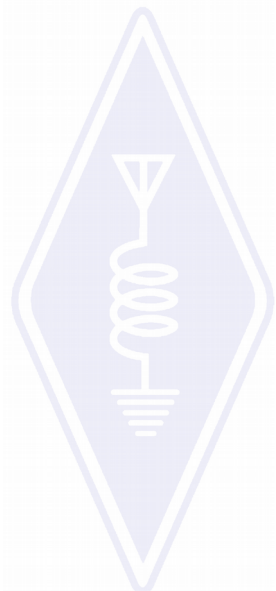
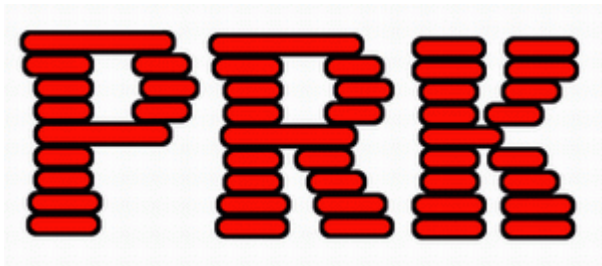


# Radioamatöörikurssi 2016

Radiotekniikan komponentit

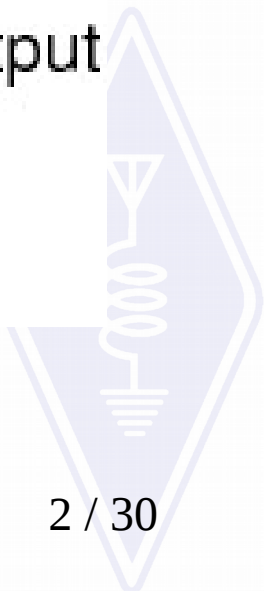
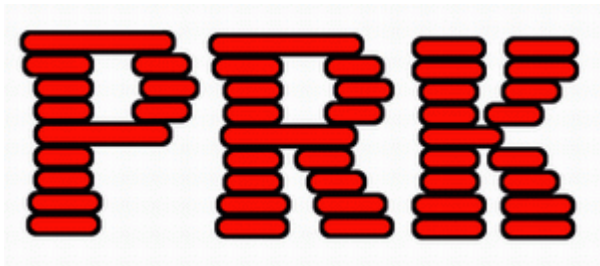
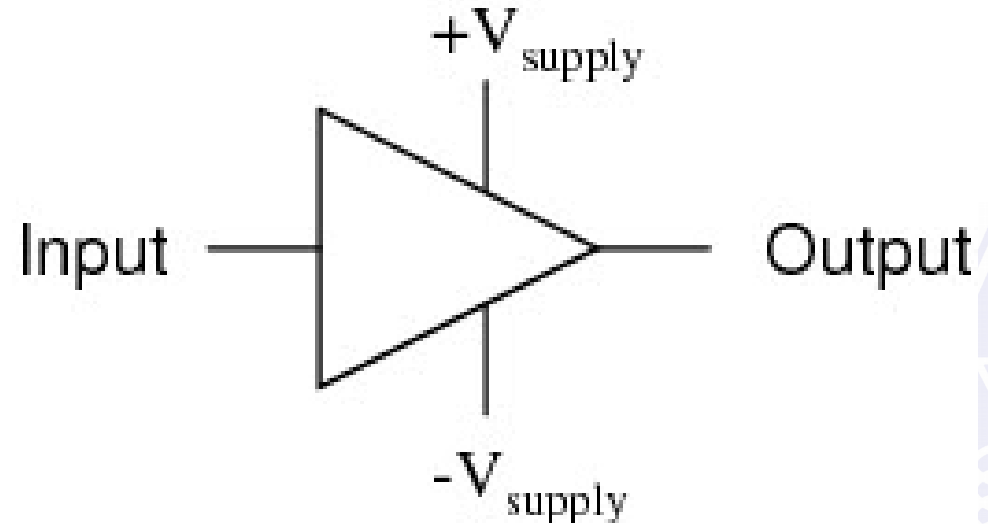
9.11.2016

Tatu Peltola, OH2EAT

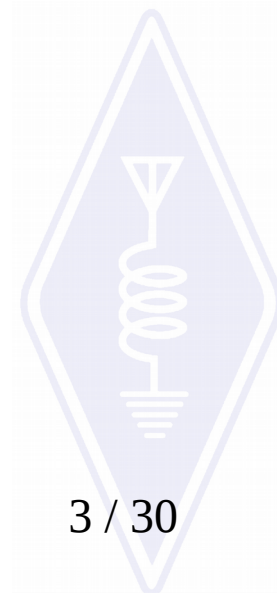
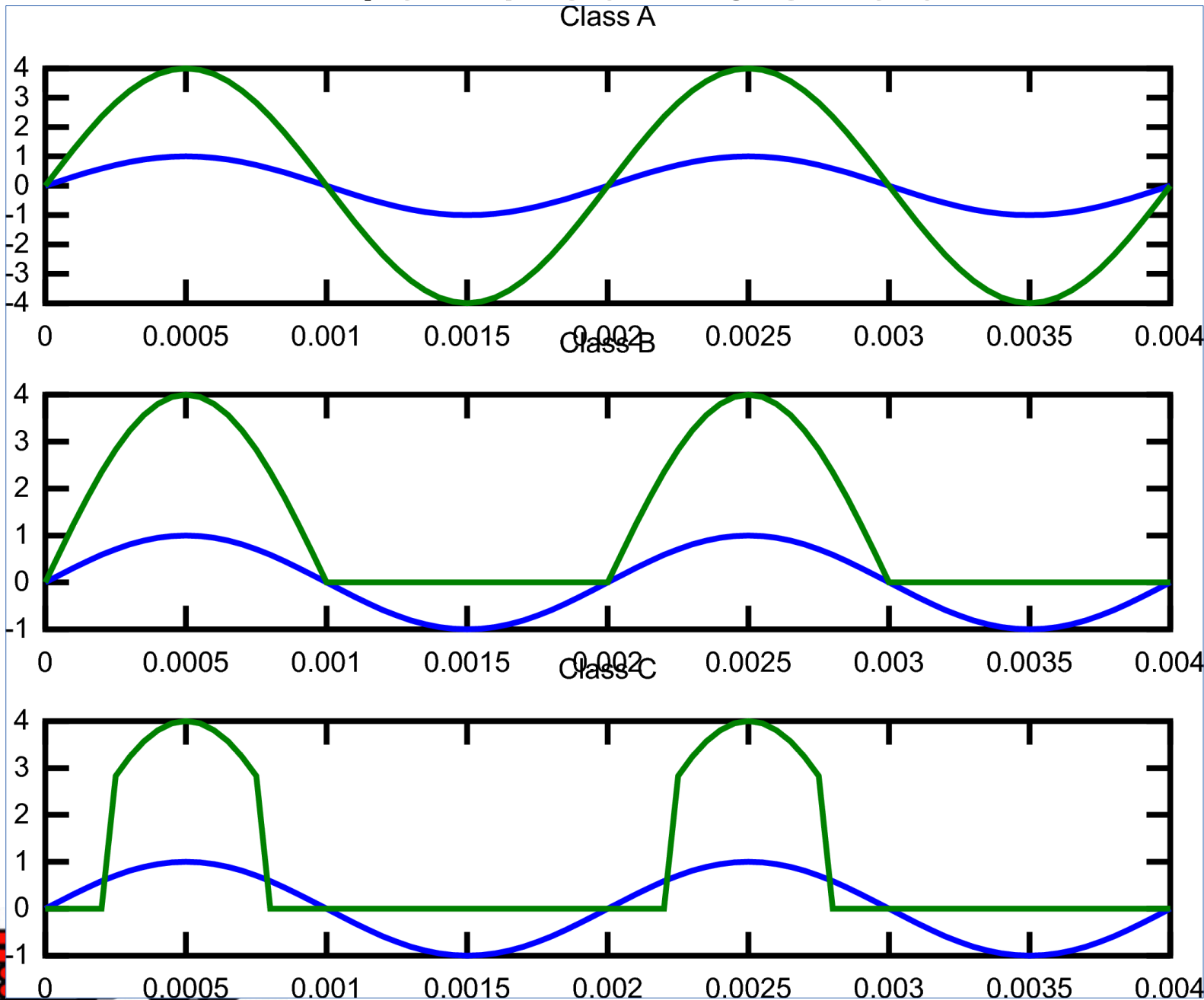


# Vahvistimet

- Vahvistin ottaa signaalin sisään ja antaa sen ulos suurempitehoisena
  - Tehovahvistus, dB
  - Jännitevahvistus
  - Virtovahvistus

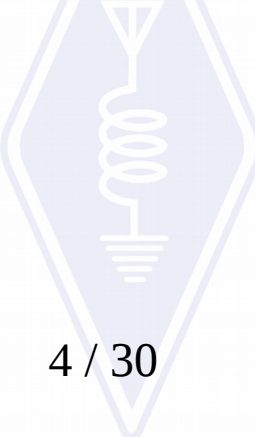
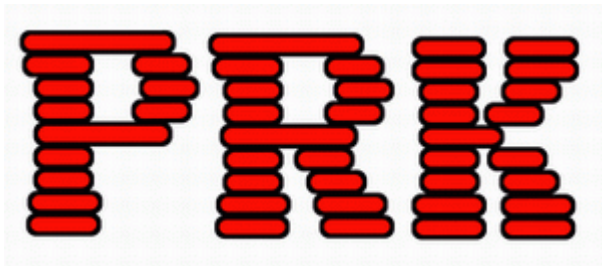
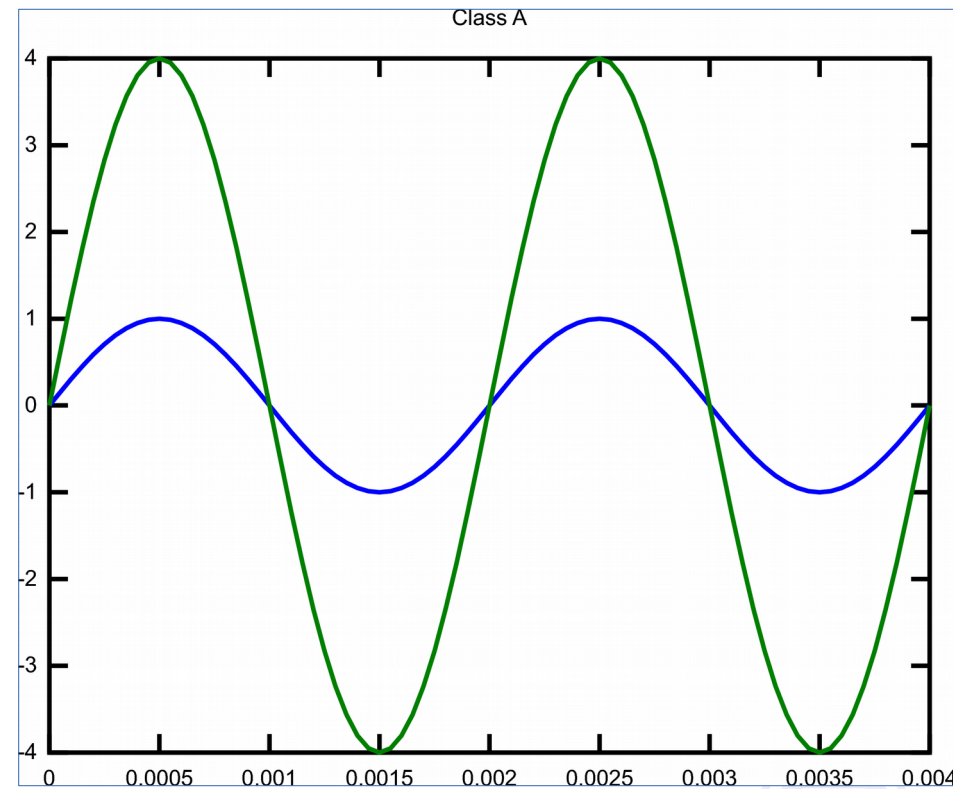


# Vahvistinluokat



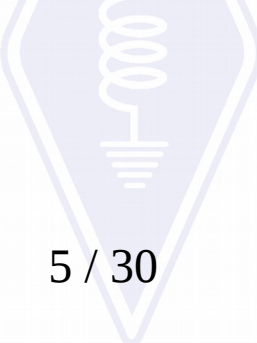
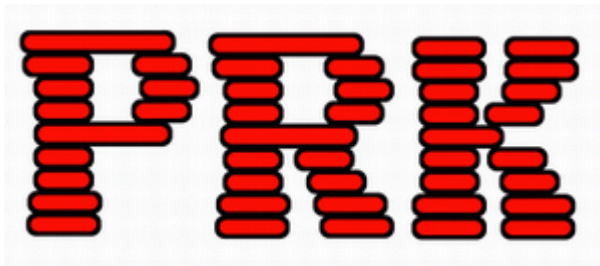
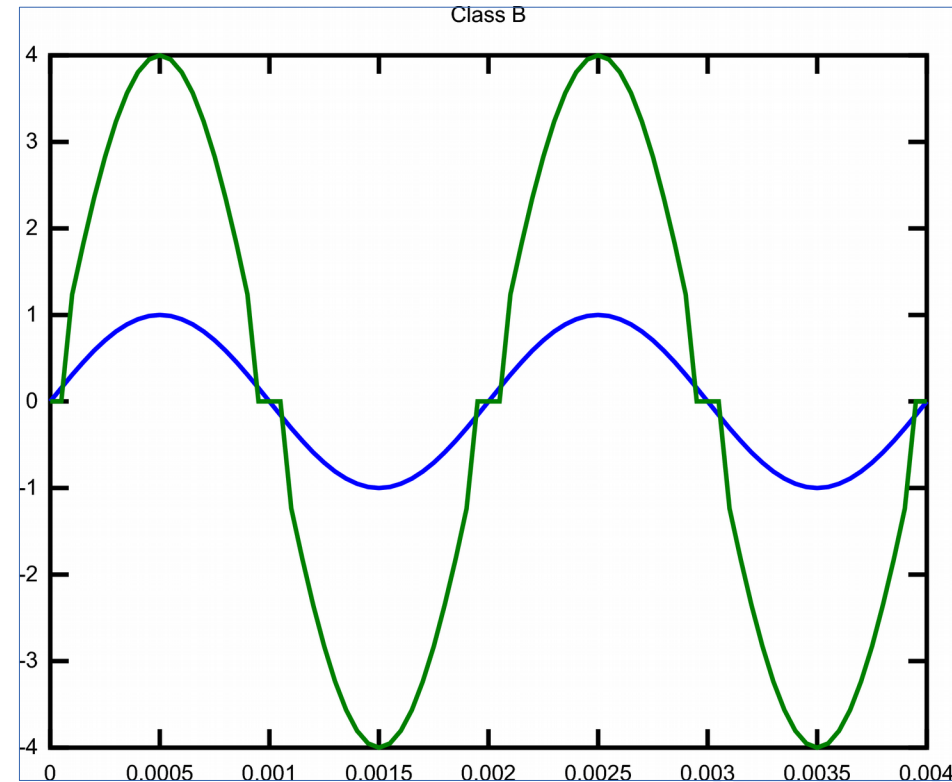
# A-luokan vahvistin

- Lineaarisiin vahvistintyyppi
- Vahvistavan komponentin läpi kulkee jatkuvasti virtaa
- Matala hyötysuhde
  - Siniaallolle max 50%
  - Kuluttaa aina saman keskimääräisen tehon riippumatta ulos tulevasta tehosta
- Kaikenlaisten pienitehoisten signaalien vahvistamiseen



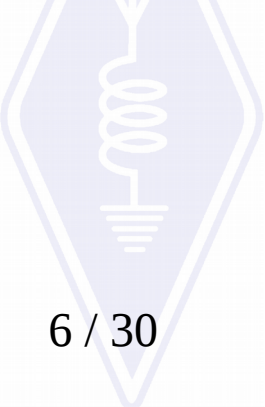
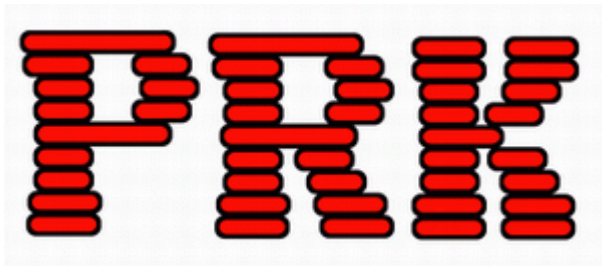
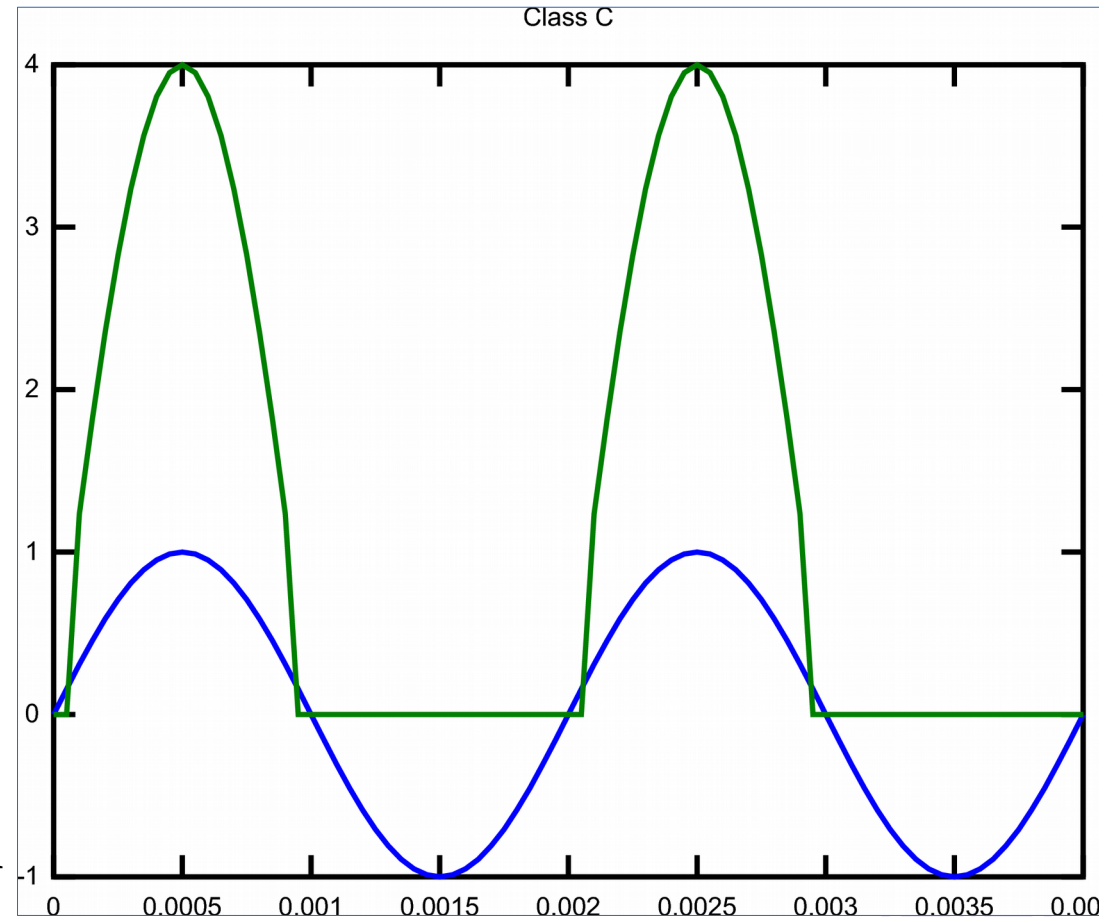
# B-luokan vahvistin

- Aktiivikomponentti johtaa enintään yhden puolijakson ajan
  - AB-luokka: vähän yli puolijakson
- Useimmiten push-pull
  - 2 aktiivikomponenttia vahvistaa puolijaksot vuorotellen
  - → ylimenosärö
- Parempi hyötysuhde → käytetään suuremmilla tehoilla
- Oikein toteutettuna suhteellisen lineaarinen



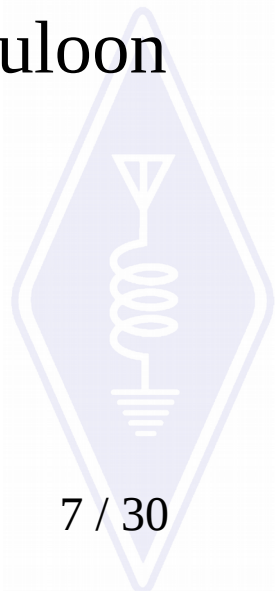
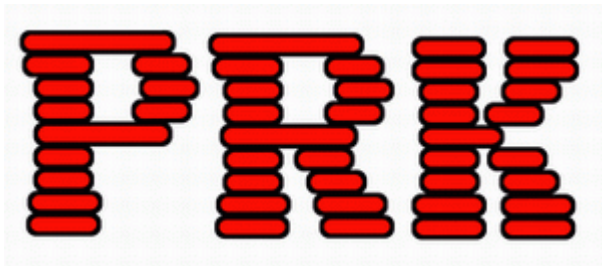
# C-luokan vahvistin

- Epälineaarinen, vahvistaa vain huiput
- Hyötysuhde jopa 90%
- Tuotetut harmooniset suodatetaan pois → kapeakaistainen
- CW- ja FM-lähettimissä
- Taajuuskertojissa

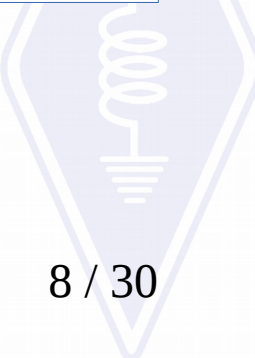
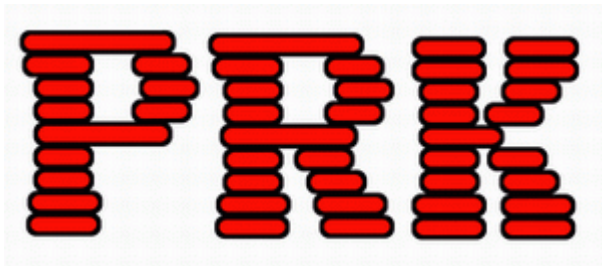
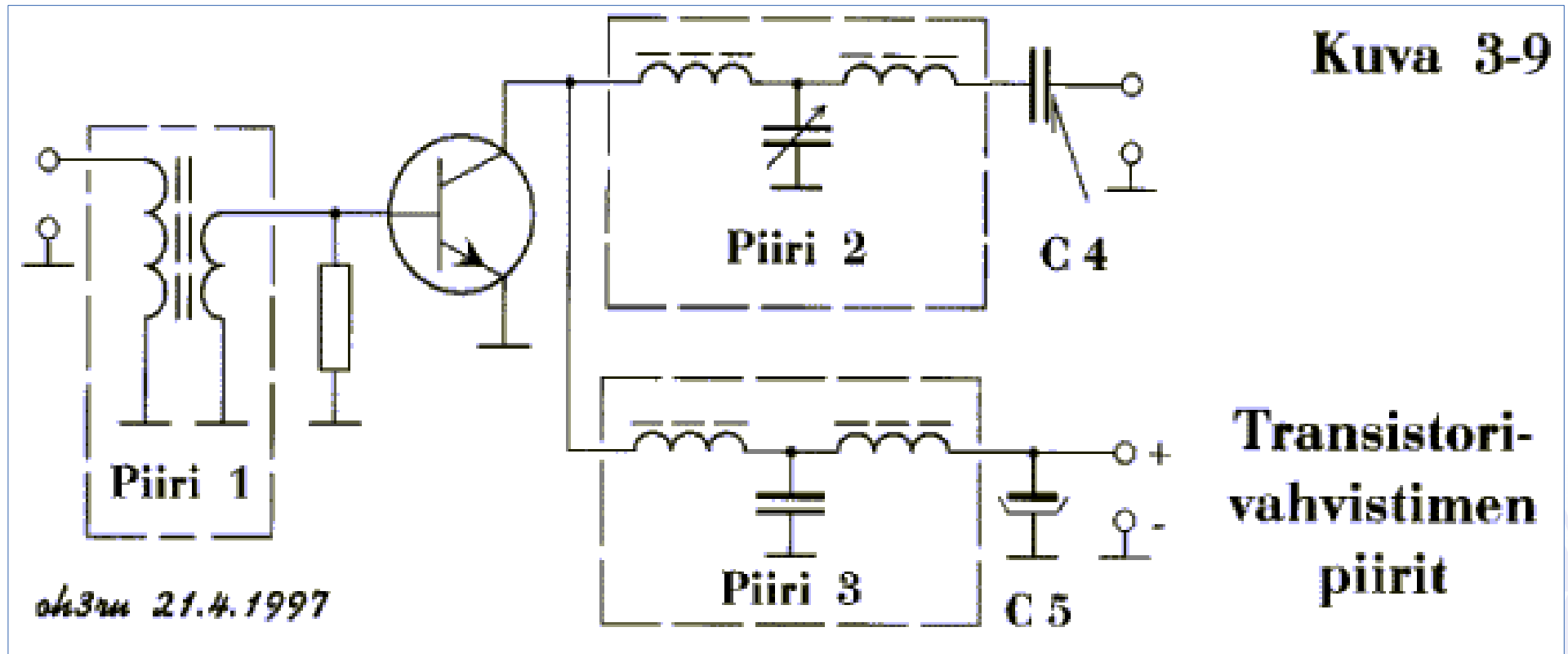


# Muita vahvistimen ominaisuuksia

- Särö / epälineaarisuus / yliohjautuminen
  - Liian voimakkaalla signaalilla vahvistin ei ole enää lineaarinen, vaan alkaa tuottaa särökomponentteja
  - Ristimodulaatio, keskinäismodulaatio (intermodulation)
- Sovitus: vahvistinpiiri toimii parhaiten jollain tietyllä lähteen ja kuorman impedanssilla
  - Usein tarvitaan sovituspäiri sisäänmenoon ja/tai ulostuloon
- Kohinaluku



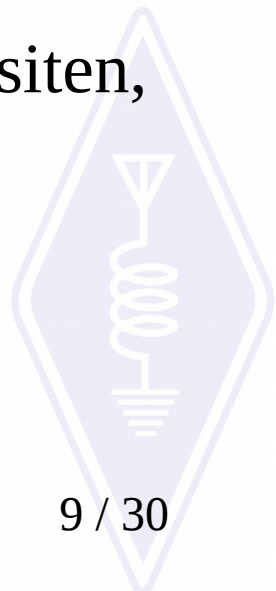
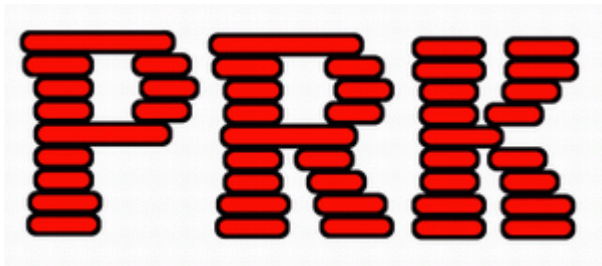
# Esimerkki transistorivahvistimesta





# Muita vahvistinluokkia

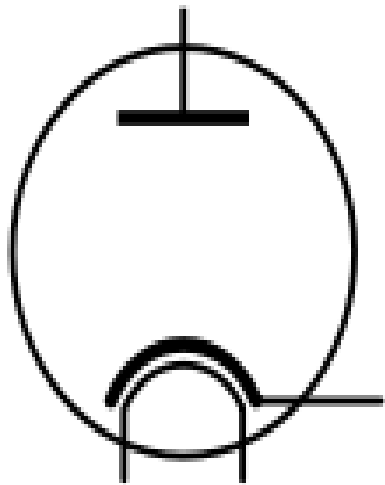
- D-luokka
  - Aktiivikomponentit kytkiminä: kanttiaaltoa pulssinleveysmoduloidaan ja alipäästösuodatetaan
- E-luokka, F-luokka
  - RF-vahvistimissa
  - Muistuttaa C- ja D-luokkia, epälineaarinen
  - Muokataan aktiivikomponentin näkemiä aaltomuotoja siten, että hyötysuhde paranee
  - Kapeakaistainen



# Putkivahvistimet

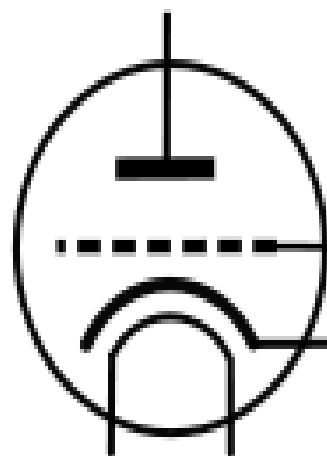
- Käytetään edelleen suuritehoisissa vahvistimissa radiotaajuuksilla
- Muistuttaa transistoria: pienemmällä hilajännitteellä voidaan ohjata suurempaa jännitettä ja virtaa anodilla

diodi



triodi

anodi

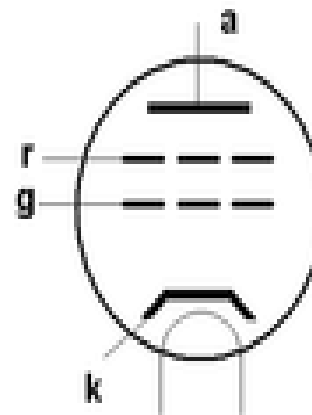


hila

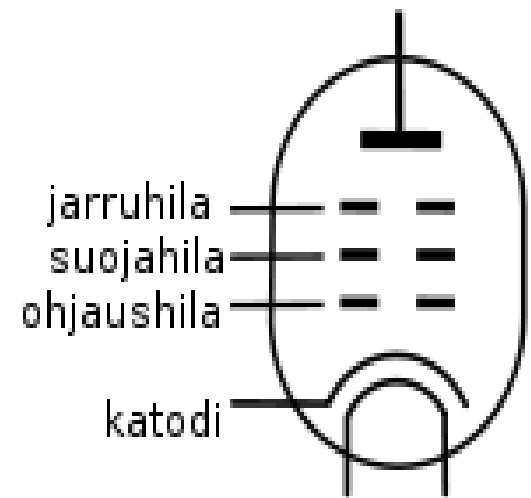
katodi

hehku

tetrodi



pentodi



jarruhila

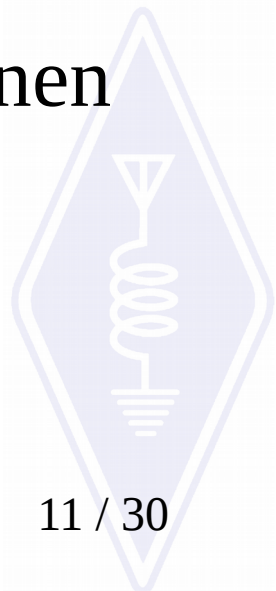
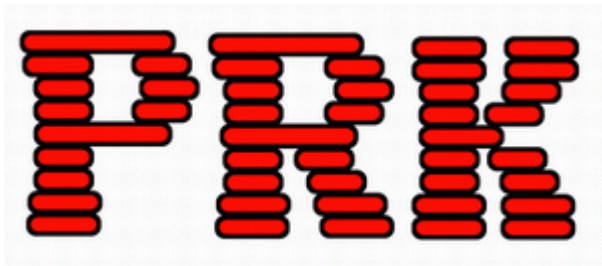
suojahila

ohjaushila

katodi

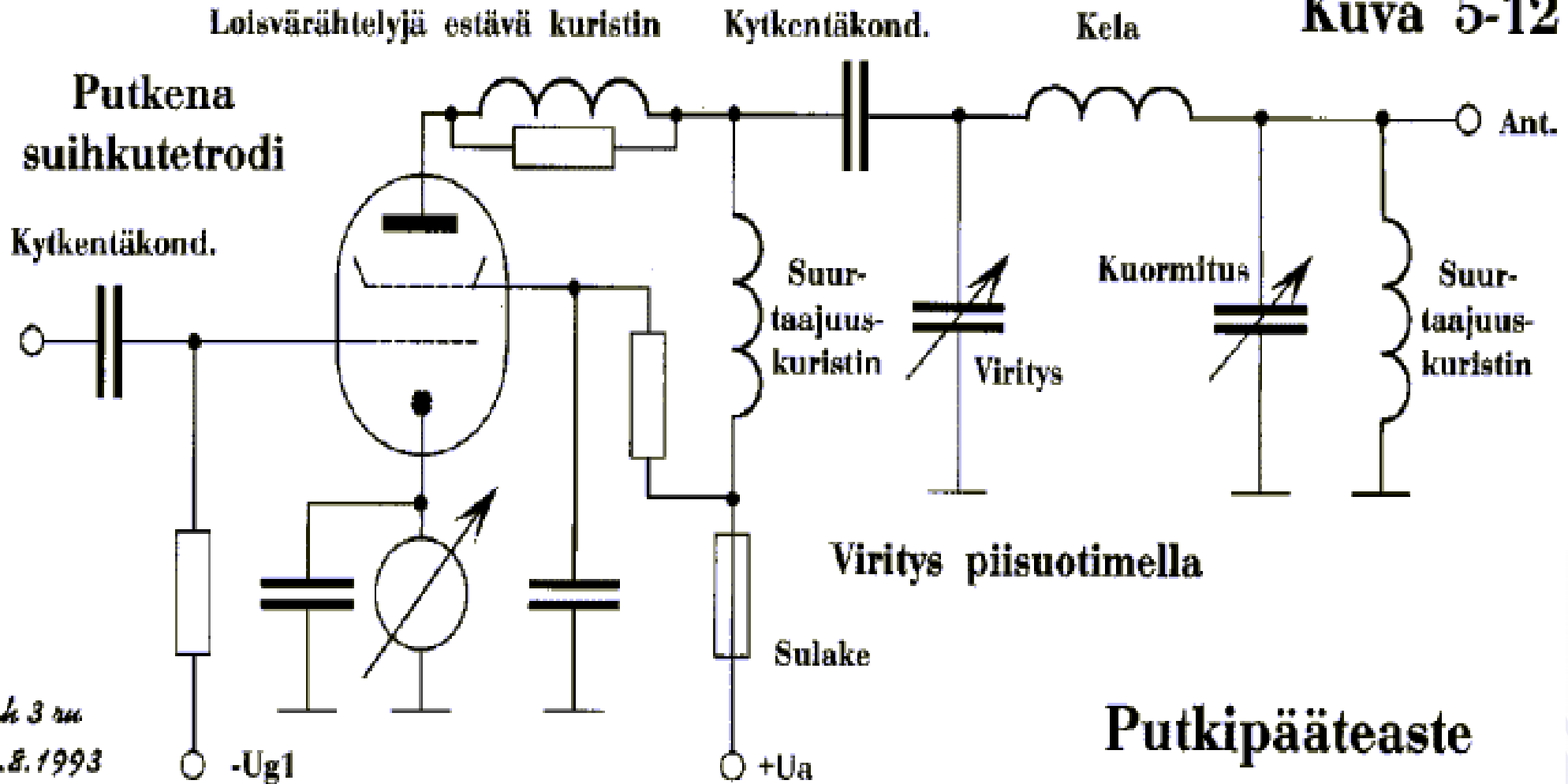
# Erot transistoreihin

- Suuret anodijännitteet, pienemmät virrat
  - korkeammat impedanssit → vähän erilainen sovituspääpiiri
  - Sähköturvallisuus: Virtalähteessä on oltava purkausvastus
  - Antenniliittimestä runkoon on oltava suurtaajuuskuristin
  - Avainnus tehdään ohjaamalla hilajännitettä, ei katkomalla katodivirtaa
- Tarvitsee monimutkaisemman virtalähteen: erillinen jännite hehkulangalle ja mahdollisesti hiloille



# Esimerkki putkivahvistimesta

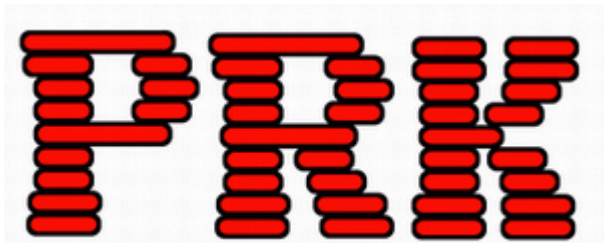
Kuva 5-12



ohj 3 ru  
15.8.1993

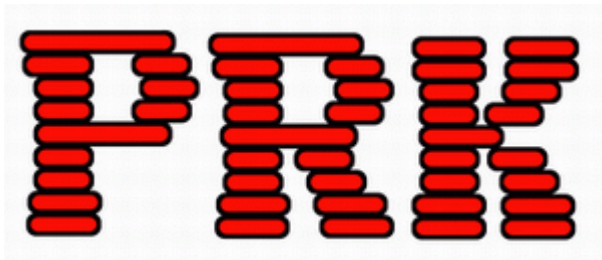
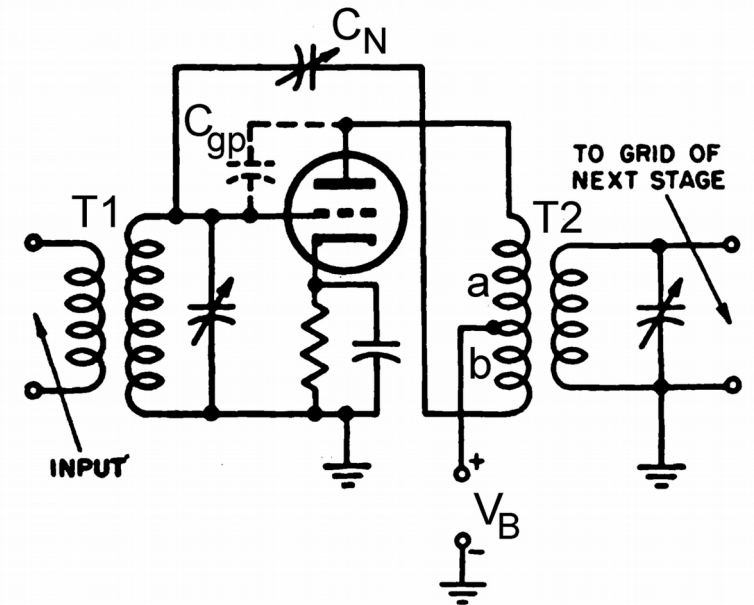
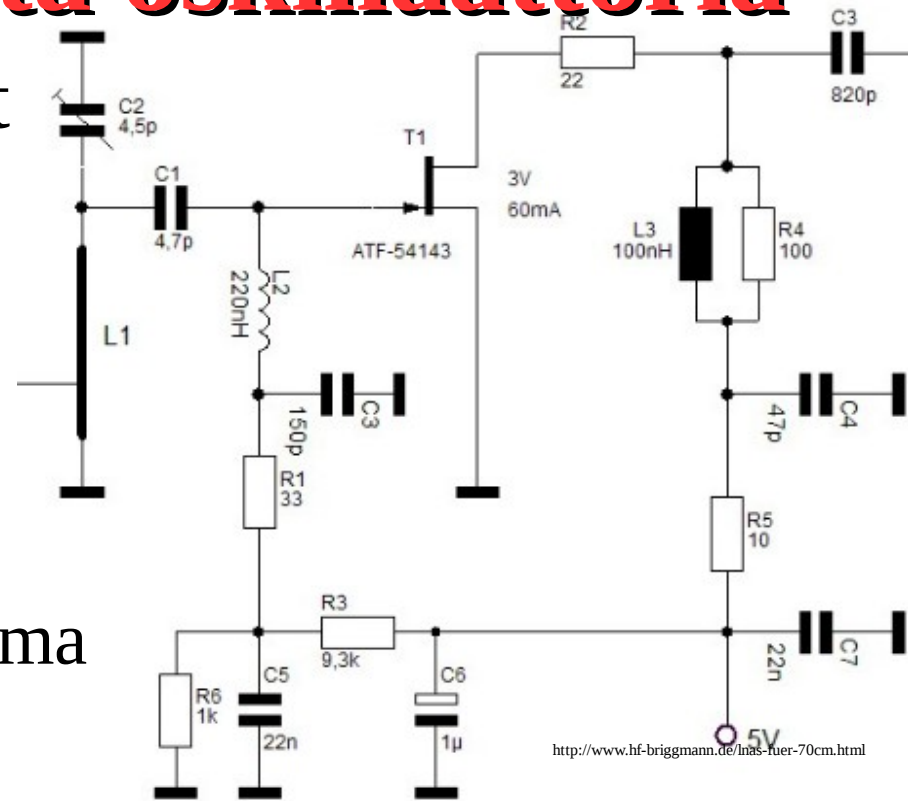
Putkipääteaste

Sovituspiirin virittämisen apuna voidaan käyttää anodivirtamittaria ja hilavirtamittaria



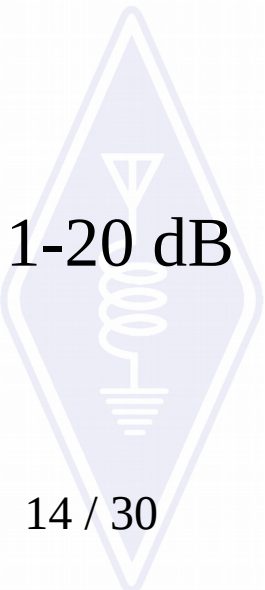
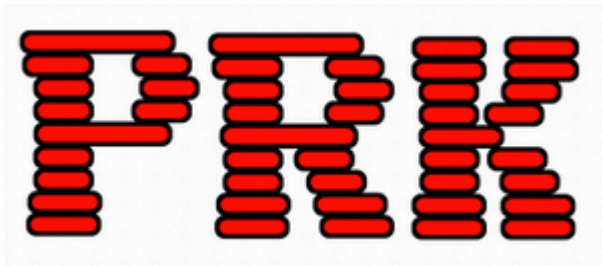
# Vahvistimesta ei haluta oskillaattoria

- Parasiittikuristimet, vaimentimet
  - Vahvistinkomponentti näkee korkeilla taajuuksilla sellaisen impedanssin, että se ei värähtele
- Neutralointi
  - Kumotaan kapasitanssien aiheuttama takaisinkytkentä ulostulosta sisäänmenoon
  - Ei tarvita yhteiskanta / maattohilavahvistimissa



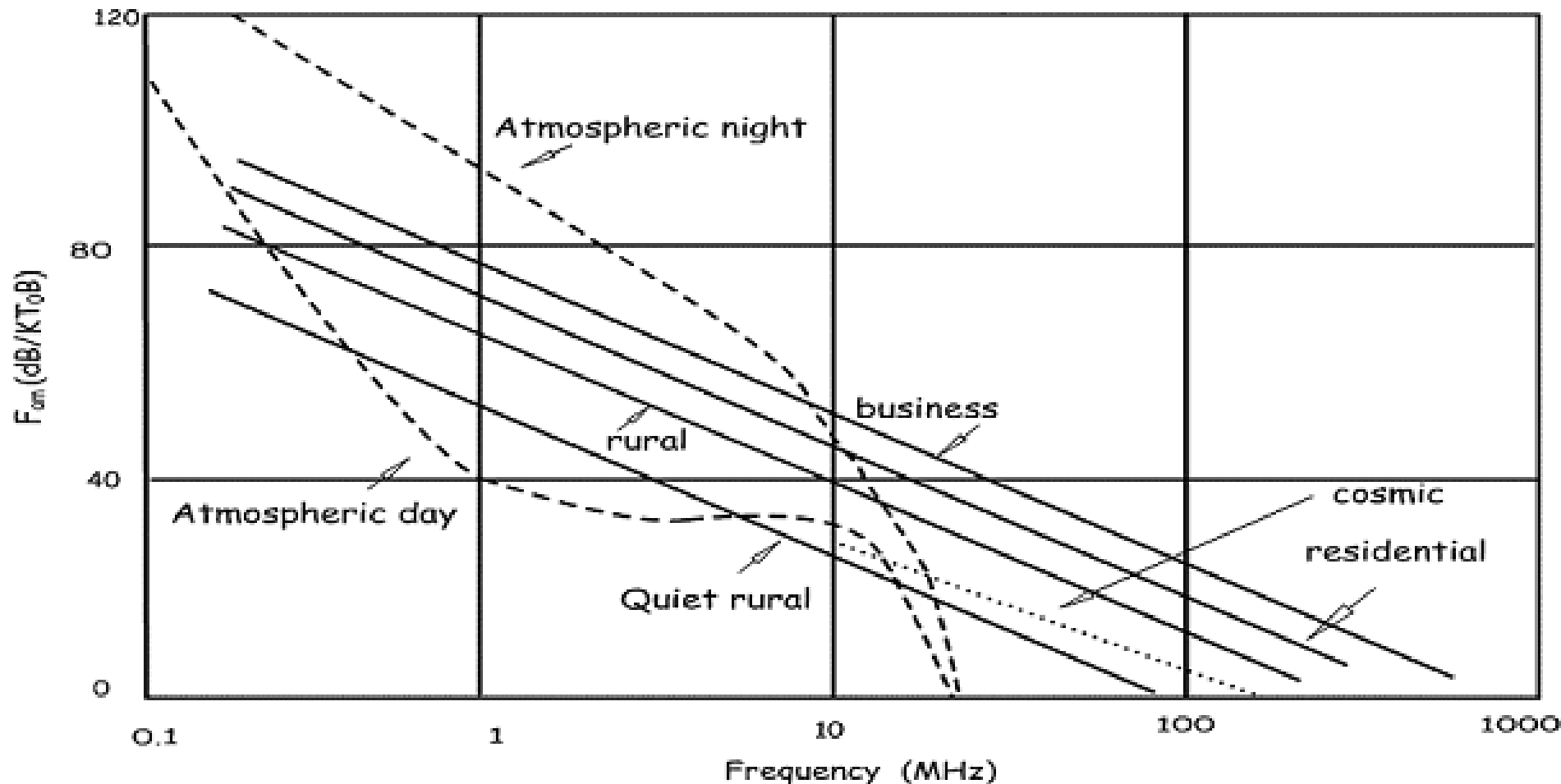
# Kohinaluku

- Lämpökohinaa tulee kaikesta, missä on häviöitä
  - Kaapelit, vastukset, ympäristön mustan kappaleen säteily
- Vahvistimen kohinaluku (NF, noise figure) kertoo desibeleinä, kuinka paljon vahvistimen kohina huonontaa signaali-kohinasuhdetta silloin, kun sisäänmenoon tuleva taustakohina vastaa lämpökohinaa huoneenlämmössä
  - Kohinakerroin  $F$  on sama lineaarisella asteikolla.  $NF = 10 \text{ dB} * \log_{10}(F)$
  - Kohinalämpötila  $T$ : minkä lämpöisen vastuksen kohina vastaisi vahvistimen kohinaa.  $F = 1 + T / 290 \text{ K}$
- Vaimennin tai häviöllinen kaapeli nostaa kohinalukua sen vaimennuksen verran
- Pienikohinaisilla vahvistimilla luokkaa 1 dB, vastaanottimilla 1-20 dB

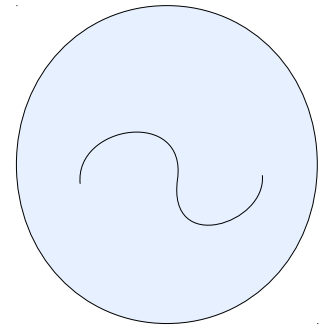


# Muita kohinan lähteitä

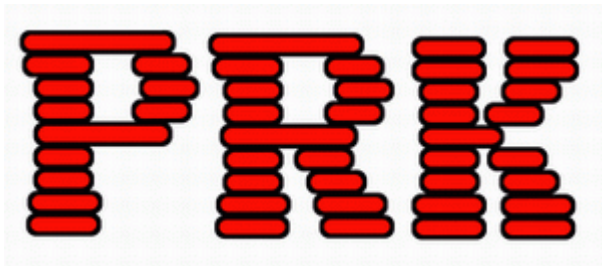
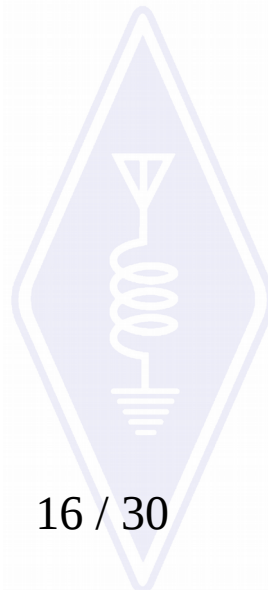
- Puolijohteissa 1/f-kohina, raekohina, vyörykohina
- Radioaalloilla ukkonen, muut sähkölaitteet, galaktinen kohina



# Oskillaattori



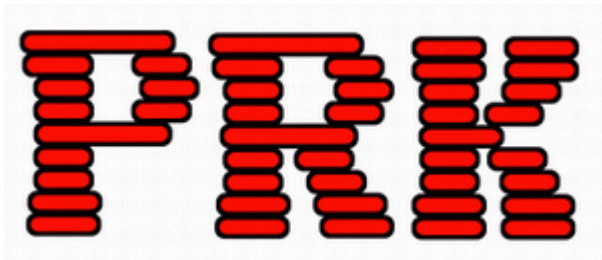
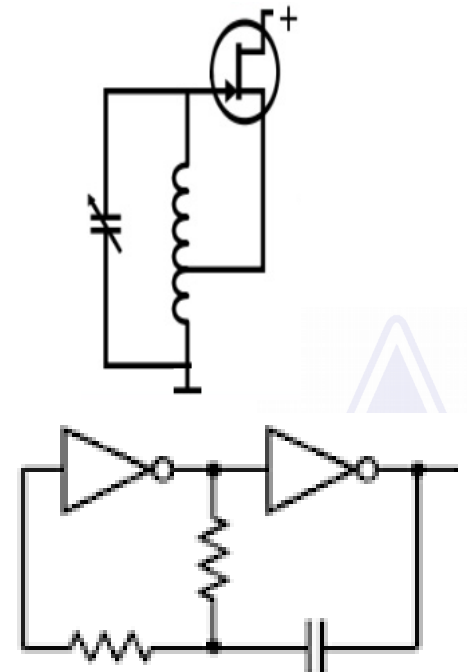
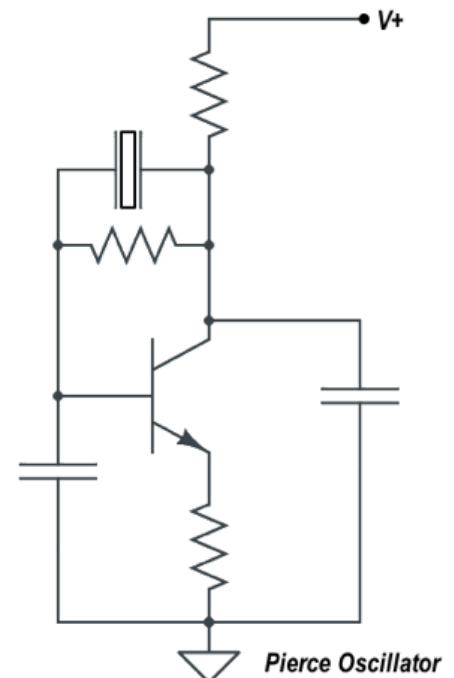
- Osa, joka tuottaa tietyn taajuista vaihtovirtaa
- Usein toteutetaan jonkinlaisella vahvistimella, jonka ulostulosta sisäänmenoon tehdään positiivinen takaisinkytkentä halutulla taajuudella
- Ominaisuuksia: taajuus, taajuuden lämpötilakerroin, taajuusvakavuus, vaihekohina, spektri, (aalto muoto, tehonkulutus, amplitudi jne)





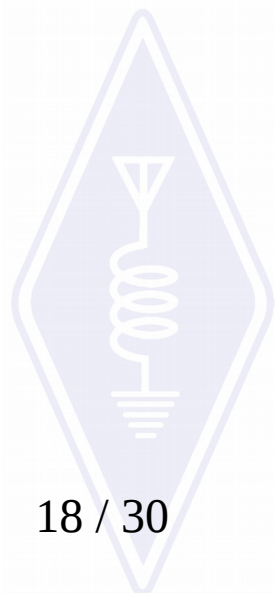
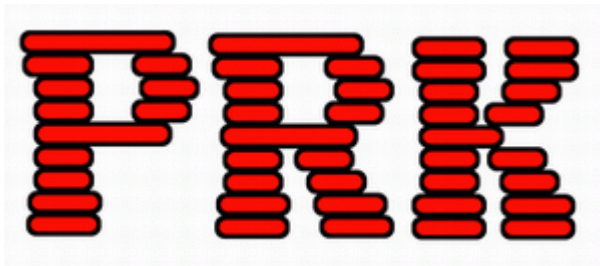
# Erilaisia oskillaattoreita

- Kideoskillaattori (crystal oscillator)
  - Tarkka, vakaa taajuus, riippuu kiteen resonanssitaajuudesta
- LC-oskillaattori
  - Käyttää LC-resonanssipiiriä, toimii sen resonanssitaajuudella
  - Ei niin vakaa taajuus kuin kideoskillaattorilla
- RC-oskillaattori
  - Perustuu kondensaattorin varaamiseen ja purkamiseen vastuksen kautta, taajuus riippuu RC-piirin aikavakiosta
  - Epävakaa taajuus, ei yleensä käytetä radioissa



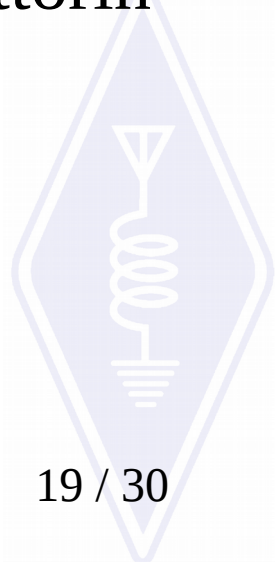
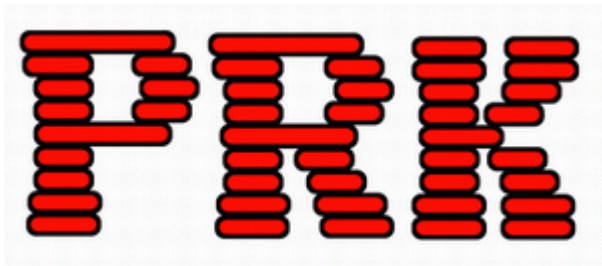
# Säädettävät oskillaattorit

- VXO (variable crystal oscillator)
  - Säädettävä kideoskillaattori, voidaan säätää korkeintaan muutamia kilohertsejä
- VFO (variable frequency oscillator)
  - Käytetään esim. säätökondensaattoria muuttamaan LC-oskillaattorin taajuutta
- VCO (voltage controlled oscillator)
  - Taajuutta voidaan säätää jännitteellä



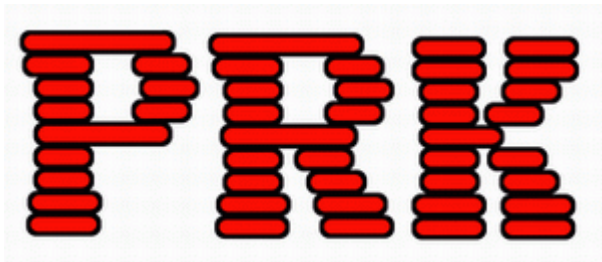
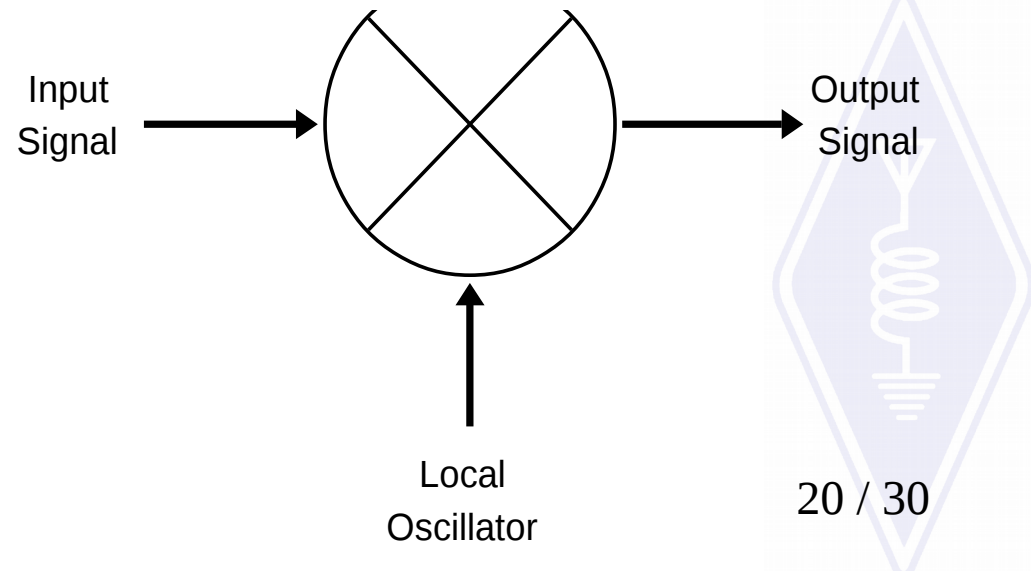
# Muuta oskillaattoreihin liittyvää

- Taajuuskertoja: tuotetaan joku taajuuden harmoninen
  - C-luokan vahvistin tai (kapasitanssi)diodi + kaistanpäästösuodatin
- Taajuusjakaja
- Taajuussynteesi
  - Vaihelukittu silmukka (PLL) pyrkii pitämään oskillaattorin taajuuden halutussa suhteessa referenssitaajuuteen



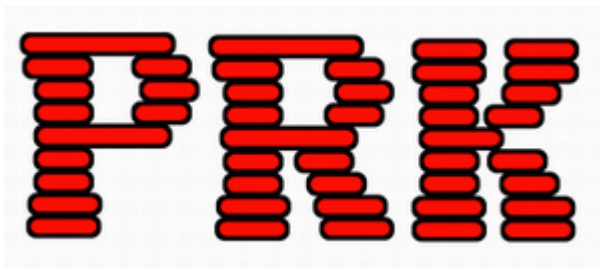
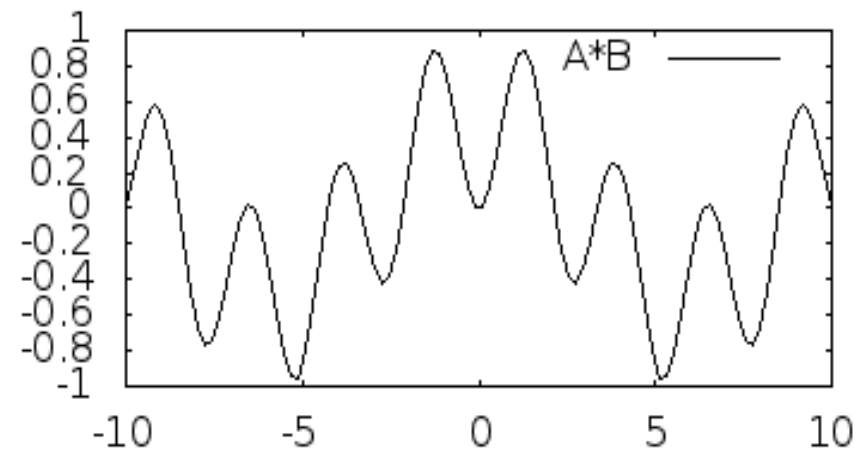
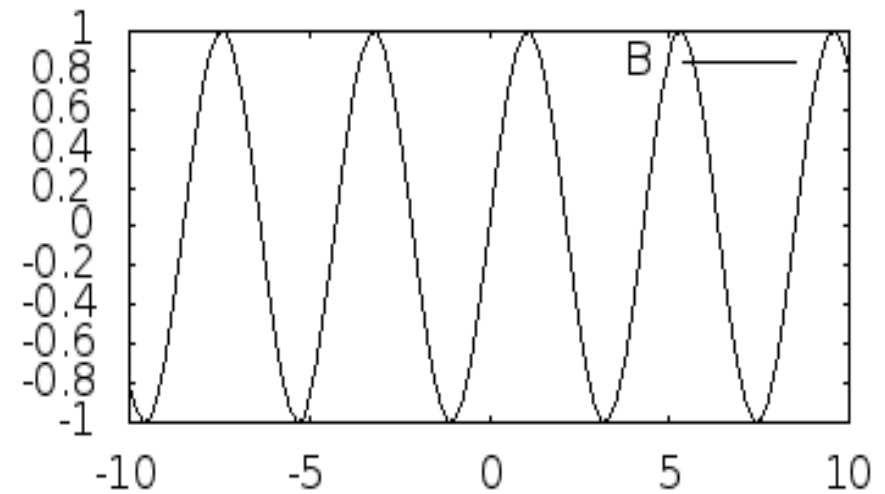
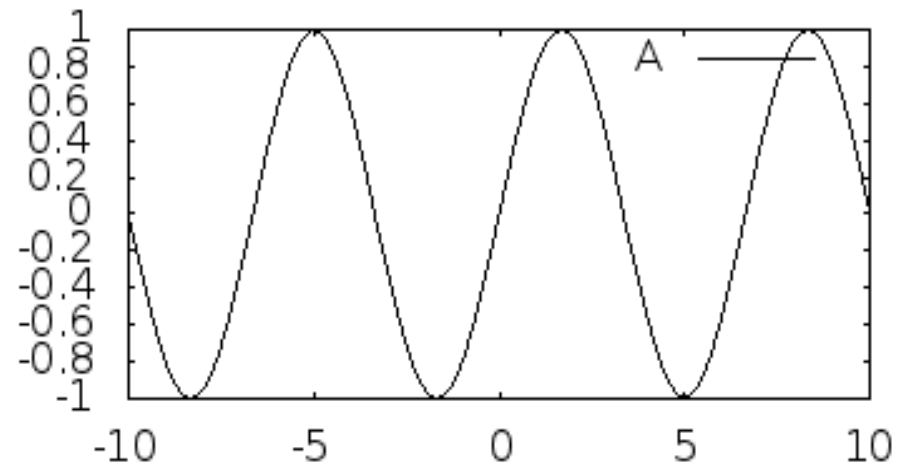
# Sekoitin

- Ottaa sisään kaksi taajuutta (yleensä kahteen eri sisäänmenoon), antaa ulos näiden taajuuksien summan ja erotuksen
- Ainakin toinen taajuuksista on yleensä tehty radion sisällä oskillaattorilla
  - Kutsutaan paikallisoskillaattoriksi (LO, local oscillator)



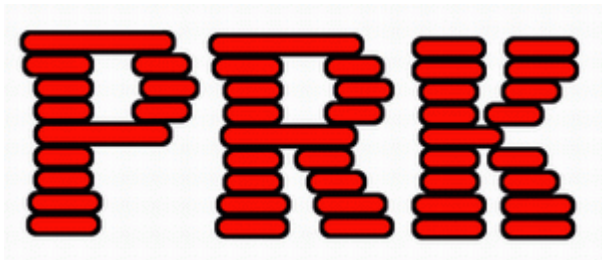
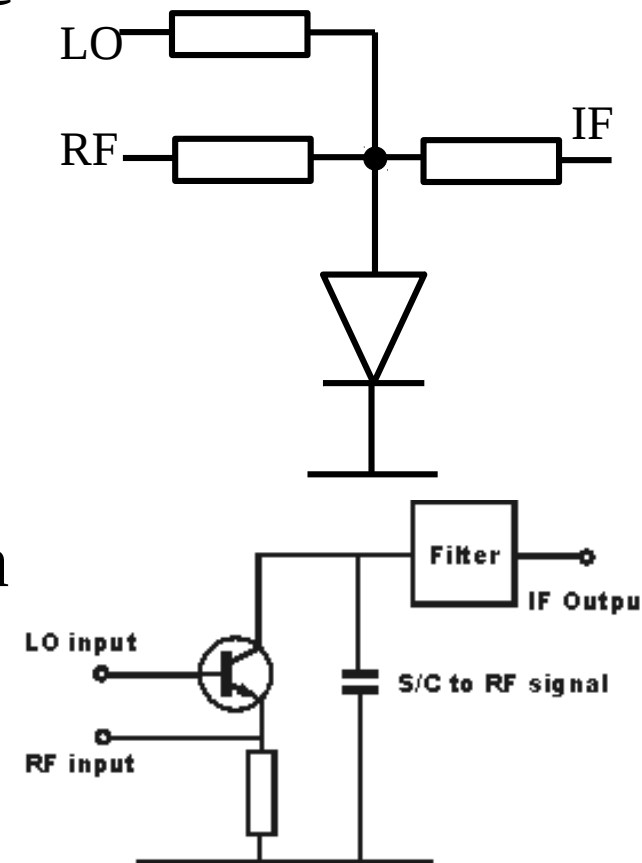
# Sekoitus

- Matemaattisesti kahden signaalin kertolasku: ”ideaalinen sekoitin” kertoisi kaksi jännitettä keskenään



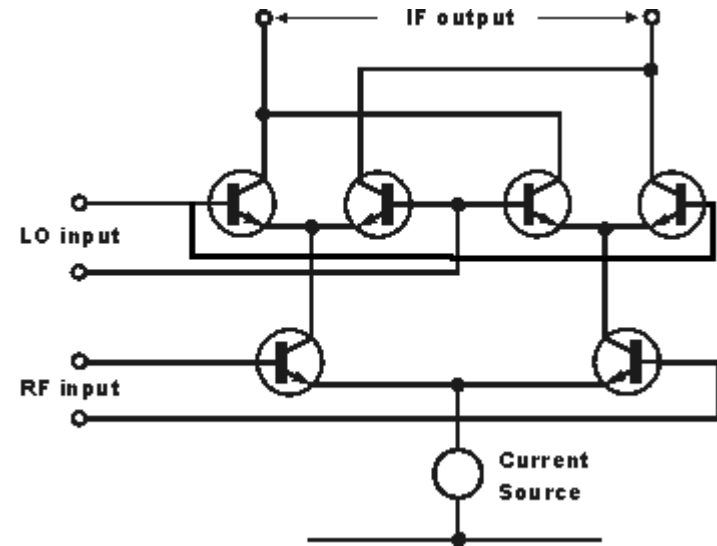
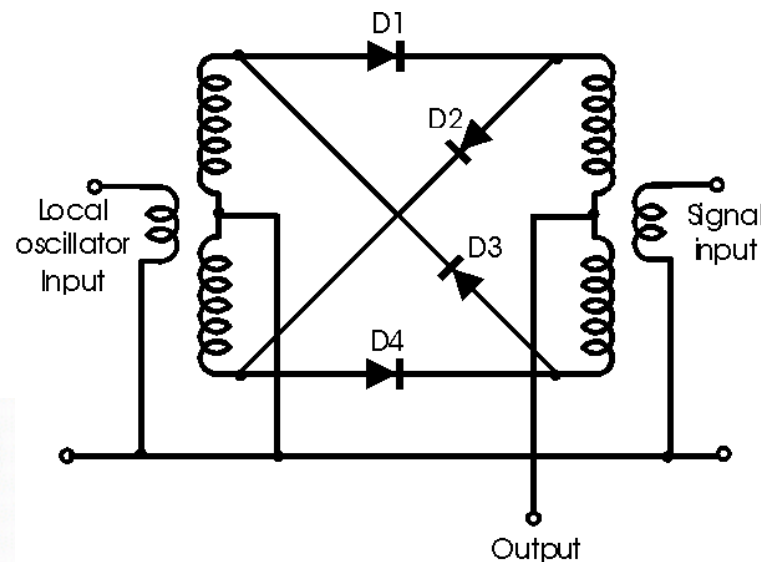
# Erilaisia sekoittimia

- Yksinkertaisimmillaan yksi diodi tai muu epälineaarinen komponentti, jolle tuodaan molemmat signaalit
  - = Balansoimaton sekoitin
  - Huonoja puolia: ulos tulee summa- ja erotustaajuuksien lisäksi myös huomattava määrä alkuperäisiä signaaleja → täytyy suodattaa enemmän
  - Ei siedä kovin suuria signaaleja (särö)



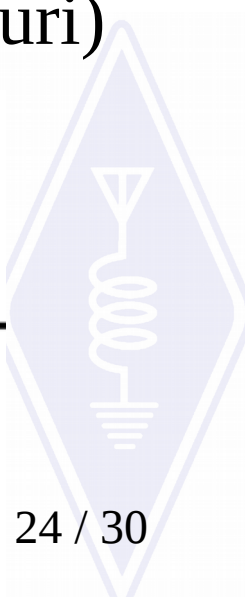
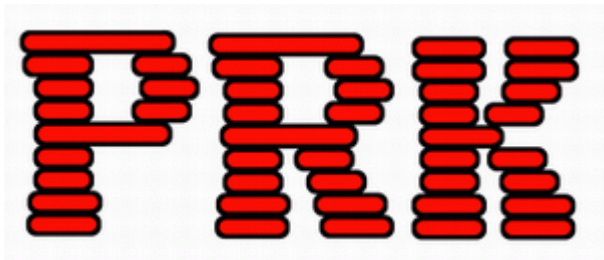
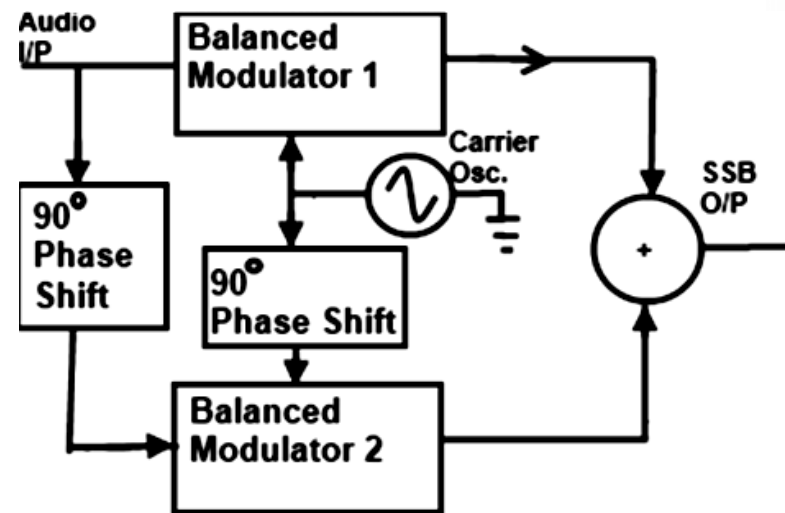
# Balansoitu sekoitin

- Monimutkaisempi kytkentä
- Molemmat signaalit vietään omiin sisäänmenoihinsa
- Ulos ei tule juurikaan alkuperäisiä signaaleja, ainoastaan niiden taajuuksien summat ja erotukset



# Peilitaajuus

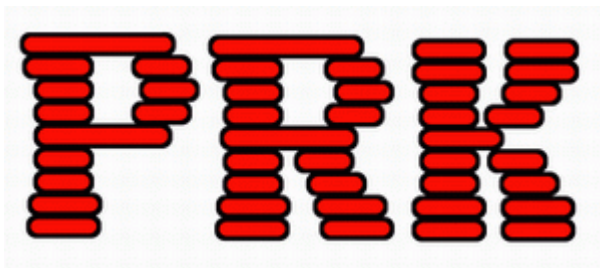
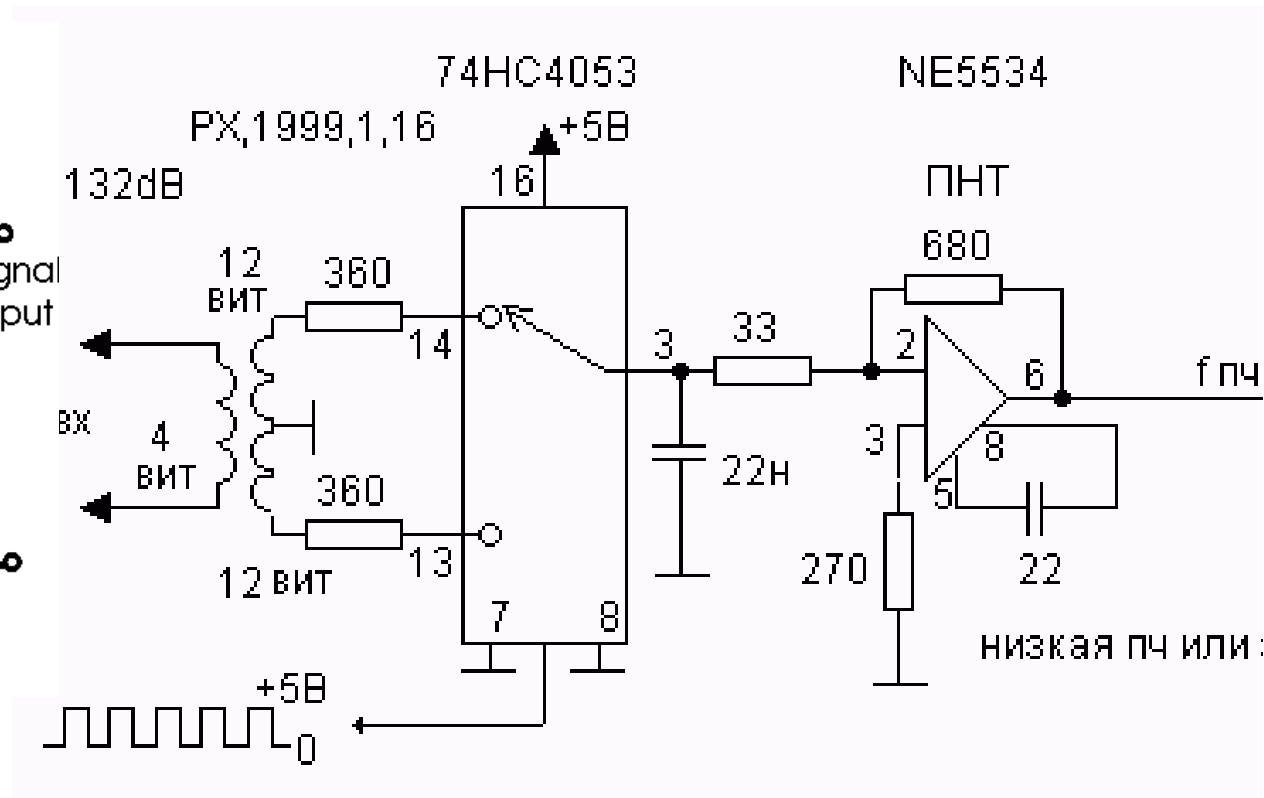
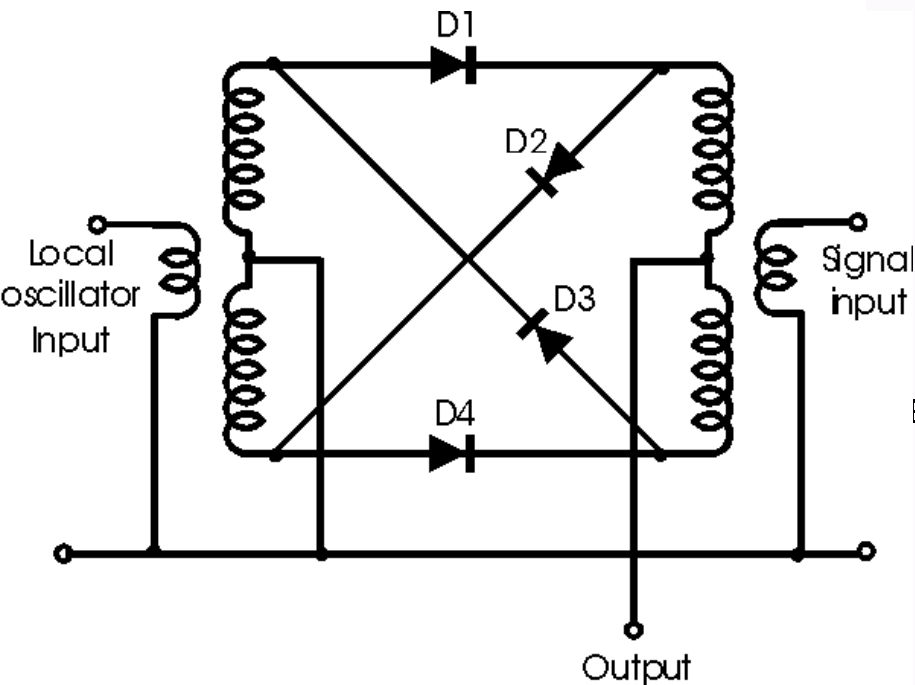
- Yleensä halutaan vain joko summa- tai erotustaajuus, ei molempia
- Toinen, ns. peilitaajuus suodatetaan pois
- Peilitaajuusvaimennus kertoo, kuinka hyvin ei-toivottu sekoitustulos suodatetaan pois
- Vaihtoehto suodatukselle: image reject mixer
  - Kaksi sekoitinta, LO  $90^\circ$  eri vaiheissa (I/Q, kvadratuuri)





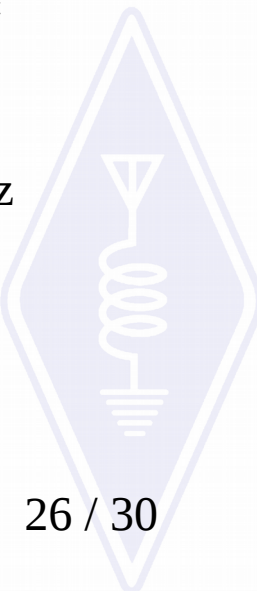
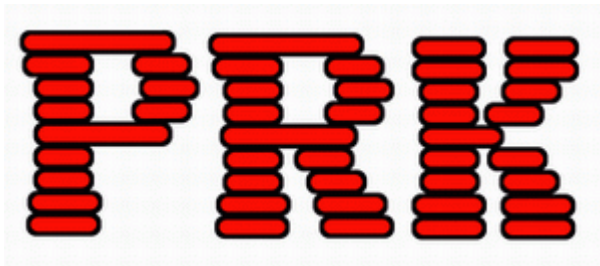
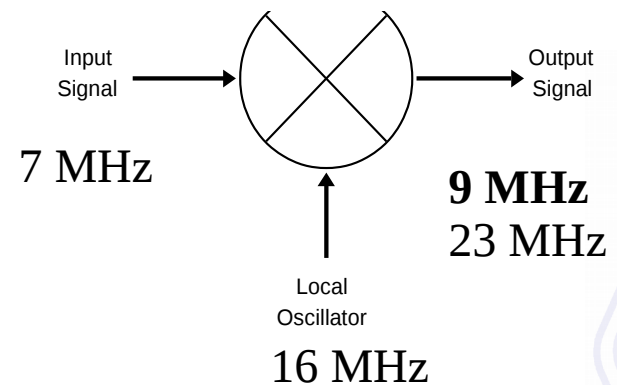
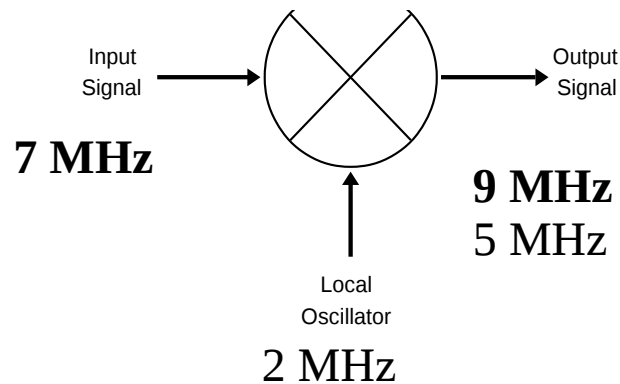
# Sekoitin käytännössä

- Usein jokin komponentti toimii kytkimenä, jota paikallisoskillaattori ohjaa



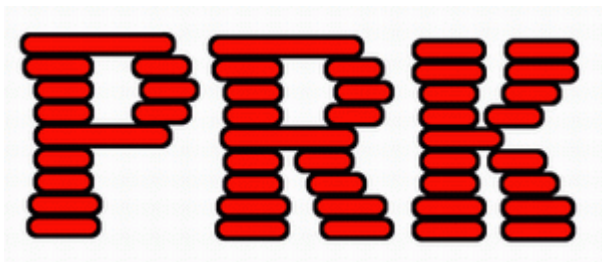
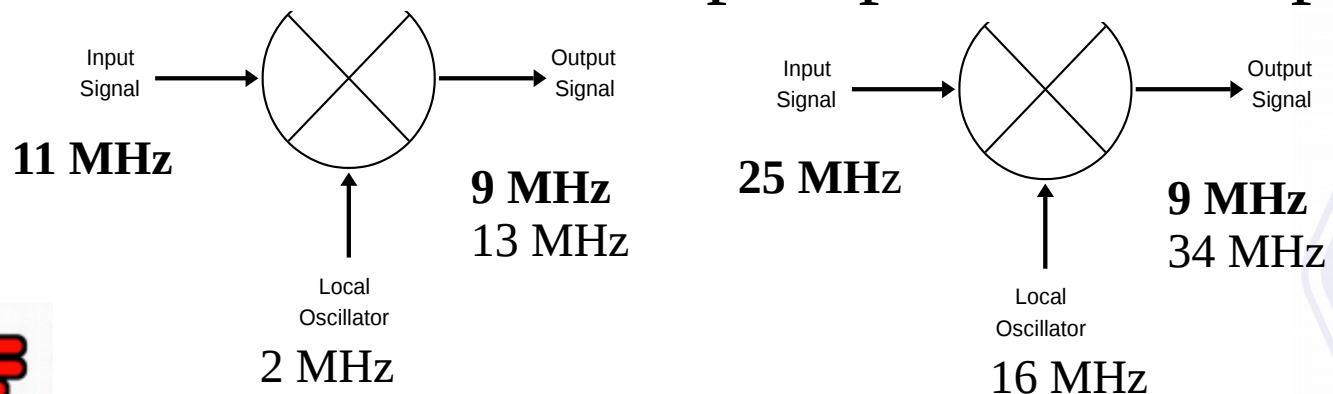
# Esimerkki

- Radion välitaajuus on 9 MHz ja sillä halutaan kuunnella taajuutta 7 MHz
  - Säädetään paikallisoskillaattori taajuudelle 2 MHz (tai 16 MHz) → sekoittimeen tuleva 7 MHz radiotaajuus muuttuu 9 MHz välitaajuudeksi
  - Sama tulee sekoittimesta ulos myös 5 MHz (tai 23 MHz) taajuudella, mutta se suodatetaan pois heti sekoittimen jälkeen jolloin se ei haittaa



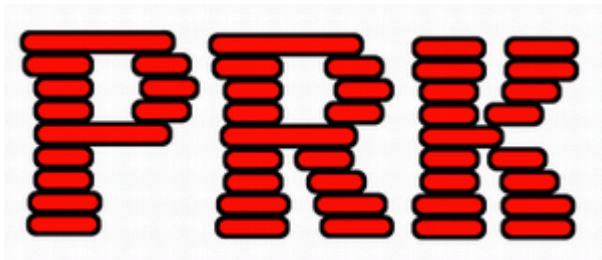
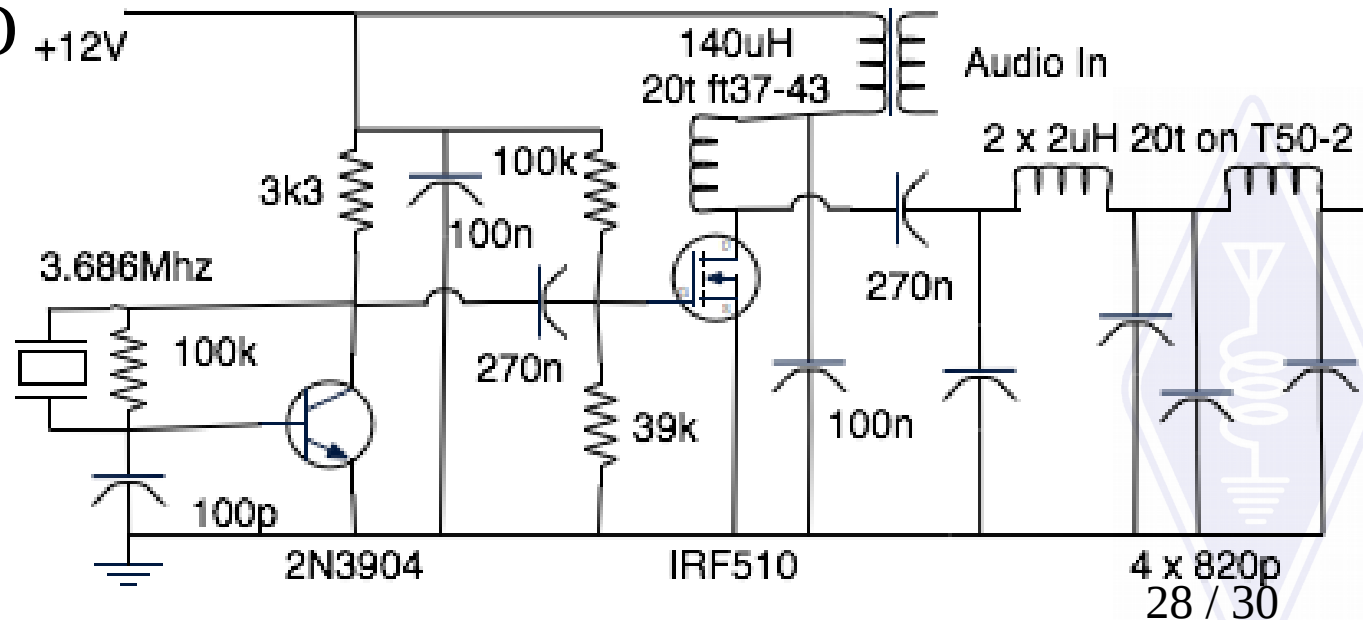
# Esimerkki: peilitaajuus

- 2 MHz paikallisoskillaattorin tapauksessa kuitenkin myös 11 MHz radiotaajuus muuttuu samaksi välitaajuudeksi
  - Kaikki 11 MHz taajuudella oleva täytyy siis suodattaa pois ennen sekoitinta, ettei se kuulu samaan aikaan
  - 11 MHz on siis tällöin peilitaajuus
- 16 MHz paikallisoskillaattorin tapauksessa lähin peilitaajuus onkin 25 MHz, helpompi suodattaa pois



# Modulaattori

- Amplitudimodulaattori, amplitudimodulaatio (AM)
  - Muuttaa radiotaajuisen signaalin amplitudia esim. äänen mukaan
  - Esimerkiksi vahvistimen käyttöjännitettä muuttamalla
- Taajuusmodulaattori, taajuusmodulaatio (FM)
  - Muuttaa taajuutta
  - Esimerkiksi VCO



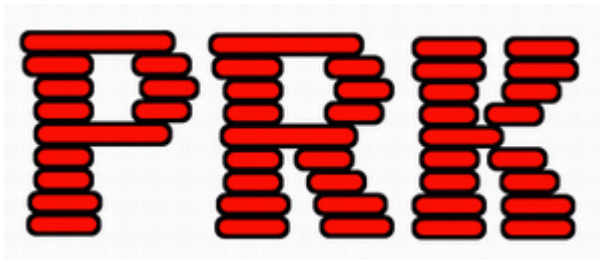
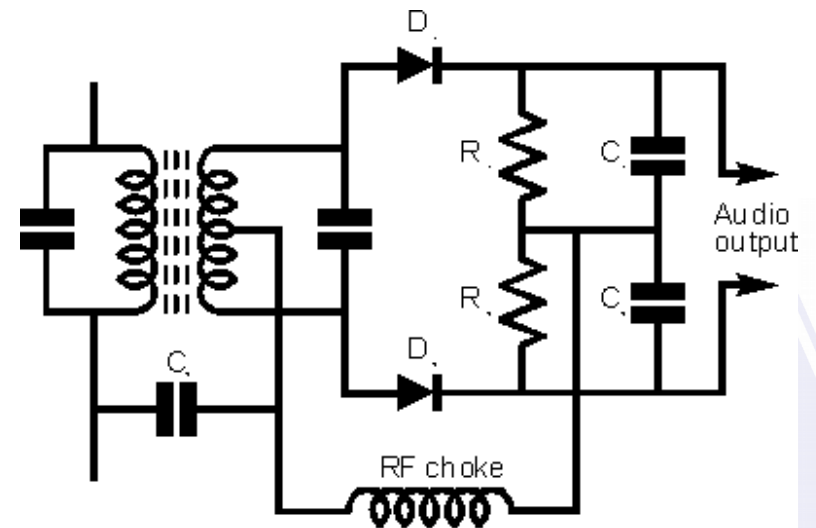
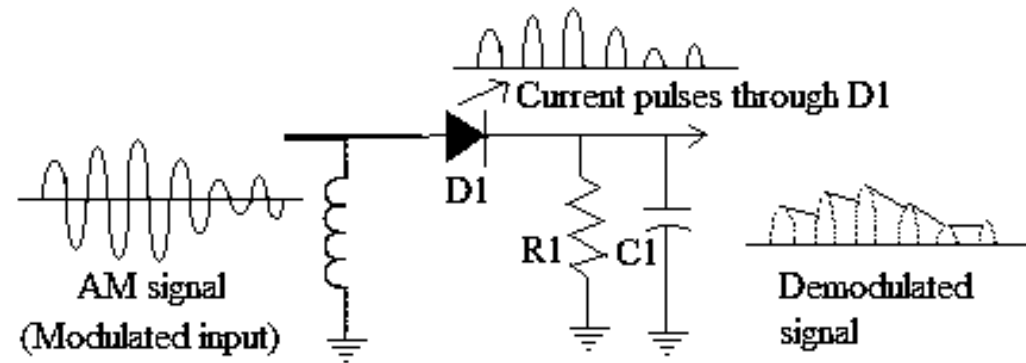
# Demodulaattori

- AM-demodulaattori

- Mittaa radiotaajuisen signaalin amplitudia ja muuttaa sen takaisin esim. ääneksi
- Esimerkiksi tasasuuntaaja

- FM-demodulaattori

- Esimerkiksi diskriminaattori tai vaihelukittu silmukka



**PARK**

