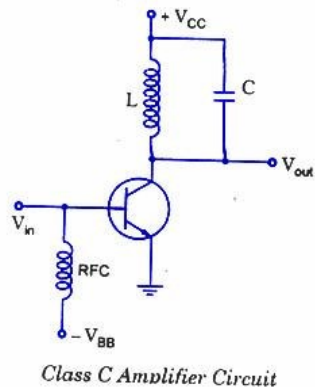
AB-luokka

- Transistori johtaa hieman yli puolen jakson ajan
 - Kompromissi A- ja B-luokkien välillä
- Hyötysuhde huonompi kuin B-luokassa, mutta yleensä paljon A-luokkaa parempi
- Ei tuota ylimenosäröä



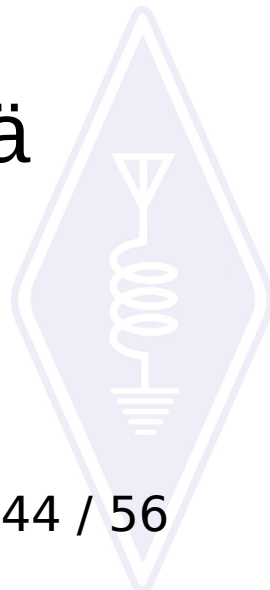
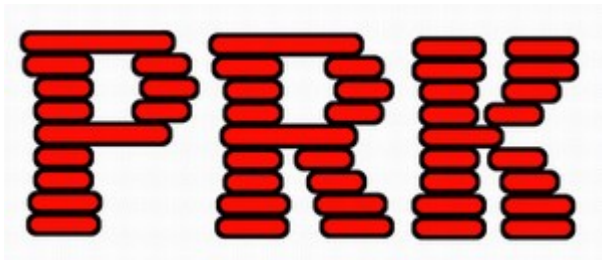
C-luokka

- Transistori johtaa alle puolen jakson ajan
- Runsaasti korkeampia harmonisia taajuuskomponentteja
 - Vaatii alipäästösuodattimen jälkeensä
- Hyötysuhde jopa 80%
- Epälineaarinen → Vain vakioamplitudisille modulaatioille (esim. CW, FM, PSK)



Integroidut vahvistimet

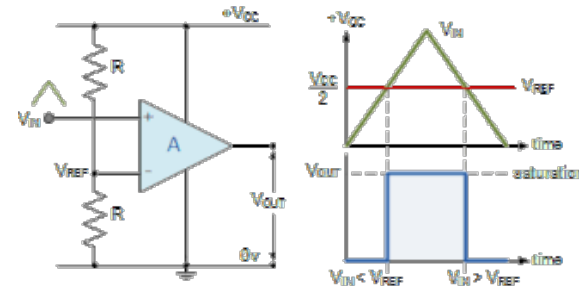
- Vahvistinkytkentä integroituna yhdeksi komponentiksi
 - Vaatii usein muutamia oheiskomponentteja, esim. ”isoja” kondensaattoreita, takaisinkytkennän
- Eri teknologioita käyttötarkoituksen mukaan
 - JFET, BJT, MMIC, ...
- Piirin komponentit sovitettu toisiinsa usein paremmin kuin erilliskomponenteista tehtynä



Operaatiovahvistinkytännät

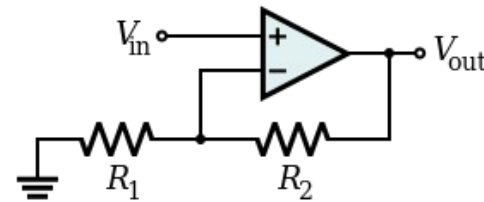
- Komparaattori

$$V_o = \begin{cases} 1, & \text{if } V_+ > V_- \\ 0, & \text{if } V_+ < V_- \end{cases}$$



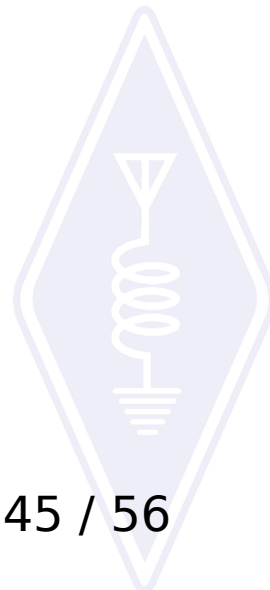
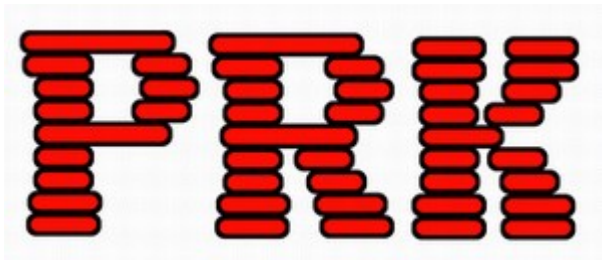
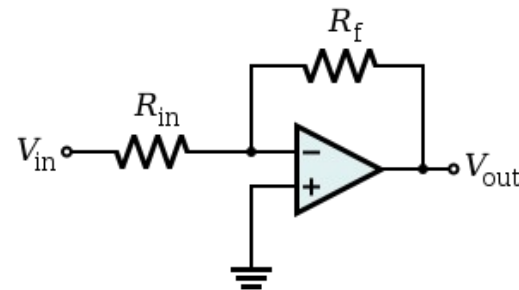
- Ei-invertoiva vahvistin

$$V_{out} \approx \frac{V_{in}}{\beta} = \frac{V_{in}}{\frac{R_1}{R_1+R_2}} = V_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right).$$



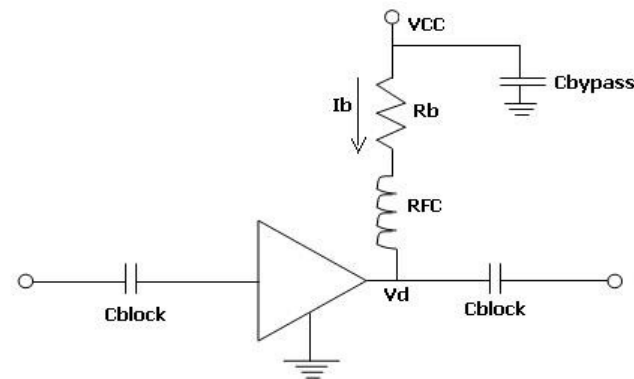
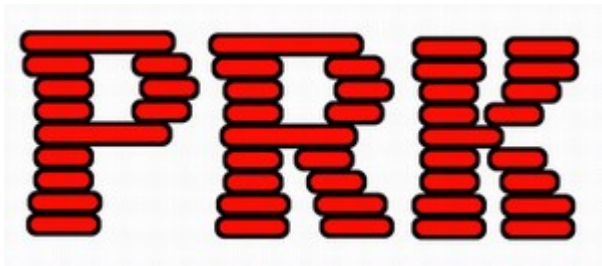
- Invertoiva vahvistin

$$V_{out} \approx -V_{in} \frac{R_f}{R_{in}}.$$

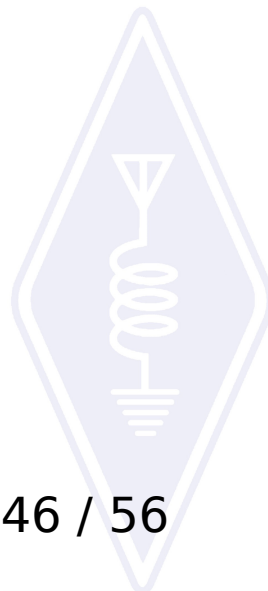


MMIC

- Monolithic Microwave Integrated Circuit
- RF- ja mikroaaltotaajuuksilla toimiva integroitu vahvistin
 - Tulo ja lähtö usein sovitettu 50Ω impedanssiin
 - Optimoituja eri ominaisuuksien suhteen, esim. taajuusalue, vahvistus, maksimi lähtöteho, kohinaluku, dynamiikka, ...
- Edullisia

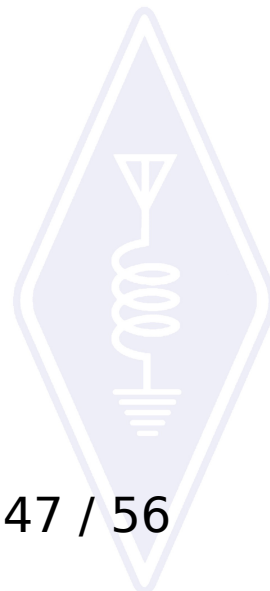
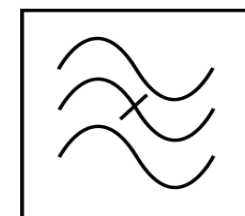
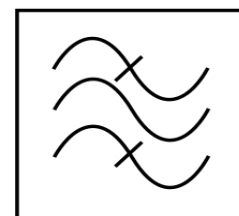
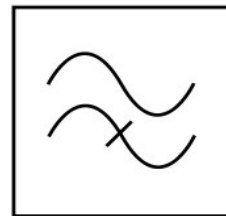
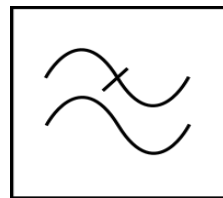
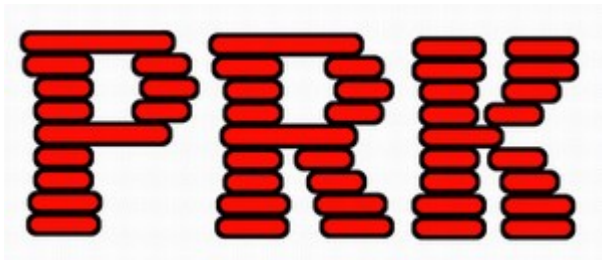


Biasing silicon Bipolar MMIC Amplifier



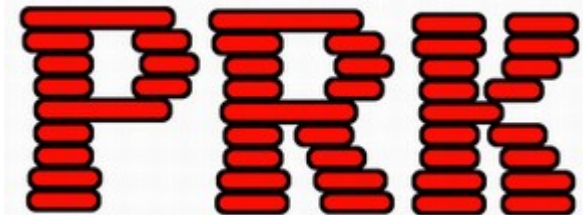
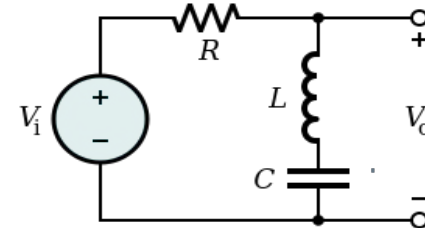
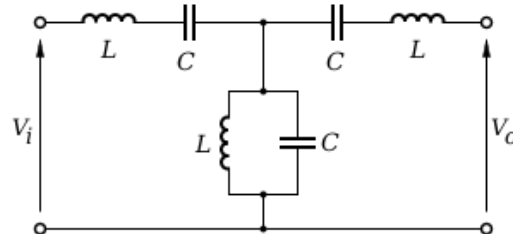
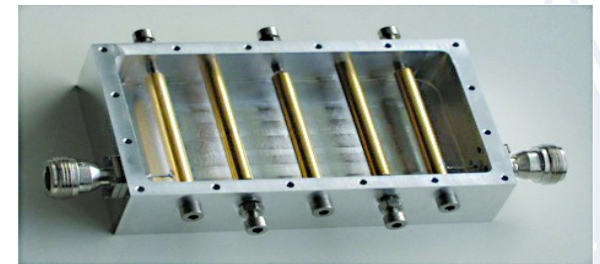
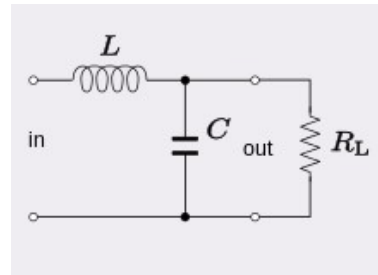
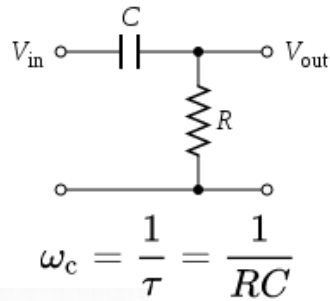
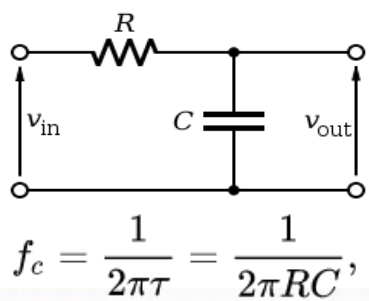
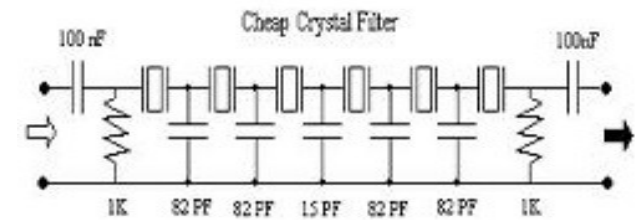
Suodattimet

- Muokkaavat signaalin taajuussisältöä vaimentamalla osaa läpäisevistä taajuuksista
 - Asteluku kertoo suodattimen jyrkkyyden
- Passiivisia ja aktiivisia
- Alipäästö, ylipäästö, kaistanpäästö, kaistanesto



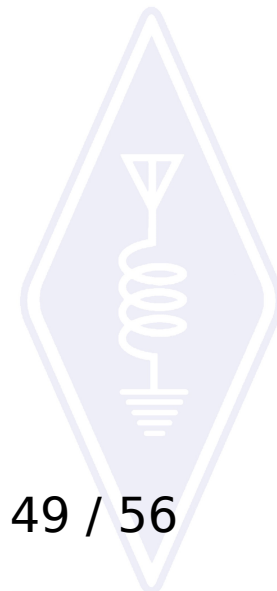
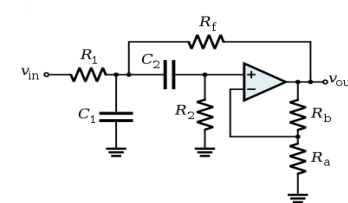
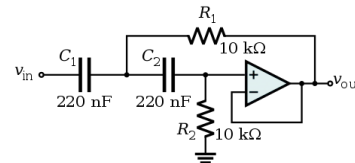
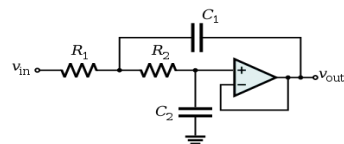
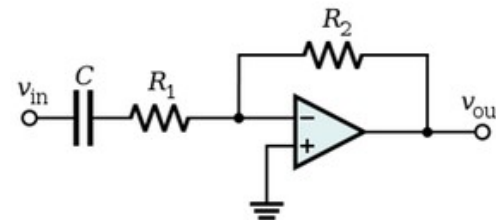
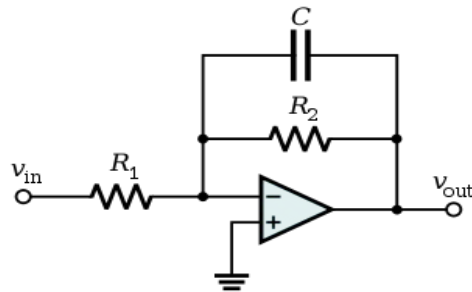
Passiiviset suodattimet

- Koostuu vastuksista, kondensattoreista ja keloista tai niihin verrattavista rakenteista
 - Esim. kiteet, resonaattorit, mikroliuskarakenteet
 - Ei vaadi erillistä tehonsyöttöä



Aktiiviset suodattimet

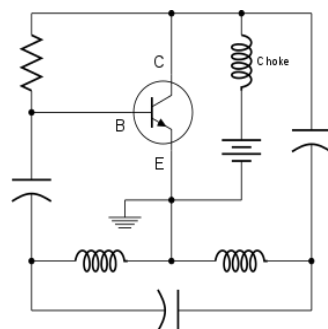
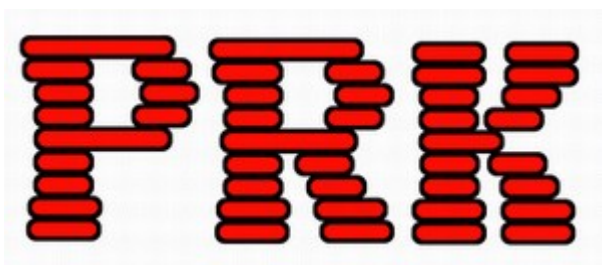
- Sisältävät passiivisten osien lisäksi jonkun vahvistavan komponentin, yleensä operaatiovahvistimen
 - Vaativat tehonsyötön
- Lähinnä audio- (ja video-) taajuuksilla
- Päästökaistan vahvistus voi olla yli 1



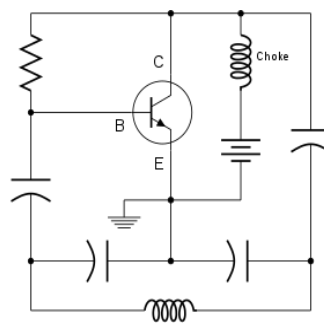
Oskillaattori



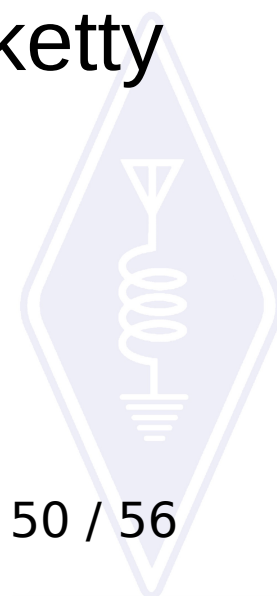
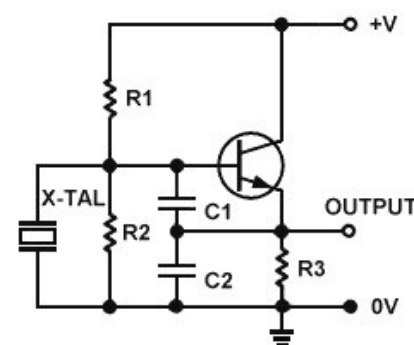
- Tuottaa tietyntaajuista vaihtovirtaa, eli signaalia
- Taajuus riippuu värähtelypiiristä
 - RC, LC, kide, jne
- Eri aaltomuotoja, yleensä sini- tai kanttiaalto, tai näiden muunnelmia
- Usein kytkennässä positiivisesti takaisinkytketty vahvistin



Hartley oscillator

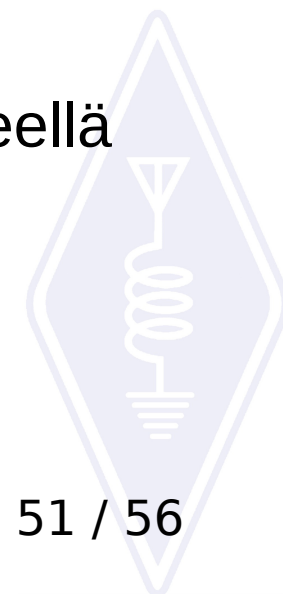
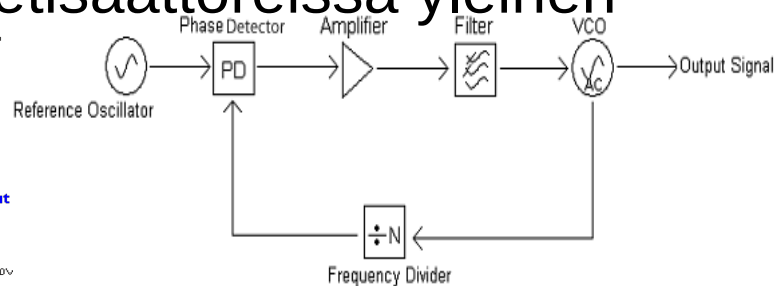
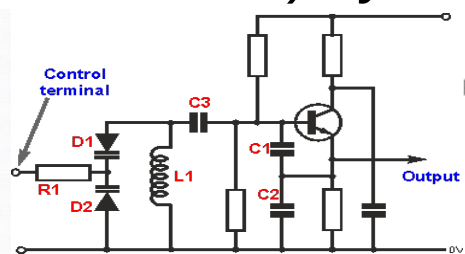
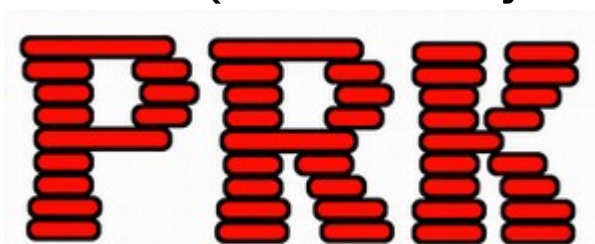


Colpitts oscillator

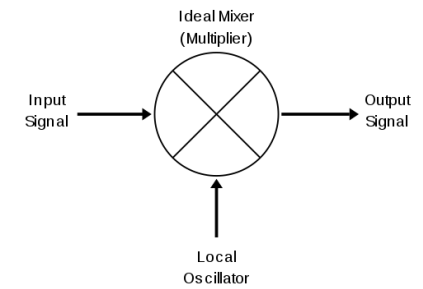


Oskillaattoryyppejä

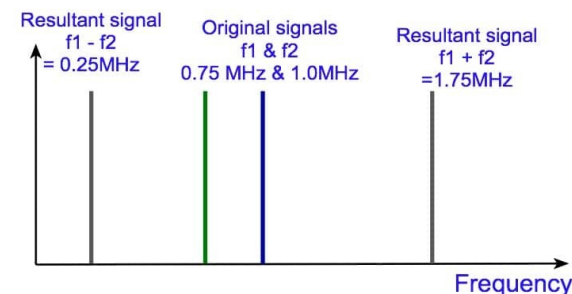
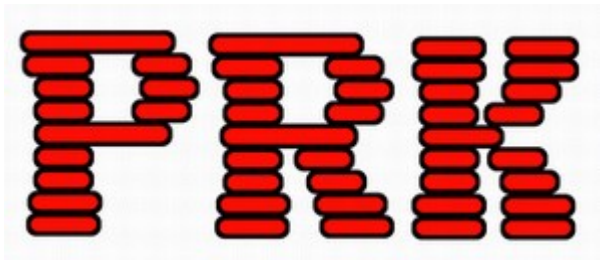
- LC-oskillaattori
 - LC-resonanssiipiiri, lähtötaajuutena resonanssitaajuus
 - Taajuus ei yhtä vakaa kuin kideoskillaattorissa
 - Helppo tehdä taajuudeltaan säädettäväksi
- Kideoskillaattori
 - Vakaa taajuus, riippuu kiteen taajuudesta
 - Myös valmiina komponentteina
- Jänniteohjattu oskillaattori (VCO)
 - Usein LC-oskillaattori, jossa varaktoreilla toteutettu jännitteellä säädettävä kondensaattori
 - (Vaihe-/taajuuslukituissa) syntetisaattoreissa yleinen



Sekoittimet

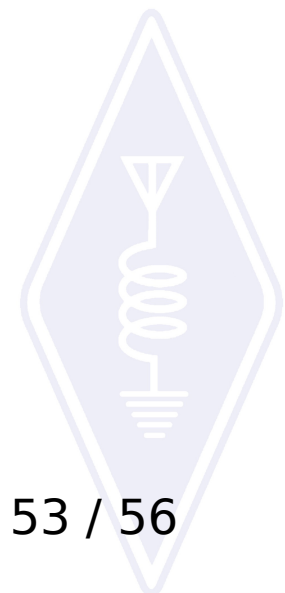
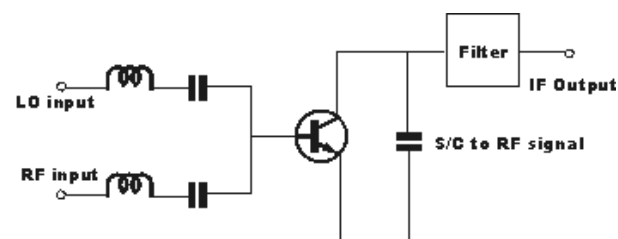
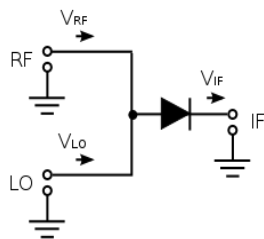
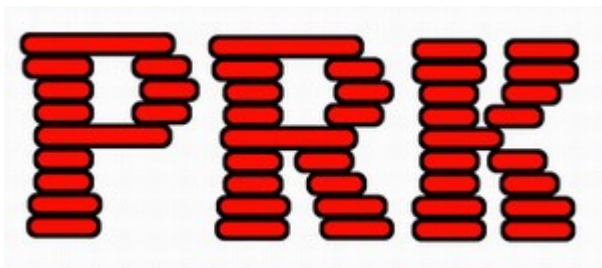


- Kertoo kaksi signaalia keskenään
- Perustuu epälineaariseen komponenttiin
- Lähdössä tulosignaalien summa ja erotus
 - Myös korkeampien harmonisten taajuuksien summia ja erotuksia
- Sekoitinta käytetään ”siirtämään” radiotaajuinen signaali välitaajuudelle tai toisin päin
 - ”Apusignaalia” kutsutaan yleensä paikallisoskillaattoriksi



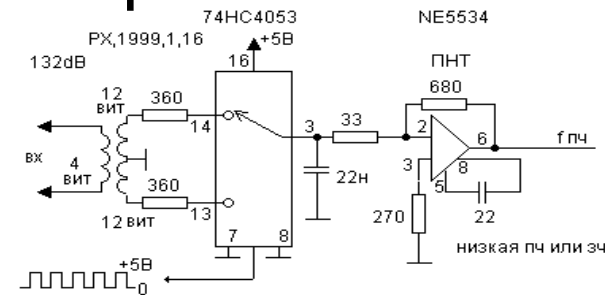
Balansoimaton sekoitin

- Diodi tai muu epälineaarinen komponentti
- Läpäisee syötettävät signaalit juurikaan vaimentumatta
 - Voidaan suodattaa erikseen
- Melko yleinen mikroaalloilla
 - Diodi helpompi valmistaa toimimaan korkeilla taajuuksilla

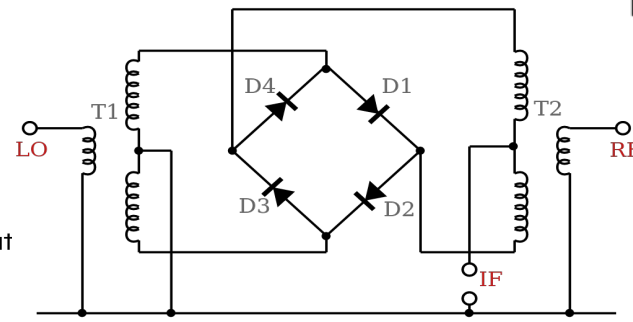
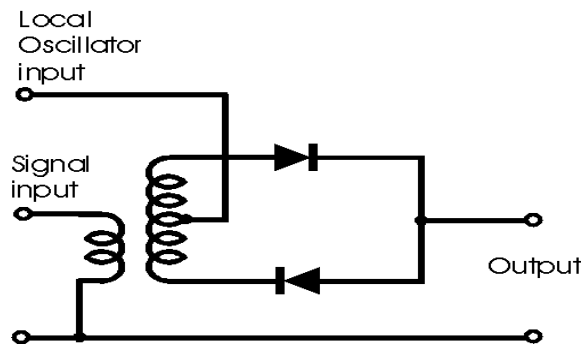
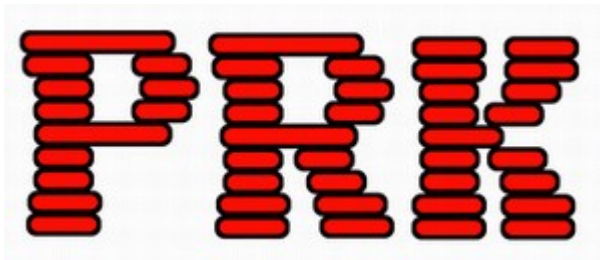


Balansoitu sekoitin

- Monimutkaisempi kytkentä
- Vaimentaa toisen syötettävän signaalin läpivuotoa
- Kaksoisbalansoitu sekoitin vaimentaa molempien syötettyjen signaalien läpivuotoa
 - Hieman häviöllisempi, mutta lineaarisempi
- Myös valmiina komponenttina

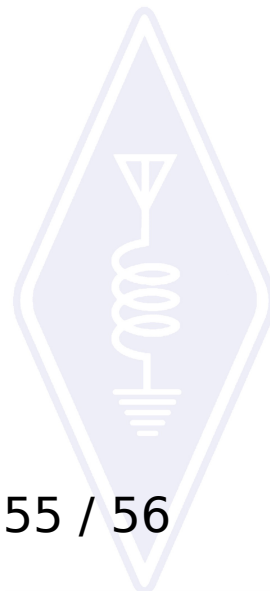
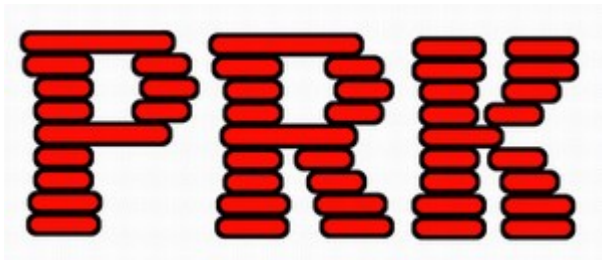


<http://www.qsl.net/va3iul>



Elektroniputki

- Hehkuelektrodi, anodi, katodi, hiloja (0-8...)
 - Diodi, triodi, tetrodi jne
- Toimivat jänniteohjattuina vahvistimina (kuten kanavatransistorit)
 - Vaativat erillisen hehkujännitteen, korkean anodijännitteen ja lisäksi hilajännitteen
- Käyttö nykyään lähinnä suuritehoisissa päätevahvistimissa



Putkivahvistin

- Virtalähteessä on oltava purkausvastus
- Antenniliittimestä runkoon on oltava suurtaajuuskuristin
- Avainnus tehdään ohjaamalla hilajännitettä, ei katkomalla katodivirtaa
- Sovituspiirin virittämisen apuna voidaan käyttää anodivirtamittaria

