

Radioamatöörikurssi 2014

Polyteknikkojen Radiokerho OH2TI

Modulaatiot, modulaattorit ja ilmaisimet

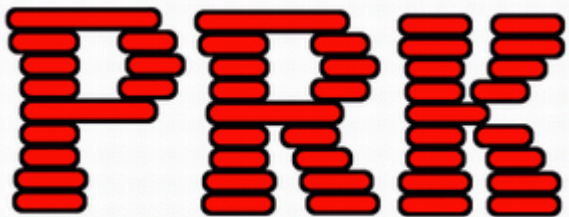
Radioarkkitehtuurit

Impedanssi

Kohina

6.11.2014

Jouni Salmi, OH2BZP



Illan puhuja

Jouni Salmi OH2BZP (1983 -)

DI TKK 1999, Radiotekniikka, Televiestintäjärjestelmät



ROHDE & SCHWARZ

2012 –

omnitele

2004 – 2012

NOKIA

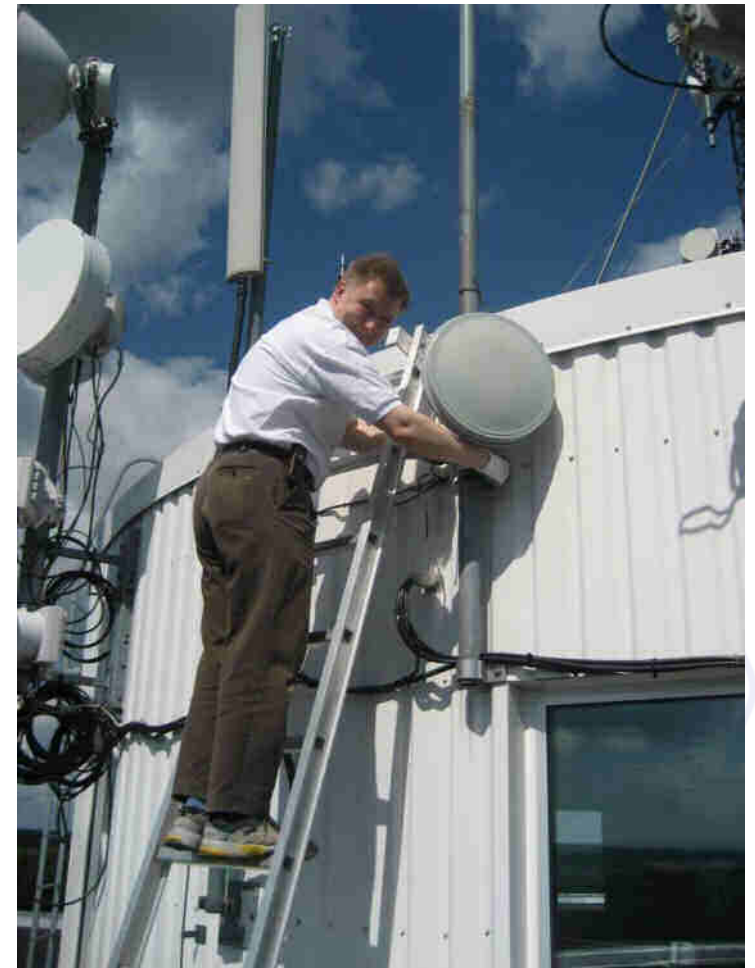
1998 – 2003



VAISALA

1994 - 1998

PRK



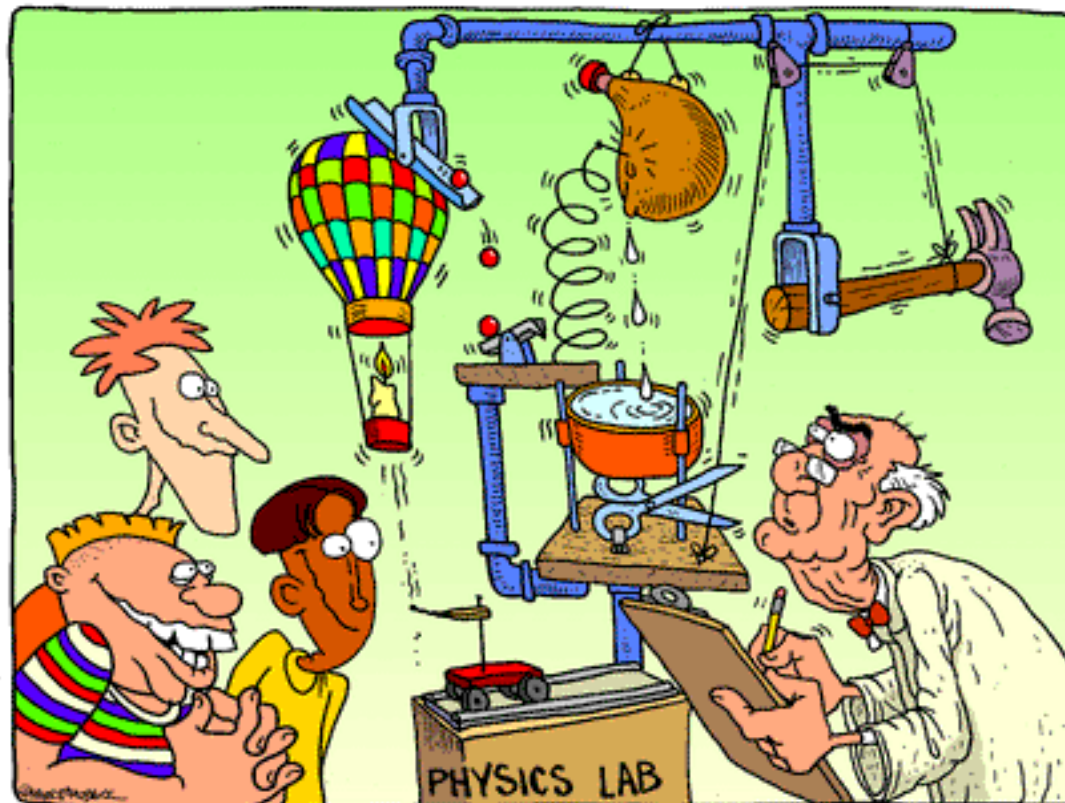
Illan aiheet

Modulaatio

Radion arkkitehtuuri

Impedanssi

Kohina



PAK



Modulaatio

Pelkkä RF-kantoaalto ei vielä sisällä siirrettävää informaatiota. Pientaajuisen informaation lisäämistä kantoaaltoon kutsutaan modulaatioksi.

Siirrettävän informaation määrä/audiokaistanleveys vaikuttaa RF-signaalin kaistanleveyteen.

Amplitudi

Taajuus

Vaihe

PRK



Modulaatio

CW, ASK

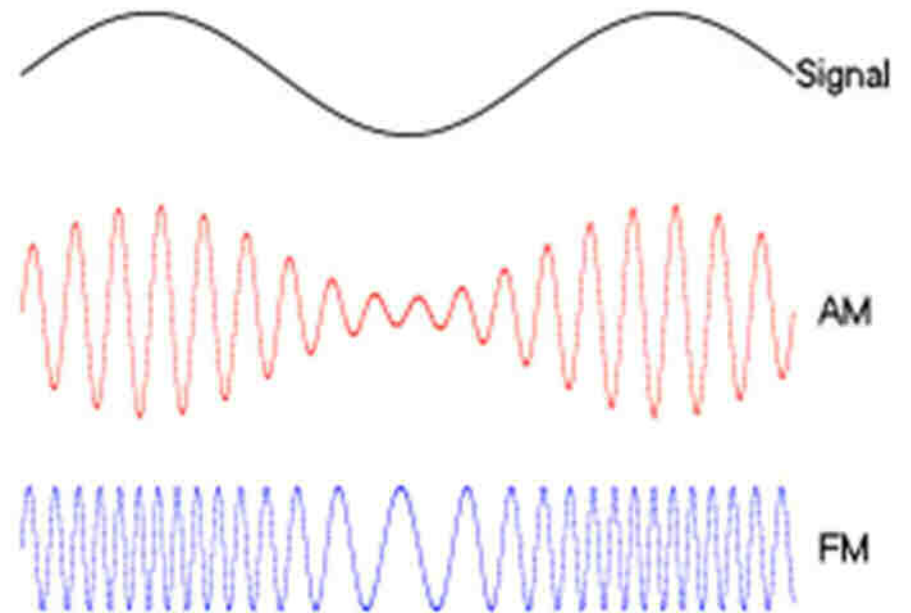
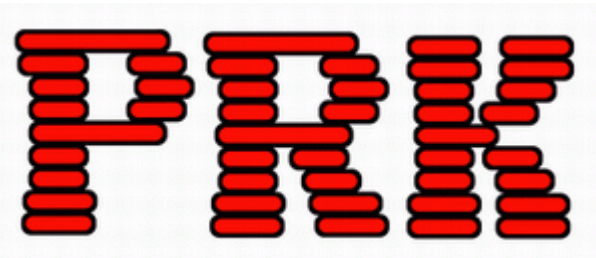
AM

SSB (USB, LSB, ISB, VSB)

FM, PM

FSK

PSK



CW/ASK

Continuous Wave, ASK2

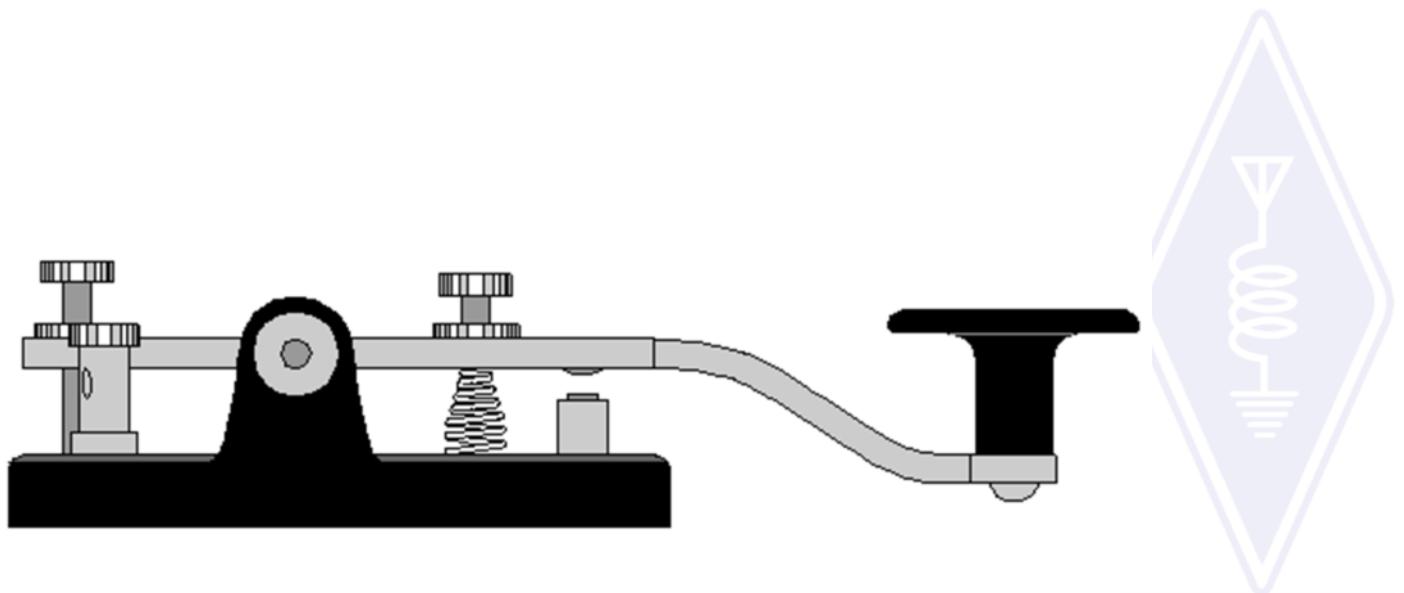
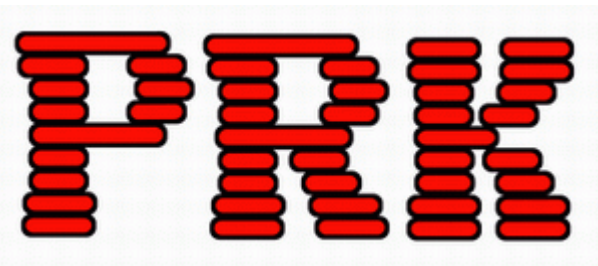
Sähkötytys, MORSE-koodi

Kytetään kantaalta päälle ja pois

Yksinkertaisin lähetettävä modulaatio

Erittäin kapeakaistainen

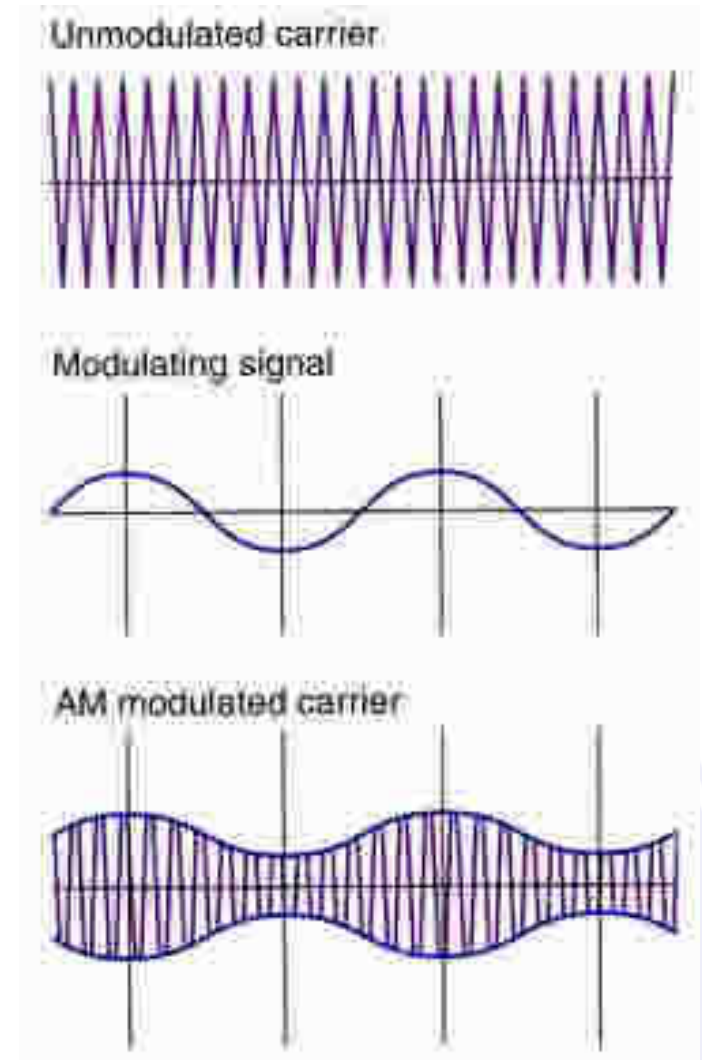
Vaatii SSB-ilmaisimen



AM

Amplitudimodulaatio
Informaatio amplitudin
vaihtelussa (verhokäyrässä)
Helpoin ilmaistava, pelkkä diodi-
ilmaisina riittää
Tuhlaa kaistanleveyttä SSB
verrattuna, puhelähetys 6 kHz
Yleisradiolähetykset ja
lentoliikenne käyttää edelleen

PRK



SSB

Single Side Band

Kapein analoginen puhelähete, tavallisimmin 2,4 kHz

Eniten käytetty puhelähete HF-alueella

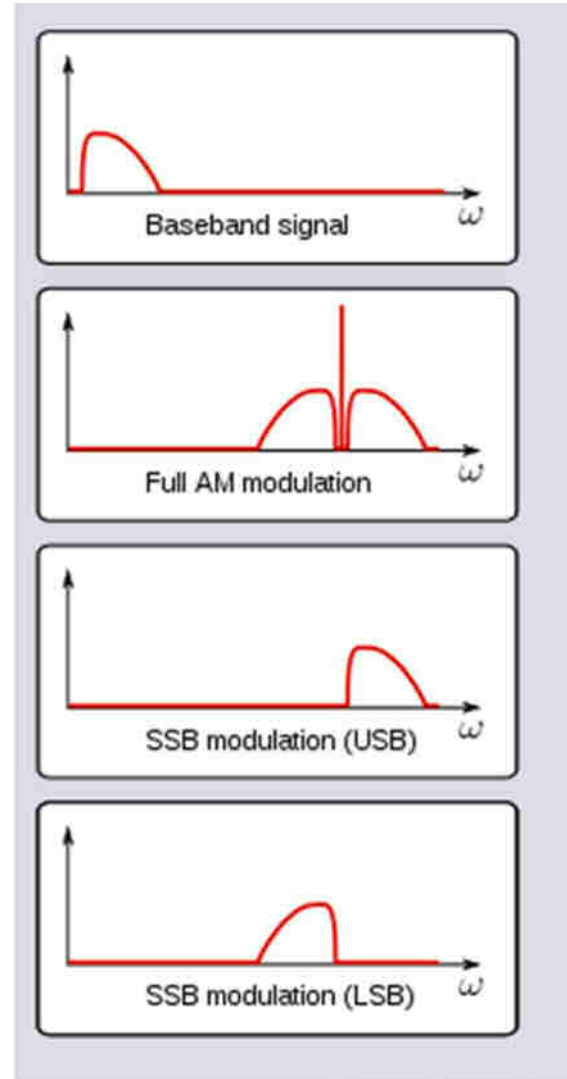
Muodostetaan suodattamalla AM:n kantoaalto ja toinen sivunauha pois

Amatööriikenteessä LSB alle 10 MHz ja USB yli 10 MHz, ammattiliikenteessä vain USB

DSB:ssä molemmat sivunauhat

ISB Independent Side Band (ei amatööriikenteessä)

VSB Vestigial Side Band, analoginen TV-signaali



PRK

FM (PM)

Taajuusmodulaatio (Frequency Modulation)

Amplitudi vakio, informaatio taajuuden vaihtelussa

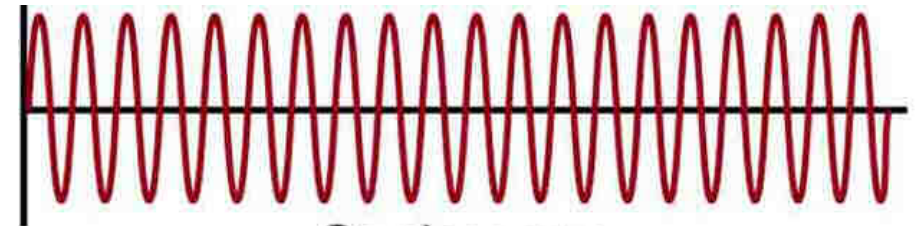
Kommunikaatiokäytössä NBFM (15 kHz), yleisradiokäytössä WBFM (stereo 150 kHz)

Yleisin puhelähetelaji VHF/UHF-alueille

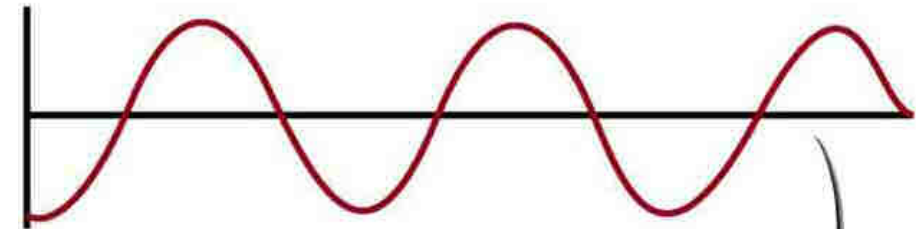
Helpot vahvistimet (amplitudi ei lineaarinen)

FM toteutus PM:nä

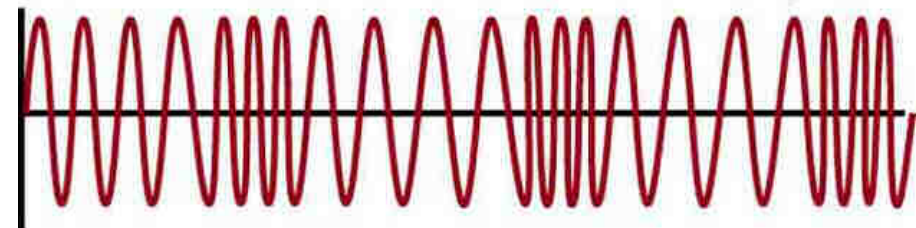
PRK



Carrier wave
(a)



Audio signal
(b)



Frequency modulated
(c)

FSK(n)

Digitaalinen modulaatio

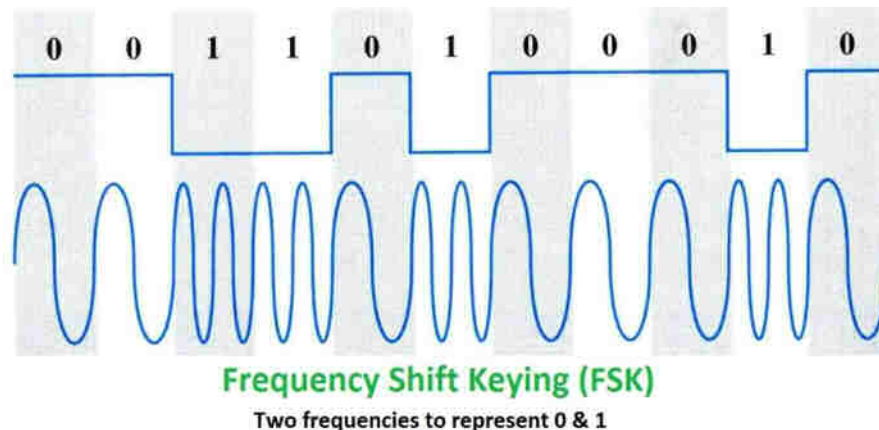
Frequency Shift Keying

Diskreetti FM, vaihdellaan n taajuutta. Kullakin taajuudella tietty bittikuvio (0/1/00/01/10/11)

RTTY

AFSK kun toteutetaan äänitaajuudella ja syötetään lähettimen mikrofonikanavaan (PC äänikortit ym.)

Hyvin yleinen VHF/UHF-modemimodulaatio



PARK

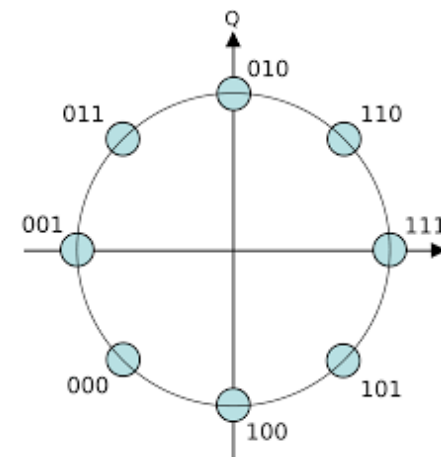
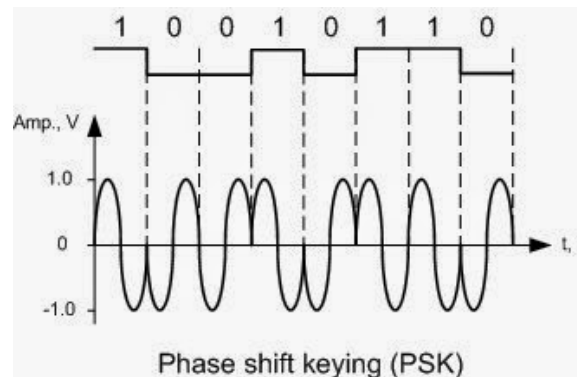


PSK(n)

Phase Shift Keying, n tasoa
Diskreetti digitaalimodulaatio
Informaatio/symbolit kantoaallon vaiheen
muutoksissa

Esim. 0 = ei muutosta, 1 = 180 ast muutos

PSK31 2 tasoa, erittäin kapeakaistainen



PRK

QAM(n)

Quadrature AM, n tasoa

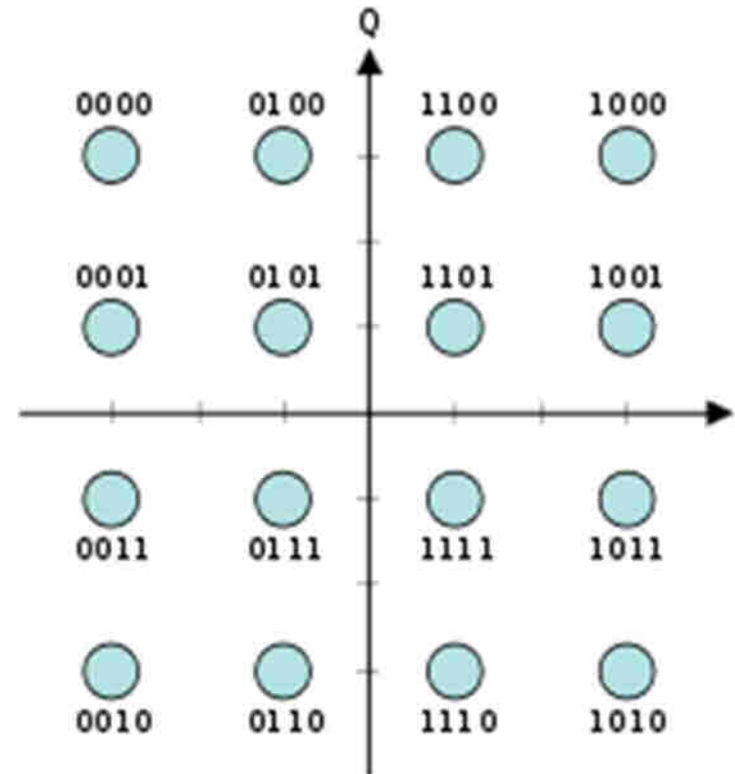
Symboleissa vaihdellaan sekä amplitudia että tasoa

Nopeat datastandardit

Vaatii hyvän signaali-kohinasuhteen

Mutkikkaat ja kalliit toteutukset

Esim. Digi-TV DVB-T



PARK

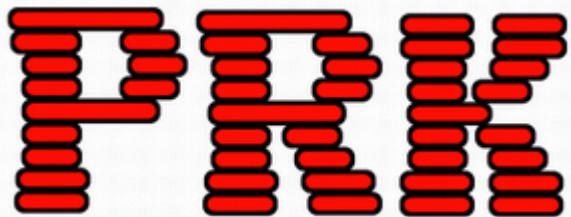
Digipuhe

Puhe digitoidaan ja lähetetään datana
Varsinaisena modulaationa yleisimmin FSK/PSK-variantteja

Puhekoodekit

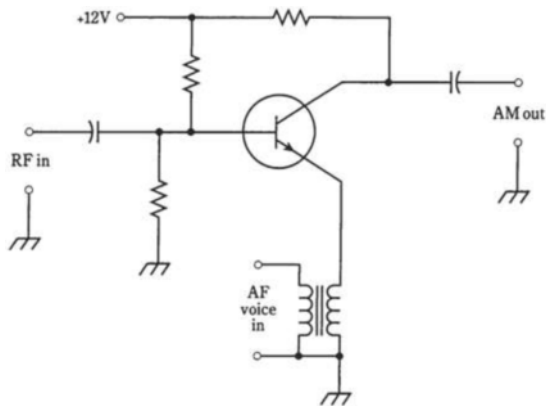
Amatöörikäytössä erityisesti D-Star (Icom) ja
DMR

Ammattikäytössä APCO25, MotoTRBO, TETRA

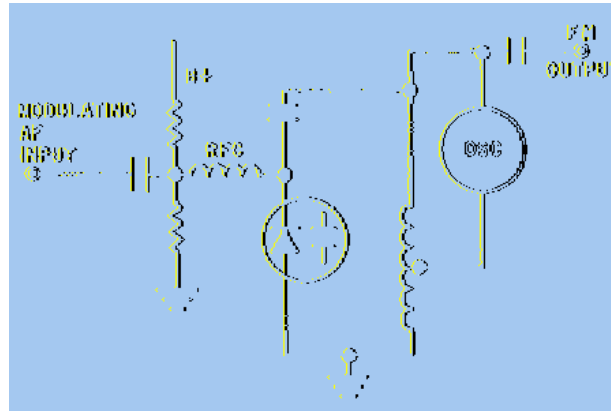


Modulaattorit

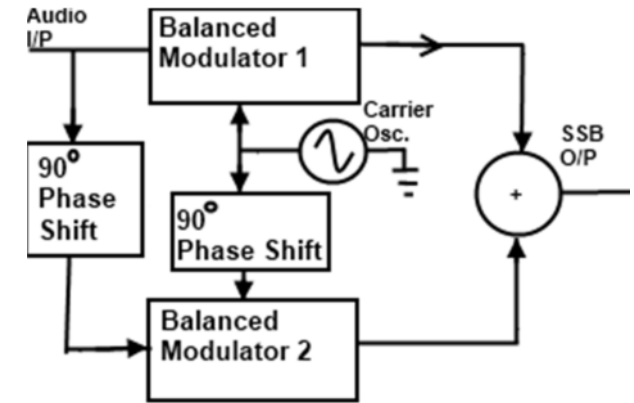
AM



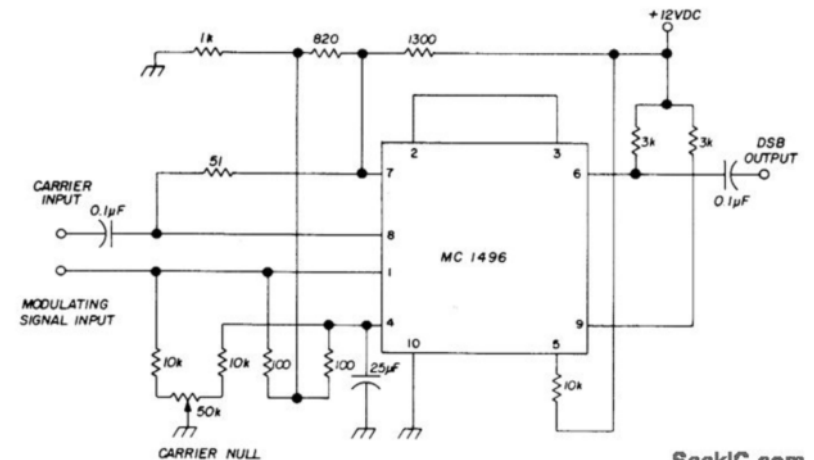
FM



SSB



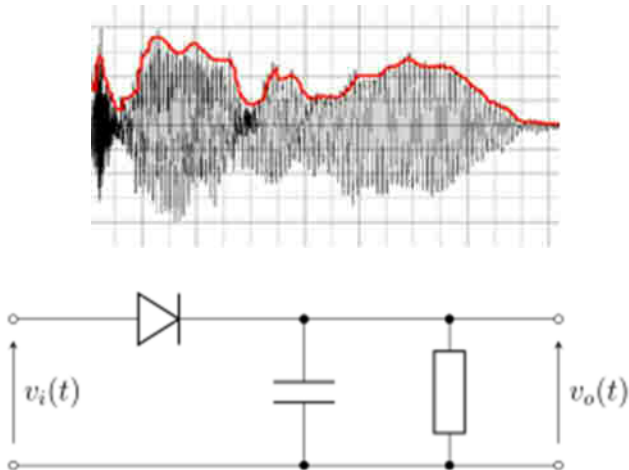
onneksi on IC:t...



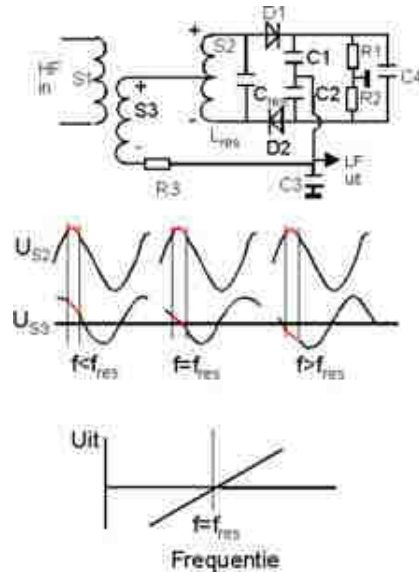
PARK

Ilmaisimet

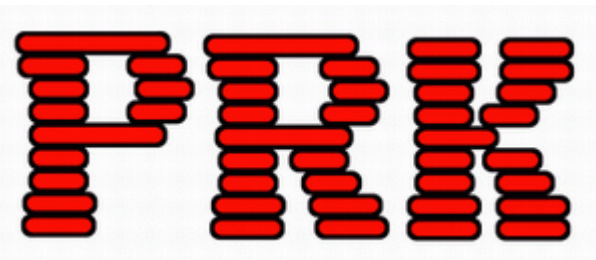
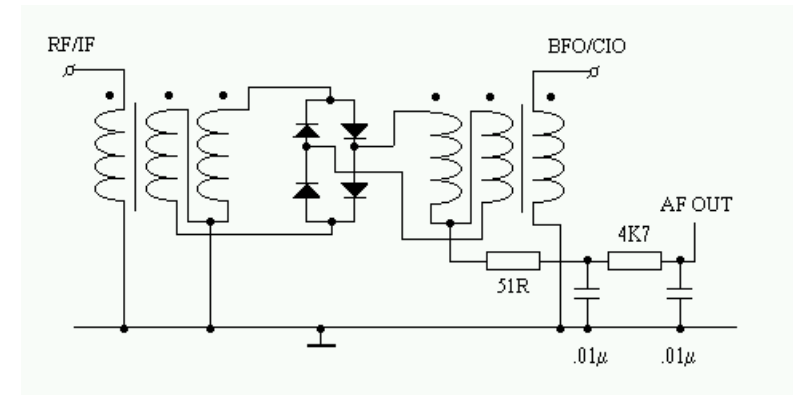
AM



FM

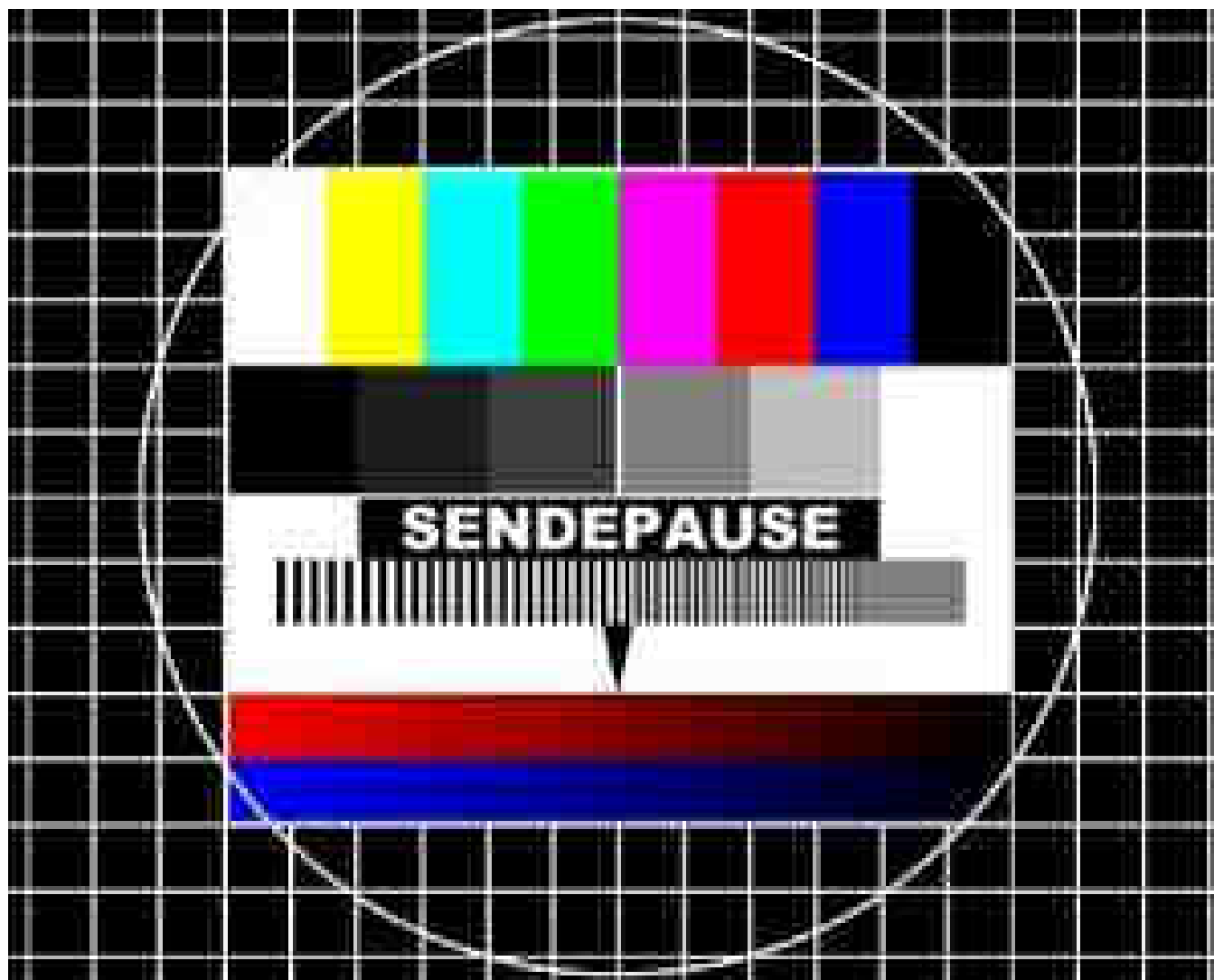


SSB/CW



FSK kaistanpäästösuodatin joka
modulaatiotaajuudelle -> 1/0
Muut digitaaliset luku sinänsä... Yleensä DSP





PARK

QRX 10 min



Radioarkkitehtuurit

Vastaanotin, RX (Receiver)

Suora

Superi

Peilitaajuus

Lähetin, TX (Transmitter)

CW

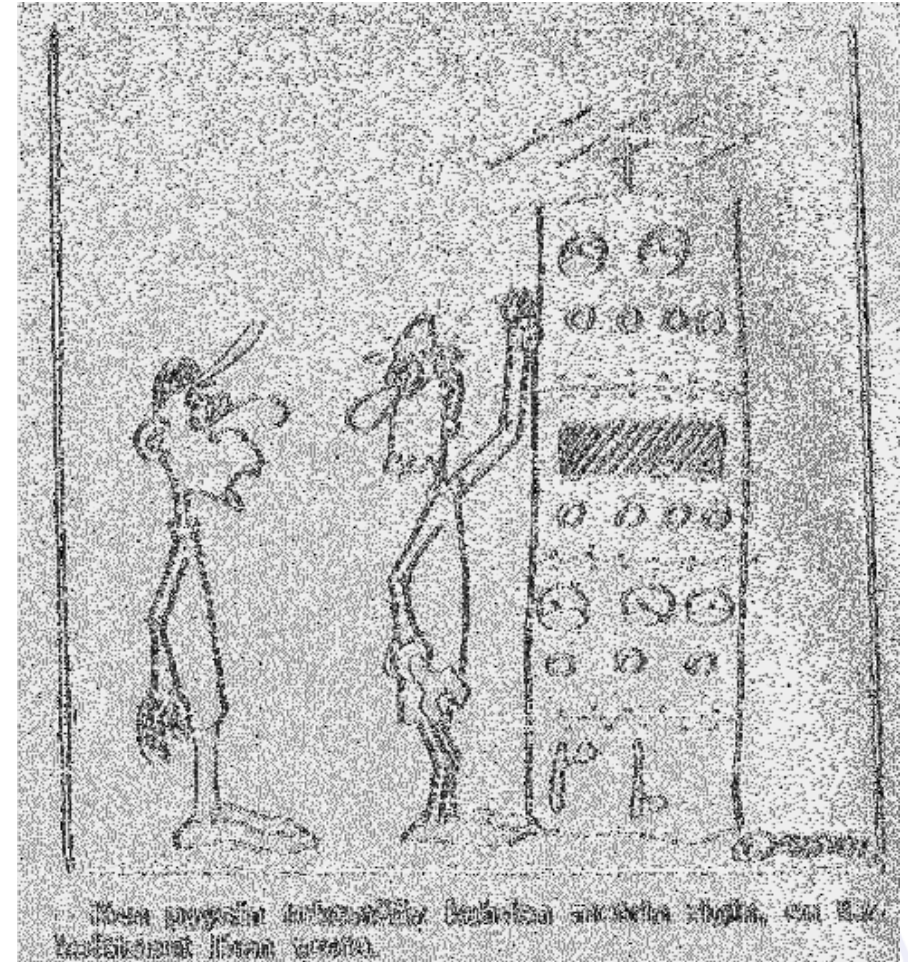
AM

SSB

Lähetinvastaanotin, TRX
(Transceiver)

Hyödyntää samoja lohkoja

Yleisimmin käytettyjä radiotyyppejä

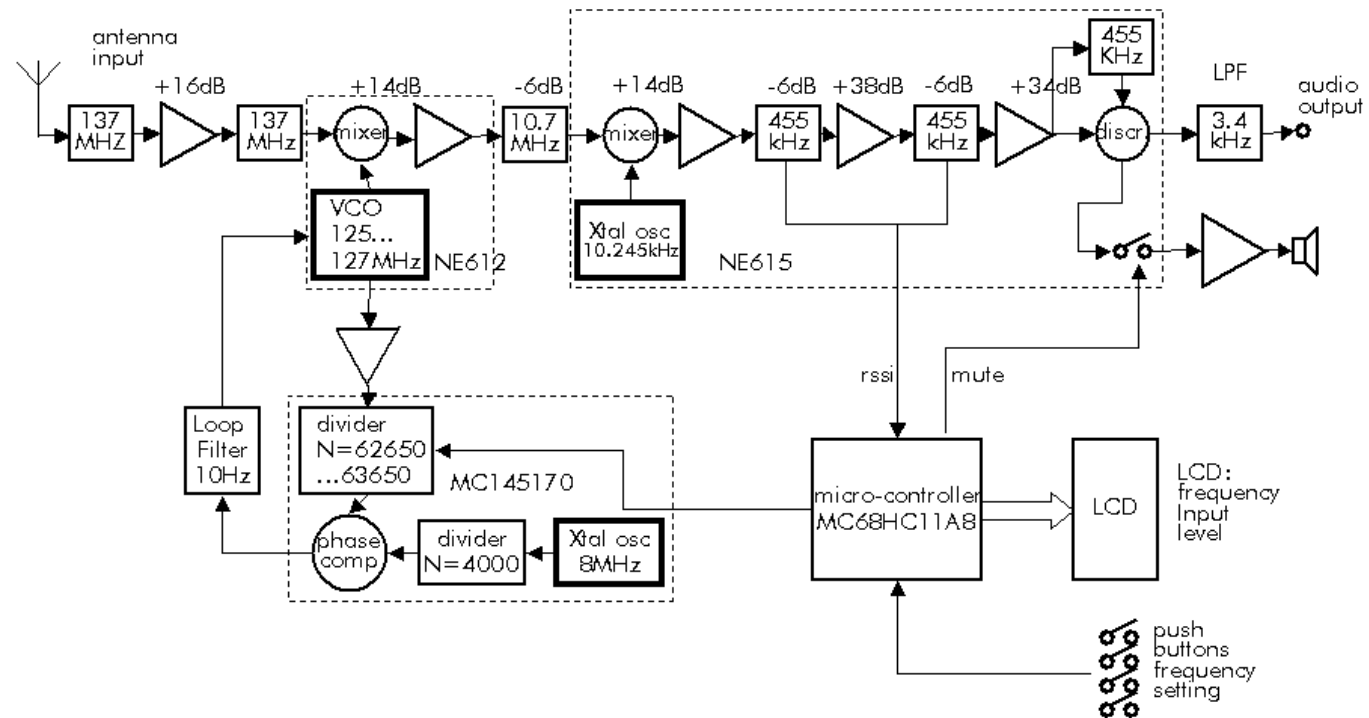


PRK



Vastaanottimet

Suora
Superi



PARK



Suora vastaanotin

Ilmaisu tapahtuu suoraan kuunneltavan signaalin taajuudella

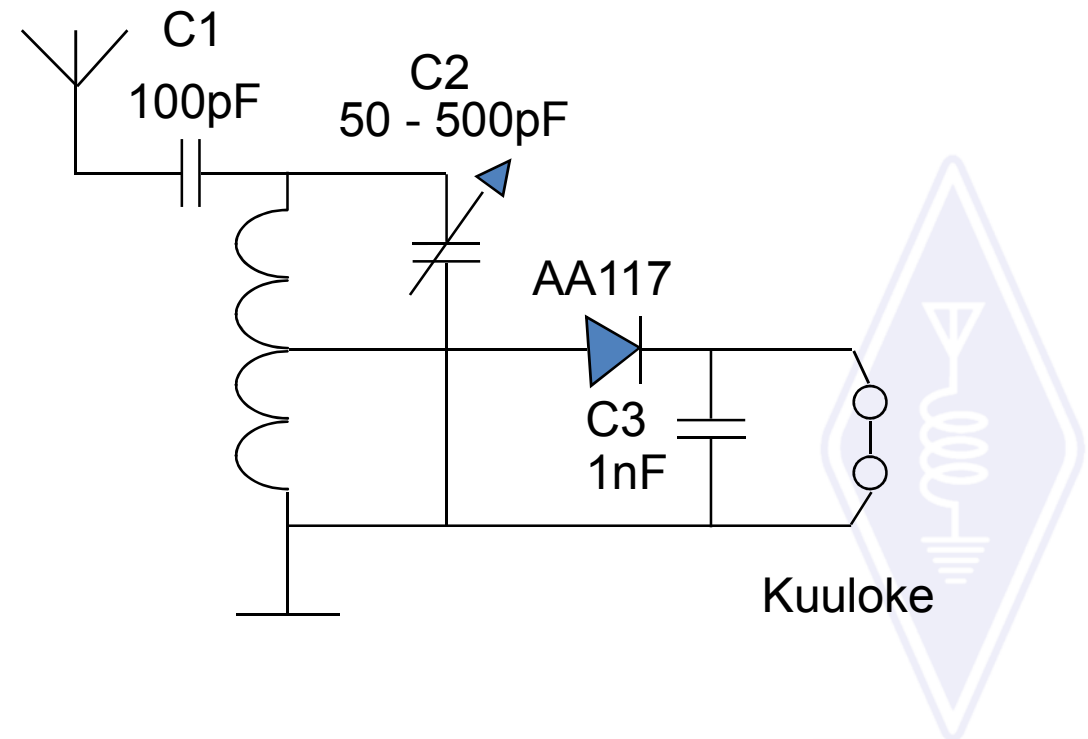
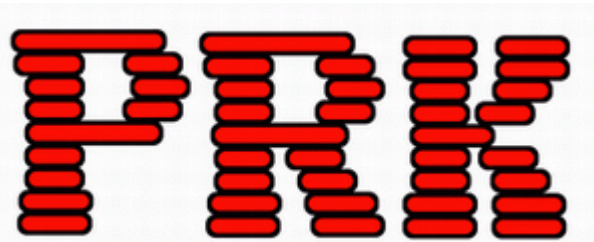
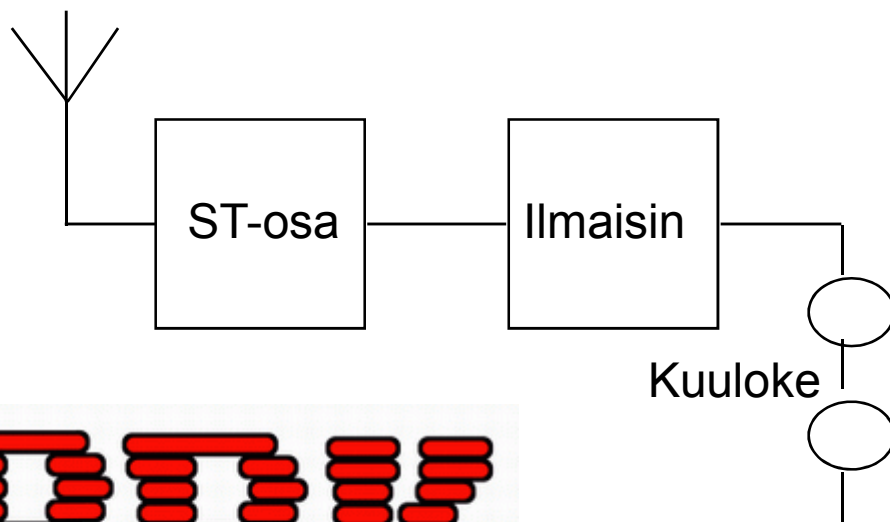
AM:n kuuntelu mahdollista

Tarvitsee audiovahvistinasteita

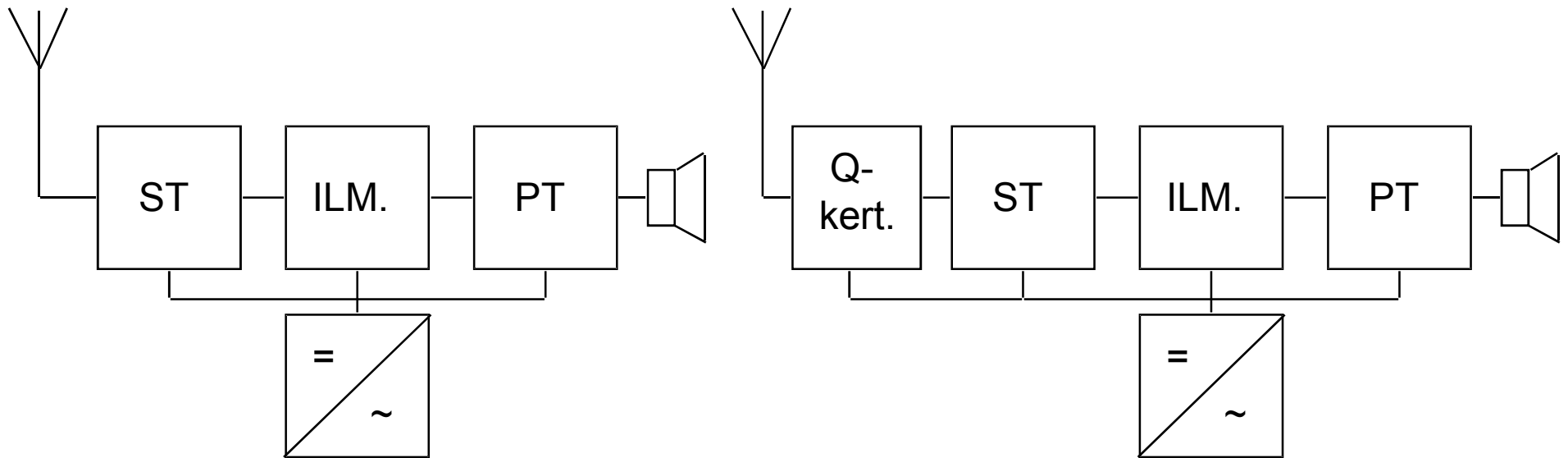
Heikko selektiivisyys

Yksinkertainen "kidekone"

Voidaan parantaa suurtaajuusvahvistimella (Q-kertoja),
resonanssitaajuus voi vuotaa antennin kautta häiritsemään muita
vastaanottimia



Suora vastaanotin



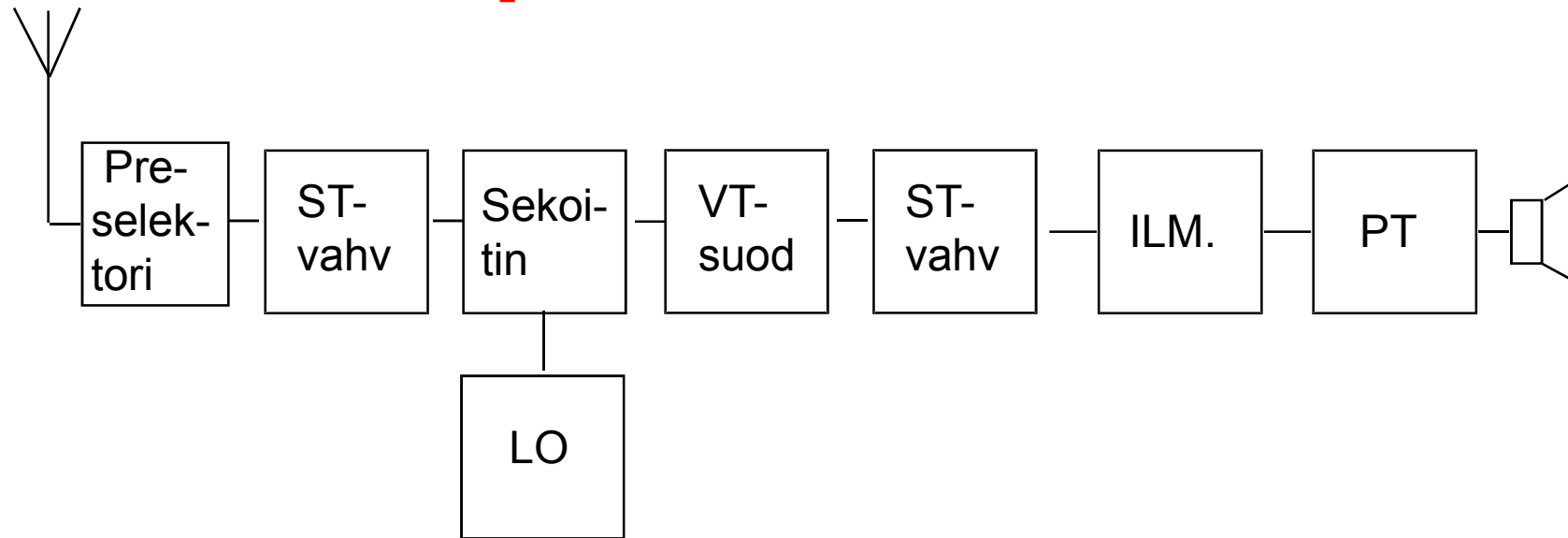
Suora vastaanotin ilman Q-kertojaa

Q-kertojalla varustettu suora vastaanotin

PARK



Supervastaanotin

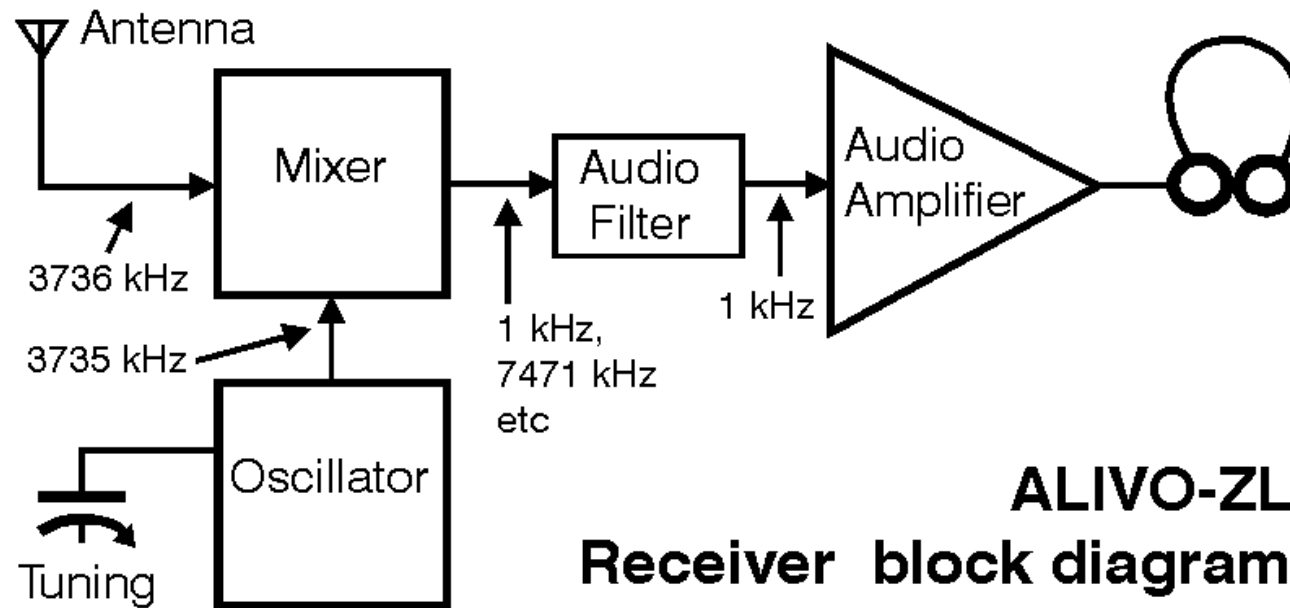


Signaali sekoitetaan ensin välitaajuudelle
Selektiivisyys ja herkkyys paljon parempi
Käytännössä kaikki nykyvastaanottimet
Myös useita sekoituksia peräkkäin

PRK



Suora superi

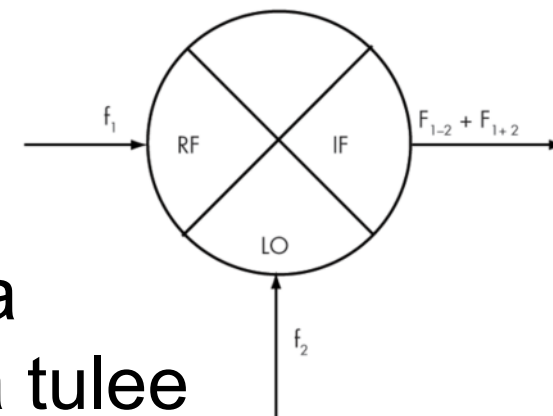


Suoran ja supervastaanottimen välimuoto
Signaali sekoitetaan suoraan ilmaisutaajuudelle
Oli häviämässä, nykyisin tulossa takaisin SDR-vastaanottimissa
jossa välitaajuus viedään suoraan A/D-muuntimelle

PRK

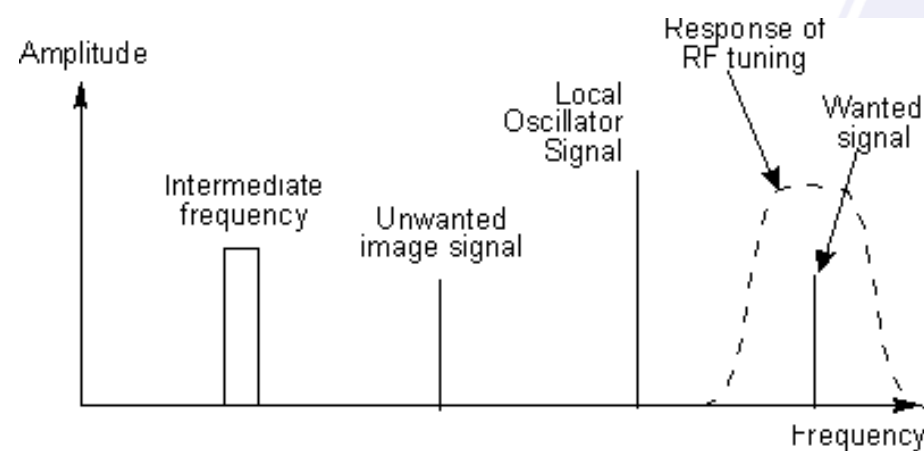


Peilitaajuus



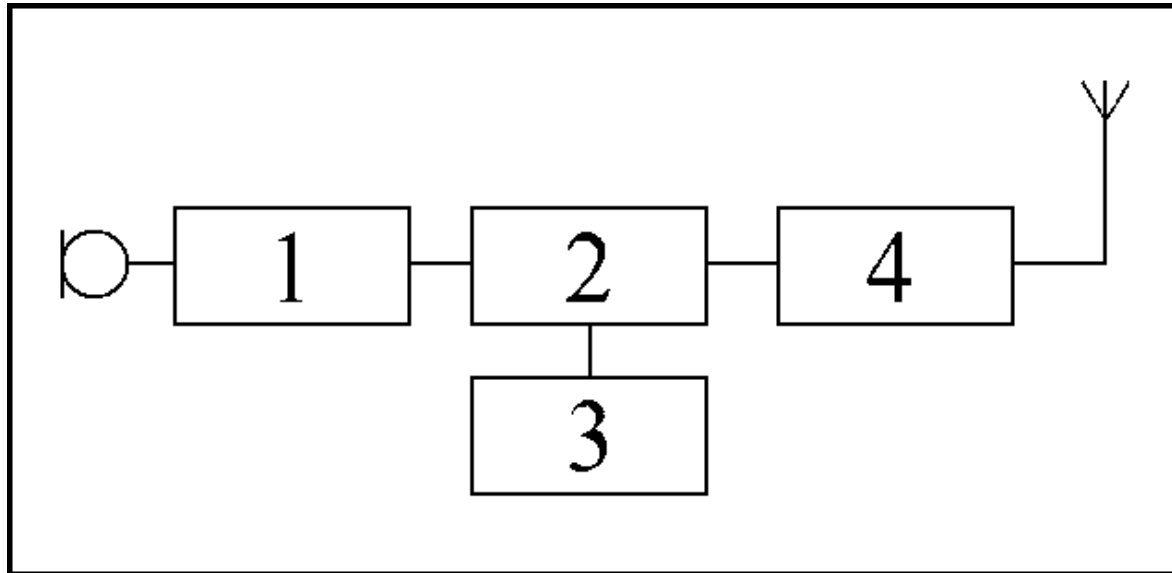
Sekoittimessa syntyy useita sekoitustuloksia
Peilitaajuudeksi kutsutaan RF-taajuutta jolta tulee
sekoitustuloksena sama välitaajuus kuin kuunneltavalta
signaalilta

Korkea välitaajuus nostaa
peilitaajuuden vastaanottimen
toiminta-alueen ulkopuolelle



PRAK

Lähettimet



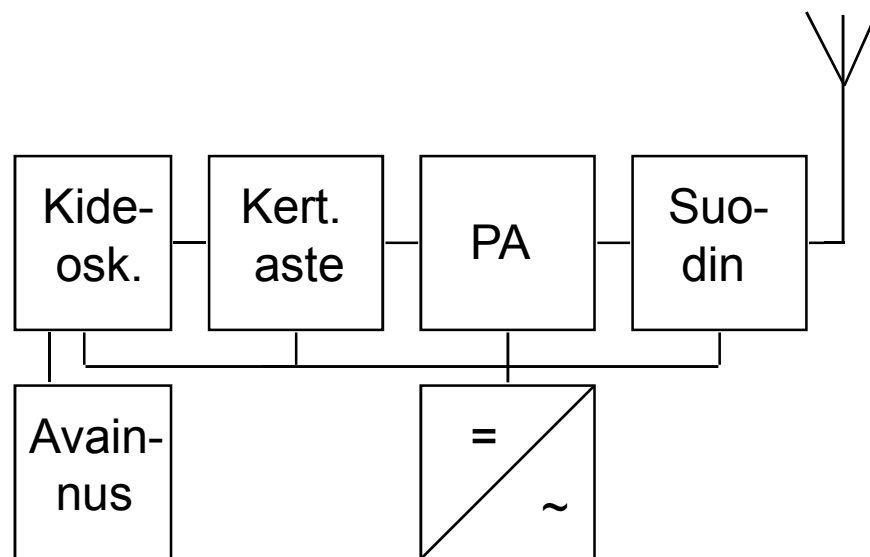
1. Mikrofonivahvistin
2. Modulaattori
3. RF-oskillaattori
4. Päätevahvistin



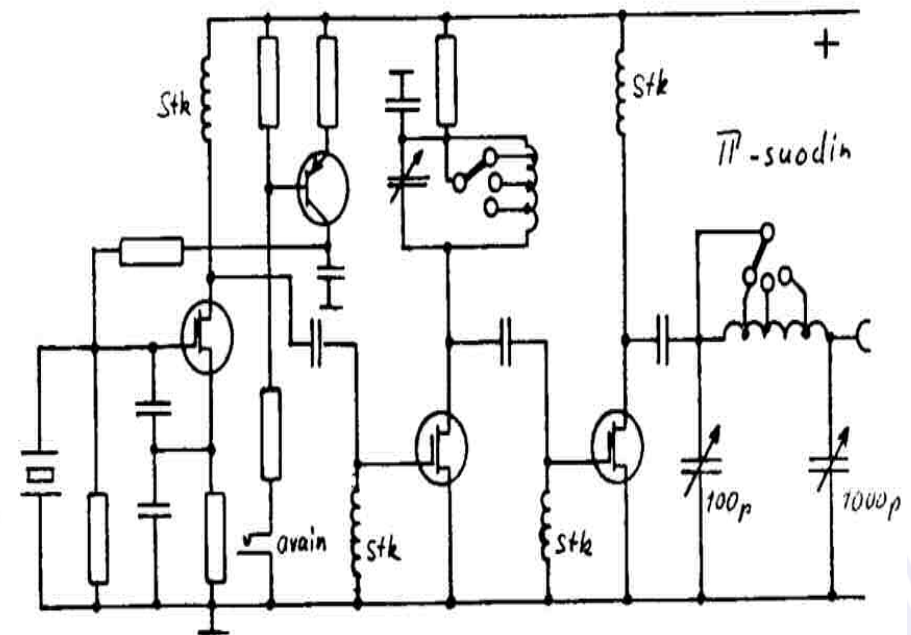
PARK



Yksinkertainen CW-lähetin



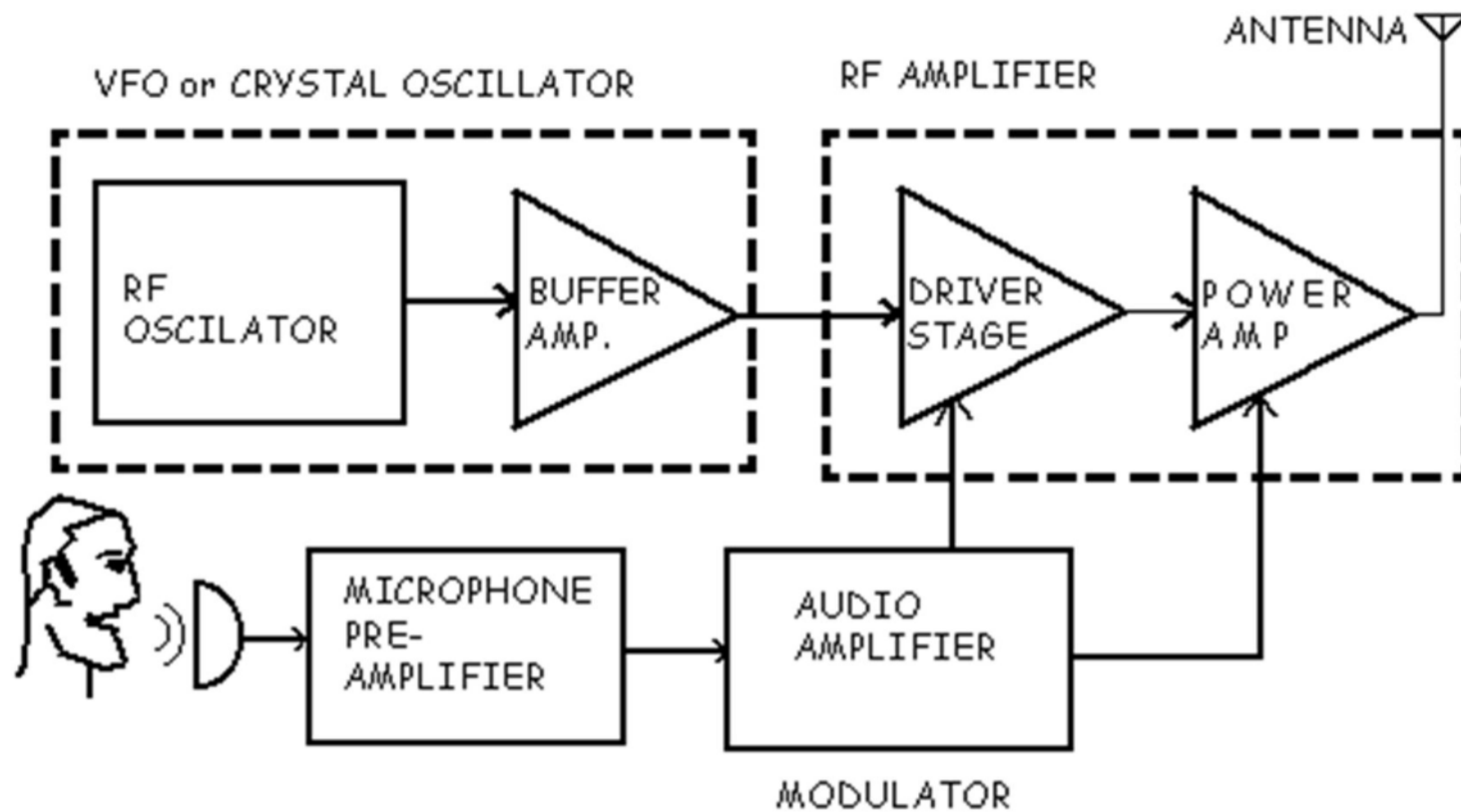
CW - lähettimen lohkokaavio



CW - lähettimen kytkentäkaavio

PRK

AM-lähetin



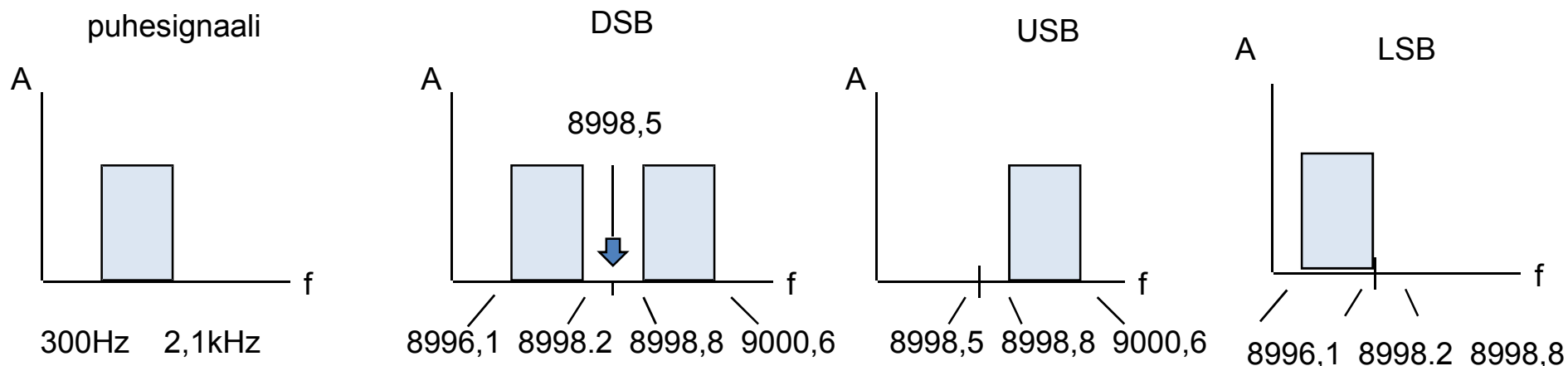
BLOCK DIAGRAM OF A SIMPLE AMPLITUDE MODULATED TRANSMITTER

©Sandeep Baruah

PARK

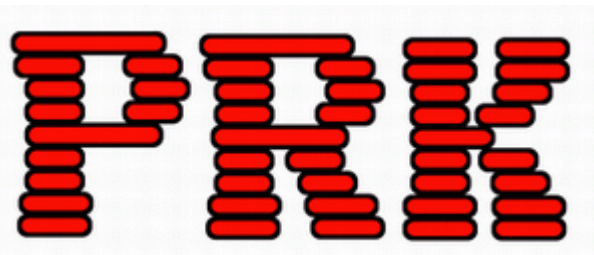
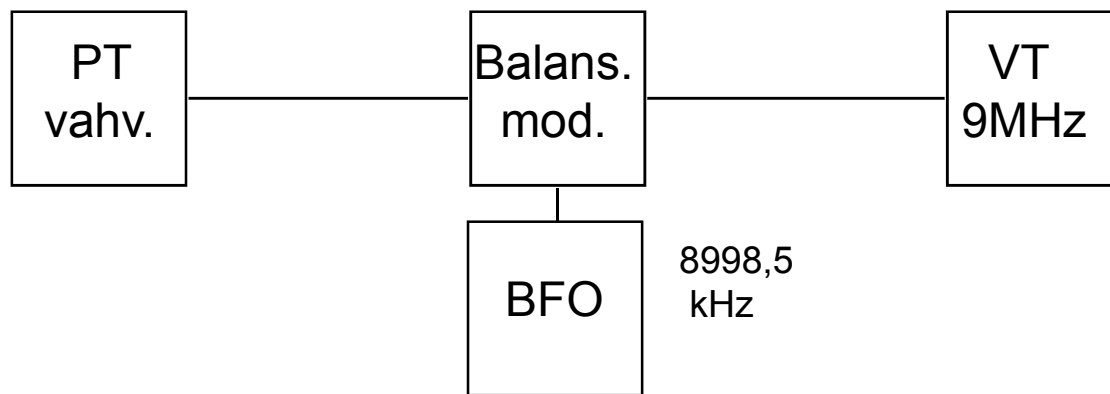


SSB:n muodostaminen



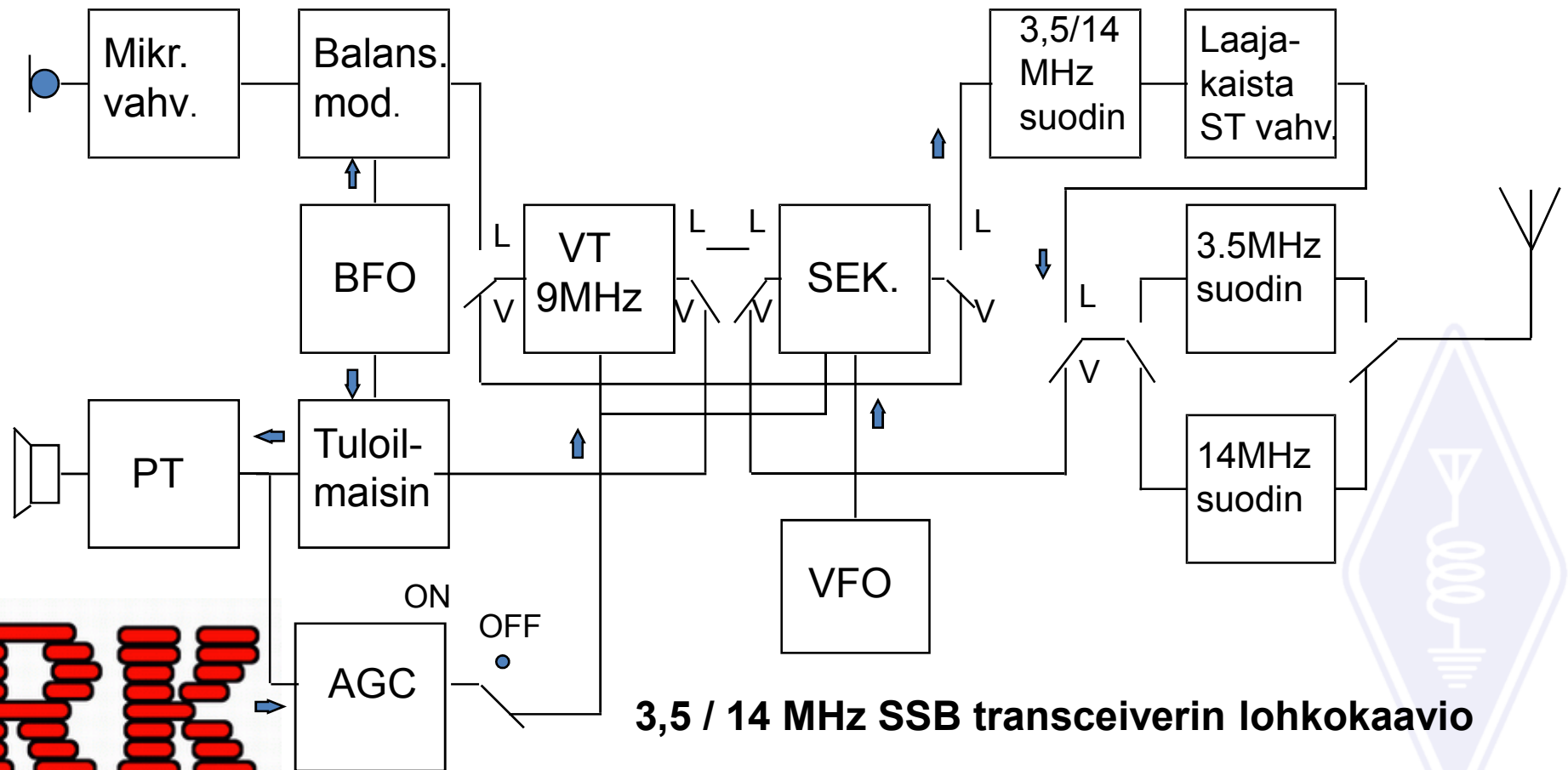
SSB signaalin muodostus:

Puhe johdetaan mikrofonin ja vahvistinasteen kautta balansoituun modulaattoriin. Balansoitu modulaattori on sekoittaja jonka lähtösignaali on nolla jos tuloon ei tuoda pientaajuista signaalia. Sekoittaja on tällöin balanssissa (tasapainossa). Pientaajuussignaali ohjataan sekoittaja epäbalanssiin ja lähtönä on tällöin suurtaajuinen amplitudimoduloitu signaali, mistä kantaalto on vaimentunut pois (= DSB - signaali). SSB-signaali saadaan kun DSB-signaali suodatetaan toinen sivukaista pois, jolloin jäljelle jää yksisivukaistasignaali SSB. SSB-signaalia muodostettaessa täytyy tietää kumpi sivukaista halutaan säilyttää. Sivunauhojen valinta tehdään BFO:n kantaalto kiteen taajuutta vaihtamalla. Käytännössä BFO:ssa on kaksi eritaajuista kidettä, toinen LSB:n ja toinen USB:n muodostamiseen.

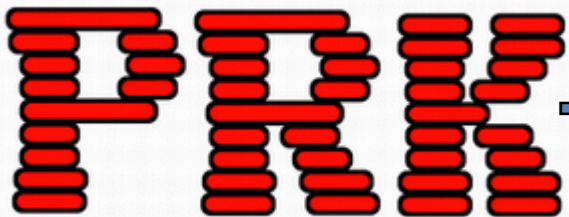


Perinteinen SSB-lähetinvastaanotin

Esimerkkimme SSB tranceiverin tapauksessa käytetään ainoastaan 3,5 ja 14 MHz:n taajuusalueita. Tällöin ei tarvita kuin yksi kanta-aaltokide BFO:hon. 3,5MHz:n alueella käytetään LSB:tä ja 14MHz:lla USB:tä. Työskentelytaajuuudet muodostetaan sekoittamalla välitaajuussignaali ja VFO-signaali. Sekoitustuloksena saadaan em.signaalien summa- ja erotustaajuuudet. 14MHz:n taajuusalue (14,000-14,350MHz) muodostuu summasta, säätämällä VFO:ta välillä 5,000 – 5,350 MHz (välitaajuus on kiinteä 9MHz). 3,5 MHz taajuusalue (3,500-3,800 MHz) muodostuu erotuksesta, VFO:n säätöväliä 5,500-5,200 MHz



3,5 / 14 MHz SSB tranceiverin lohkokkaavio

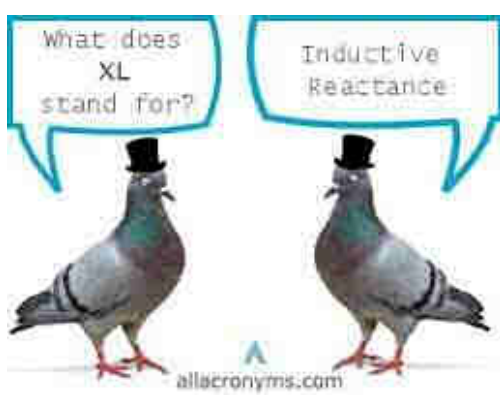




PARK

QRX?





Impedanssi

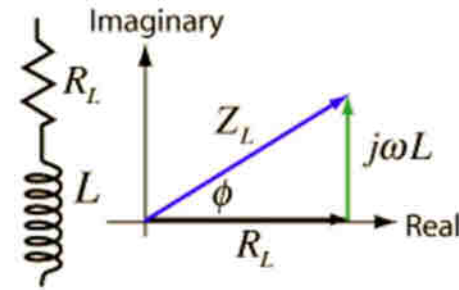
”Vaihtovirran resistanssi”

Kompleksisuure

Resistanssi + (imaginäärinen)
reaktanssi

Reaktanssi induktiivinen tai
kapasitiivinen

Muuttuu taajuuden funktiona
Jännite ja virta eri vaiheissa

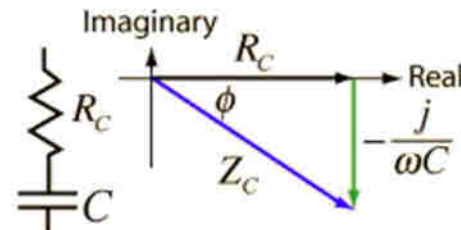


Cartesian form: $Z_L = R_L + j\omega L$

Polar form: $Z_L = |Z_L| e^{j\phi}$

where $|Z_L| = \sqrt{R_L^2 + \omega^2 L^2}$

$\phi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R_L}$

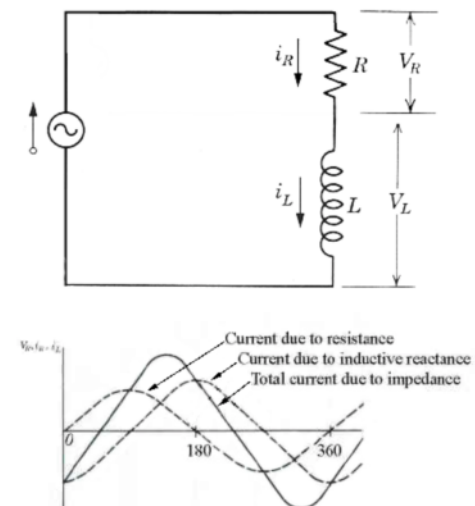
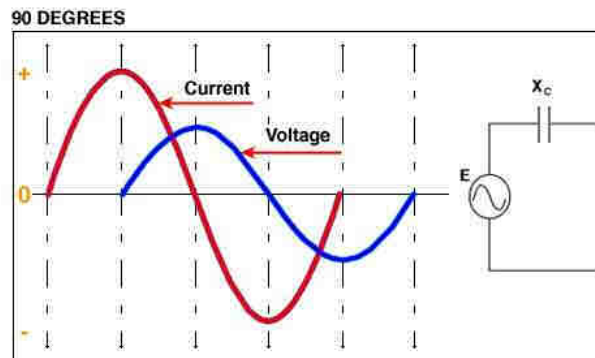


Cartesian form: $Z_C = R_C - \frac{j}{\omega C}$

Polar form: $Z_C = |Z_C| e^{j\phi}$

where $|Z_C| = \sqrt{R_C^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$

$\phi = \tan^{-1} \frac{-1}{\omega C R_C}$



PAUK

SWR/Heijastusvaimennus

Jos syöttö- ja kuormaimpedanssit eivät ole samoja osa tehosta heijastuu takaisin.
Etenevän ja palaavan tehon resultanttina syntyy seisova aalto
Seurauksena osa tehosta menee hukkaan
Useita eri tapoja ilmaista sinänsä sama asia:

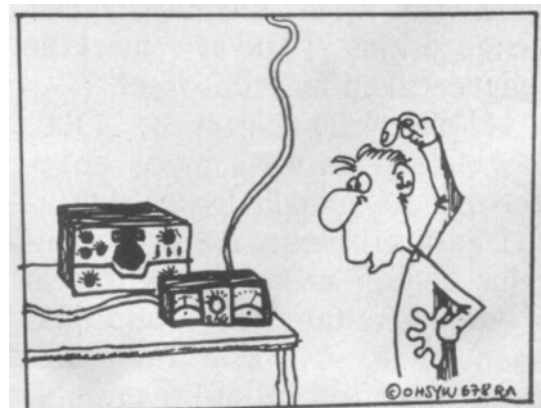
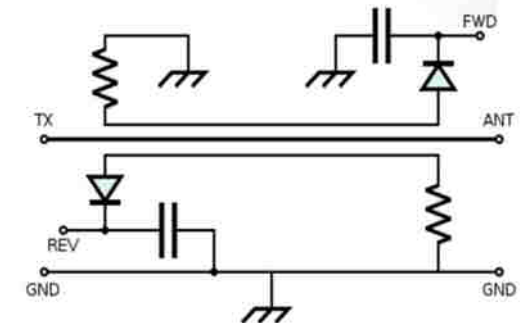
Heijastuskerroin ρ

Heijastusvaimennus (RL)

Seivovan aallon suhde (SAS, SWR, VSWR)

Mitataan suuntatehomittarilla (SWR-mittari)

Sisältää suuntakytkimet eri suuntiin



— Olen keksinyt ikiliikkujan! Antennista tulee enemmän tehoa kuin mitä sinne menee...

PAK



Mitenkäs se sovitus sitten tehdään?

Reaktanssi kompensoidaan vastaavan suuruisella käänteisreaktanssilla

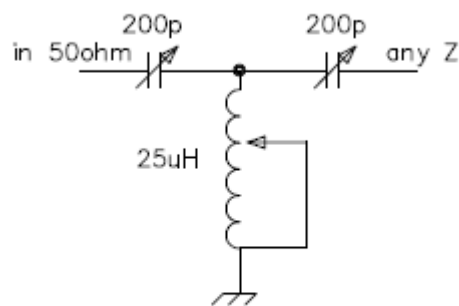
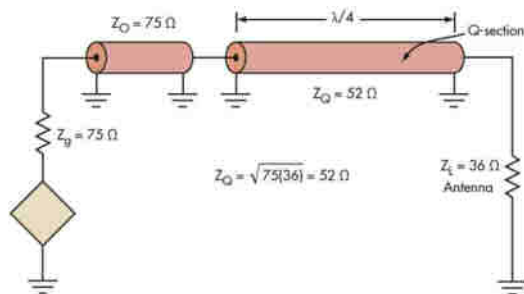
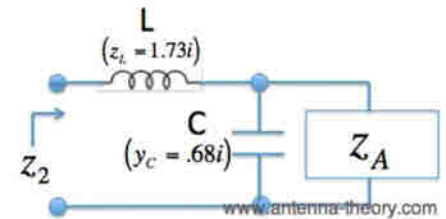
Siis induktiivinen sovituskondensaattorilla ja päinvastoin

Impedanssin reaaliosa (resistanssi) impedanssimuuntajalla

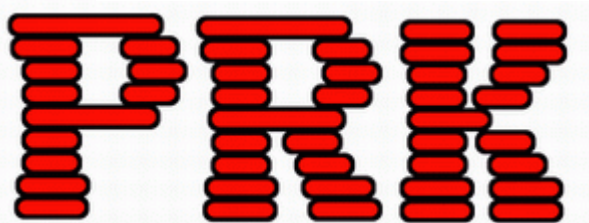
Ideaalisesti antennin syöttöpisteessä (tai missä kohtaa se epäsovitus sitten syntyykin)

Myös syöttöjohdon alapäässä

Huom! Ns. antenniviritin *ei viritä* (=muuta antennin resonanssitaajuutta), ainoastaan sovittaa!



T-MATCH for HF BANDS



Smithin kartta

Kätevä tapa visualisoida kompleksisia impedansseja

Smithin kartta on paitsi impedanssi- ja admittanssikuva myös heijastuskerroin- ja samalla seisovan aallon suhteen kuvaaja.

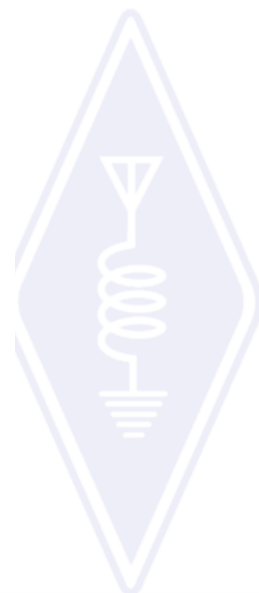
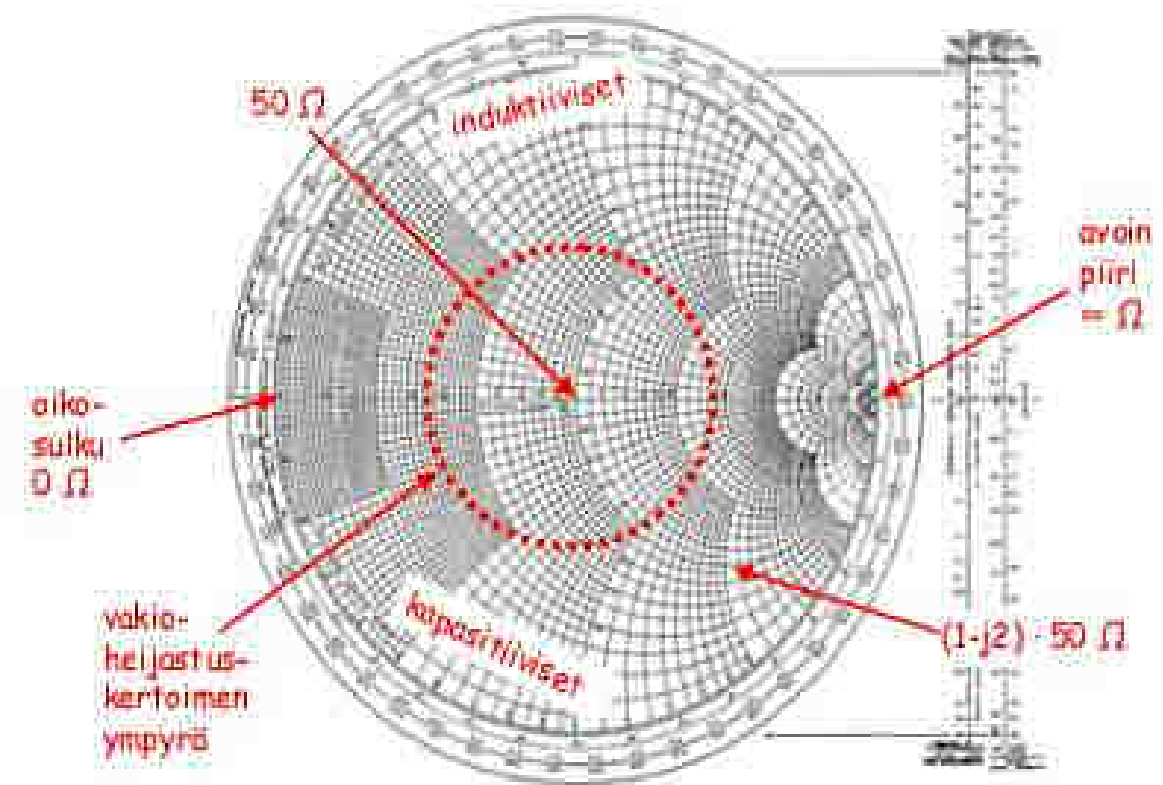
Johdon toisessa päässä näkyvä impedanssi voidaan lukea helposti Smithin kartalta.

Sarja- ja rinnankomponentin vaikutus voidaan piirtää Smithin kartalle.

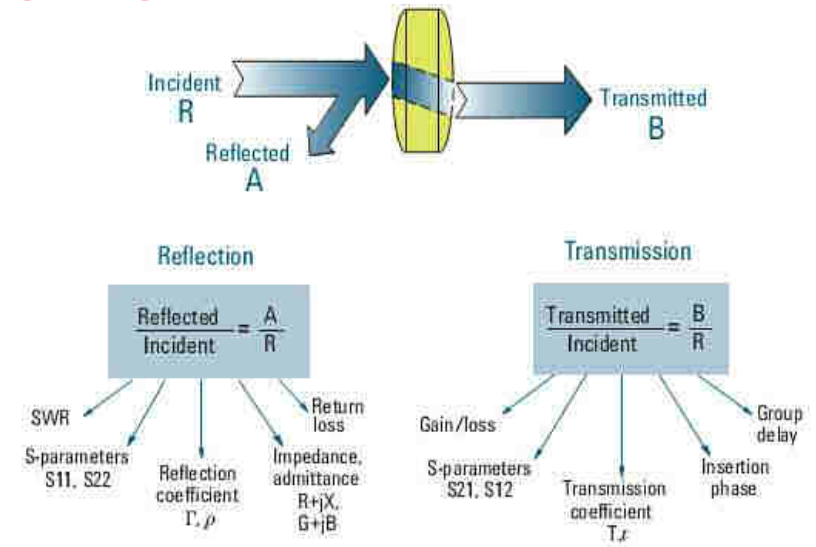
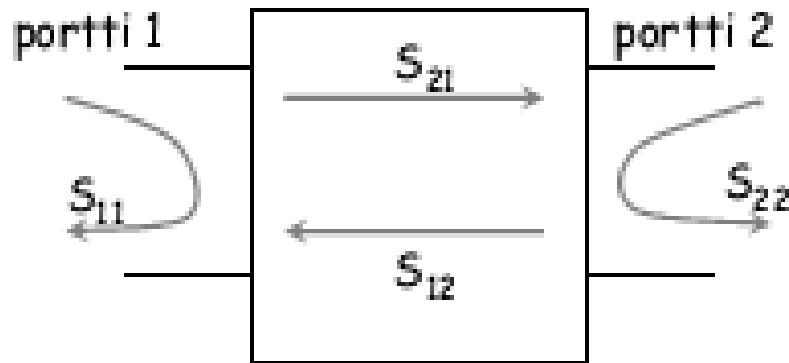
Smithin kartta on kätevä, joskin hieman vanhanaikainen, apuväline impedanssisovitukseen.



PRK



S-parametrit



S-parametrit eli sirontaparametrit kertovat, millainen jännite syntyy kuhunkin porttiin yhteen porttiin annetusta herätteestä.

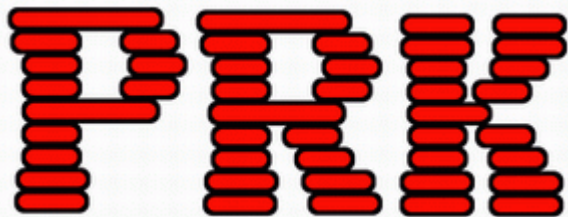
Yksiportin ainoa S-parametri on S_{11} , joka on samalla sisäänmenon heijastuskerroin.

Kaksiportin S-parametri S_{21} kertoo piirin vahvistuksen tai vaimennuksen.

Kaksiportin sisäänmenon heijastuskerroin riippuu paitsi S_{11} :stä myös toisen portin päättöimpedanssista.

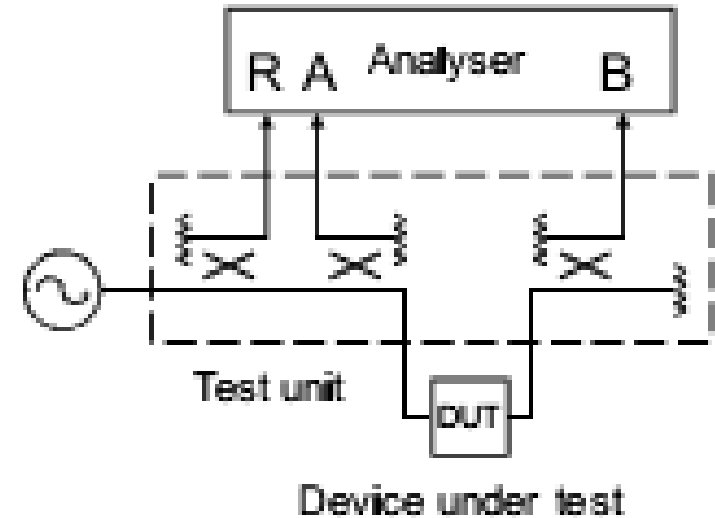
Siksi portit pitää päättää sovitetusti mittauksissa.

S-parametrit voi mitata piirianalyssaattorilla.

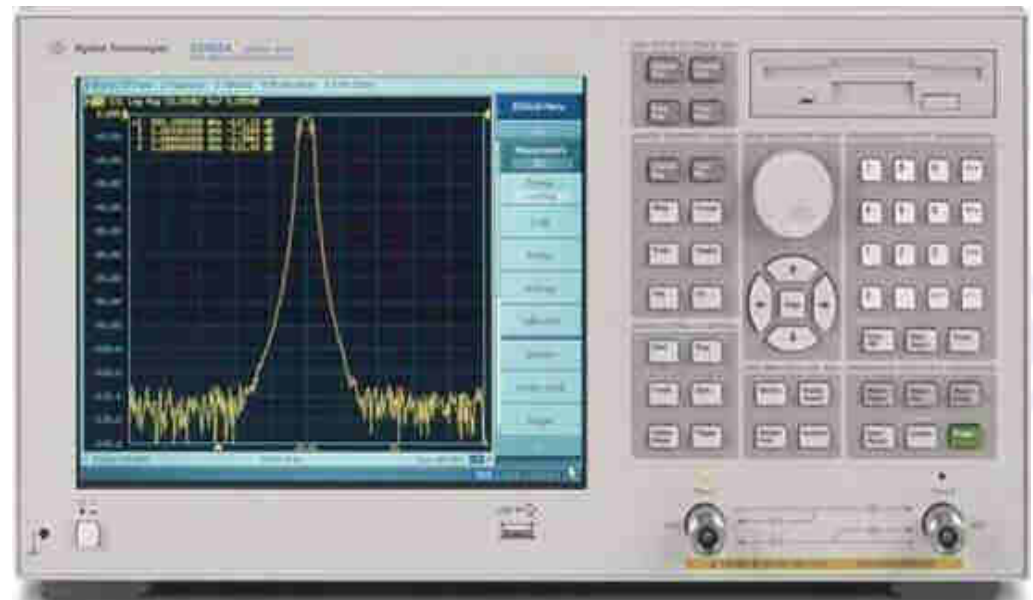


Piirianalysaattori

Suodattimien, vahvistimien ym.
taajuusvasteet
Spektrianalysaattori
seurantageneraattorin ja suuntakytkimien
kanssa
S-parametrit
Skalaarianalysaattorilla voidaan mitata
vain jännite, vektorianalysaattorilla myös
vaihe
Tarkat impedanssimittaukset, group
delay, jne.



PRK



Syöttöjohdot

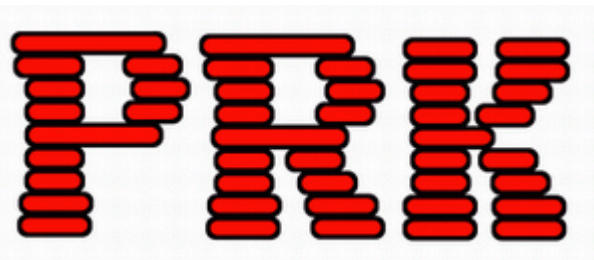
Tarvitaan antennin ja radio välille jotta suurtaajuusenergia saadaan siirrettyä antenniin ja päinvastoin

Omaa ominaisimpedanssin joka on riippuvainen johtimien mekaanisista mitoista ja eristeaineiden sähköisistä ominaisuuksista

Ominaisimpedanssi on valittava samaksi kuin antennin syöttöpisteen ja lähettimen impedanssit; tällöin saavutetaan tehosoitus

Yleisimmin käytetään koaksiaalikaapelia tai avojohtoa

Mikroaaltotekniikassa käytetään yleisesti aaltoputkia ja mikroliuskoja (stripline).



Koaksiaalikaapeli

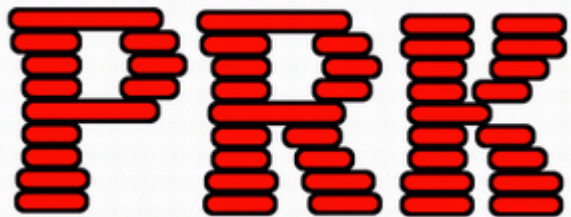
Koaksiaalit ovat kaupallisia tuotteita ja yleisimmät saatavilla olevat ominaisimpedanssit ovat 50,(60),75 ja 93 ohmia

Häviöt kasvavat nopeasti taajuuden funktiona

Paksummalla kaapelilla pienemmät tehohäviöt

Jos eristeenä on jokin muu aine kuin ilma, etenee suurtaajuussignaali valon nopeutta hitaammin koaksiaalikaapelissa.

Laskettaessa kaapelin todellista fyysistä pituutta tietyllä taajuudella, on tämä huomioitava. Normaalilla muovieristeisellä kaapelilla nopeuskerroin on n. 0,66



RF-liittimet

Kohdeltava hellävaroen

Kiristä ainoastaan liikkuvista kierreosista, älä väännä kiinteistä

Oikea kiristysmomentti

Pidä liitinpinnat puhtaina ja naarmuttomina

Adapterit liitintyyppien välillä

Vaimentimet, älä ylitä tehonkestoa!



SMA
"subminiature A"



BNC "bayonett-
Neill-Concelman"

N "Neill"/"Navy"

PRK

Kohina

Man-made

Sähköhäiriöt

Muut radiolaitteet

Ilmasto

Ukkonen ym.

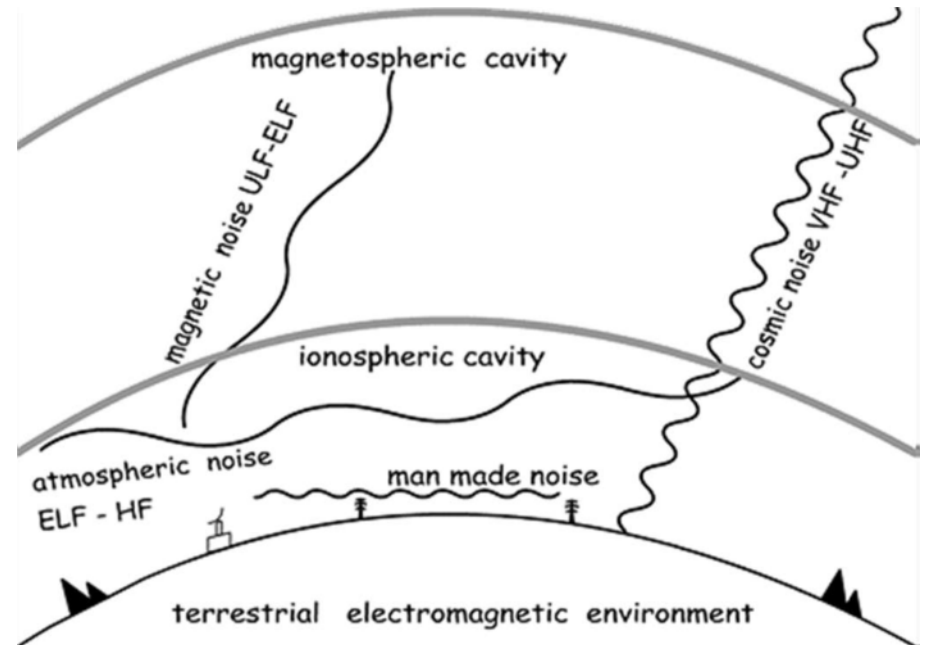
Avaruussää (aurion aktiviteetti)

Kosminen

Elektronisissa piireissä syntyä

Raekohina elektronien liikkeestä

Yleensä lisääntyy lämpötilan noustessa



— Ilmankos täältä ei kuulunut mitään,
kun oli kohinasalpa päällä...

PRK

PRK



Kohina lisääntyy signaaliketjun jokaisessa vaiheessa
Signaalin havainto-, ilmaisu- ja dekodausmahdollisuudet
signaali-kohinasuhteesta riippuvaisia

Kohinan mittaaminen

Vastaanottimien kohinaominaisuutta kuvataan yleensä kohinaluvulla

Myös kohinakerroin tai kohinalämpötila

Jätetään kotitehtäväksi ☺

Komponenttien häviöt (esim. kaapeli) suoraan kohinalukuun (dB)

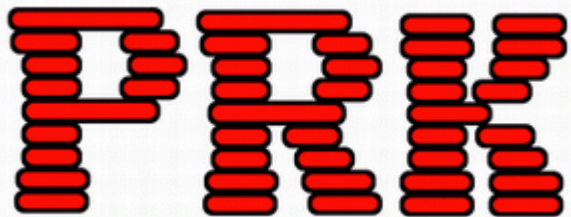
Kokonaisuudet lasketaan Friisin kaavalla

$$F_{total} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \frac{F_4 - 1}{G_1 G_2 G_3} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 G_2 \dots G_{n-1}}$$

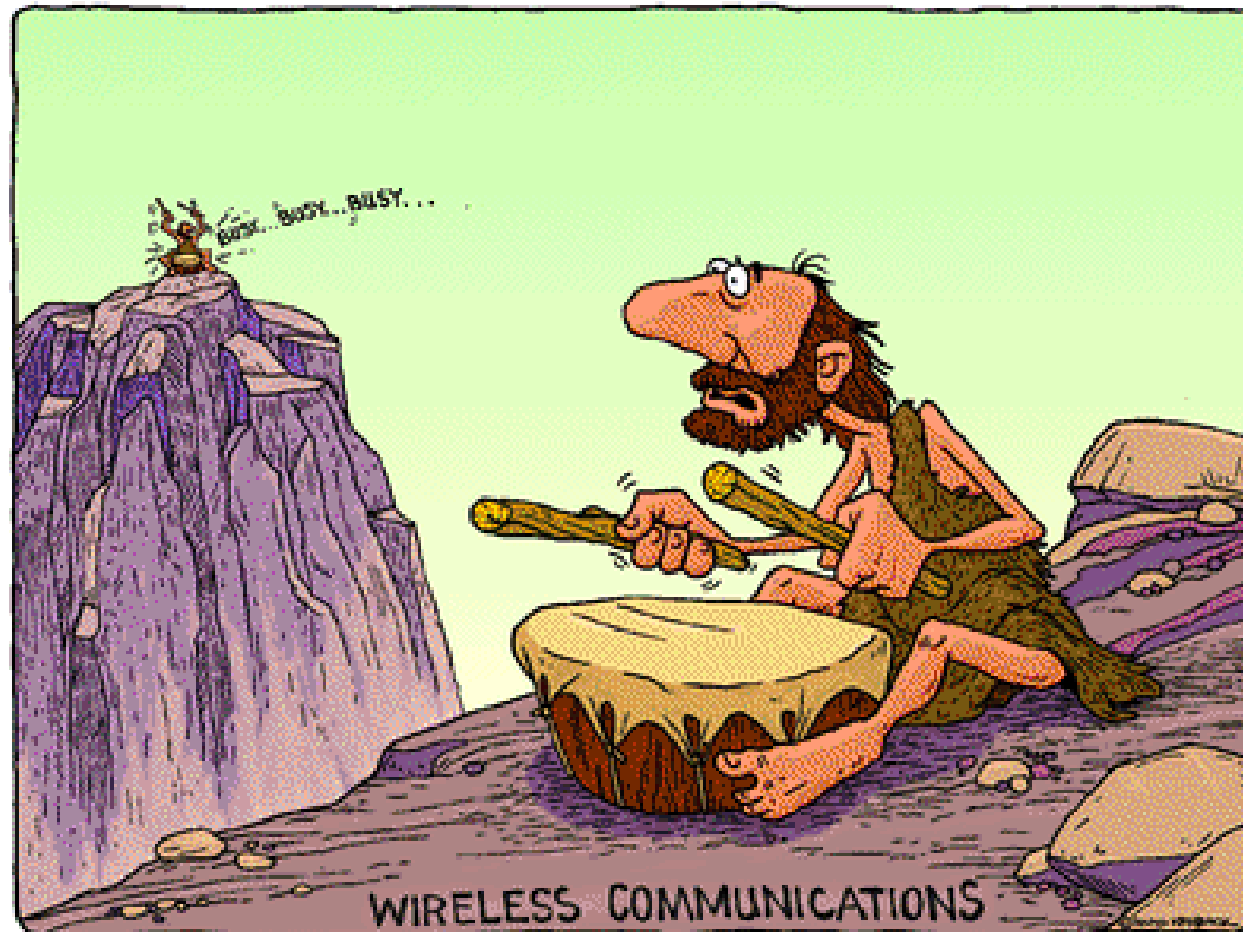
Etuvahvistin aina mahdollisimman lähelle antennia!

Häviöllisen kaapelin perässä ei enää merkittävää hyötyä.

Kaapelihäviö määrää systeemikohinan



Siinäpä se, kysyttävää?



PRK

