



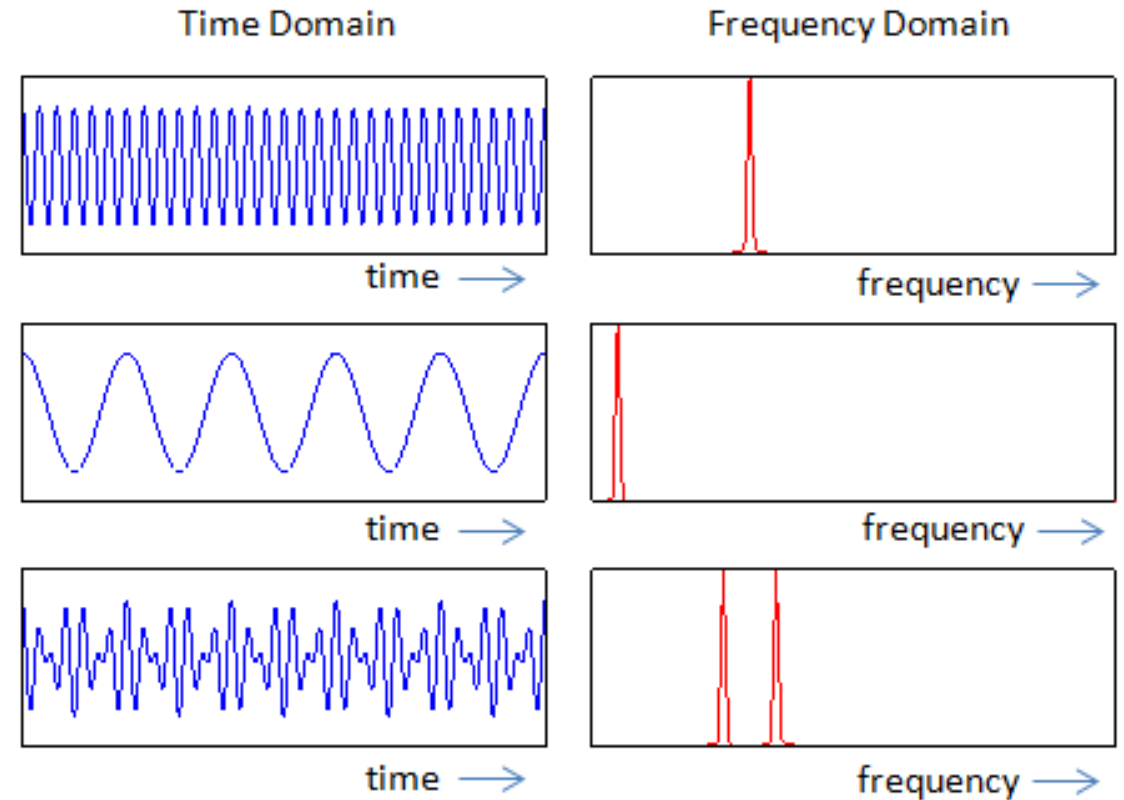
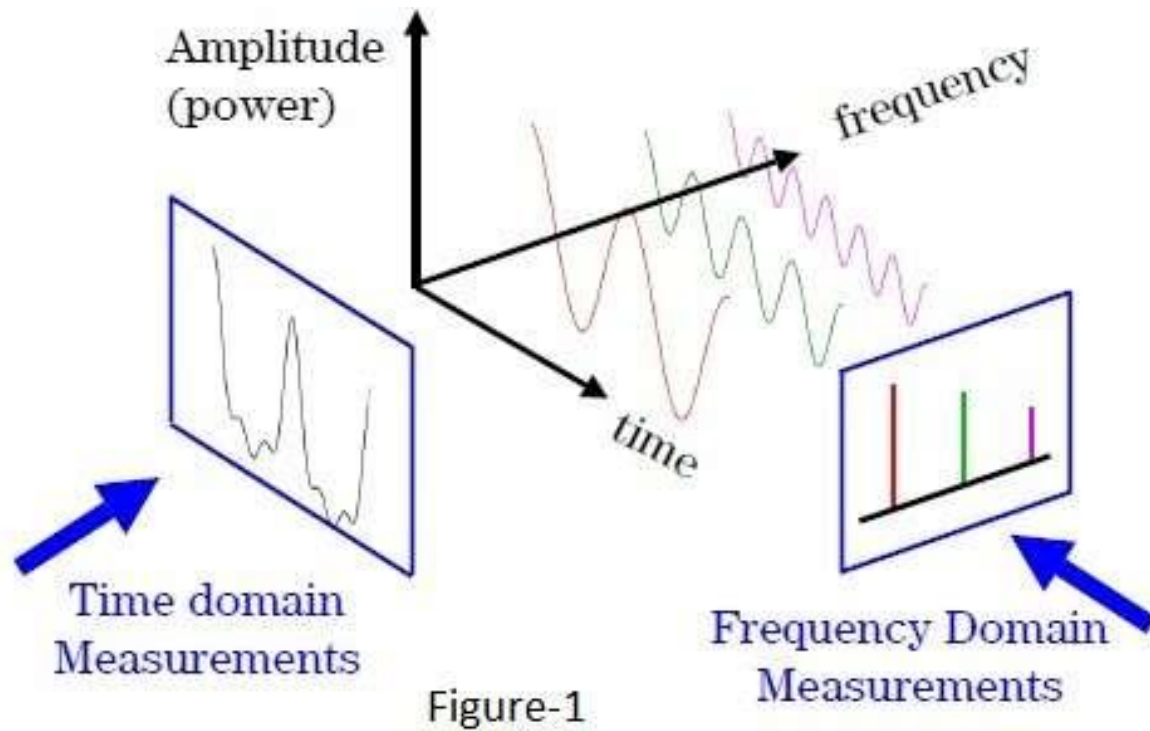
Vastaanottimet

Keski-Suomen Radioamatöörit ry

Modulaatio / demodulaatio

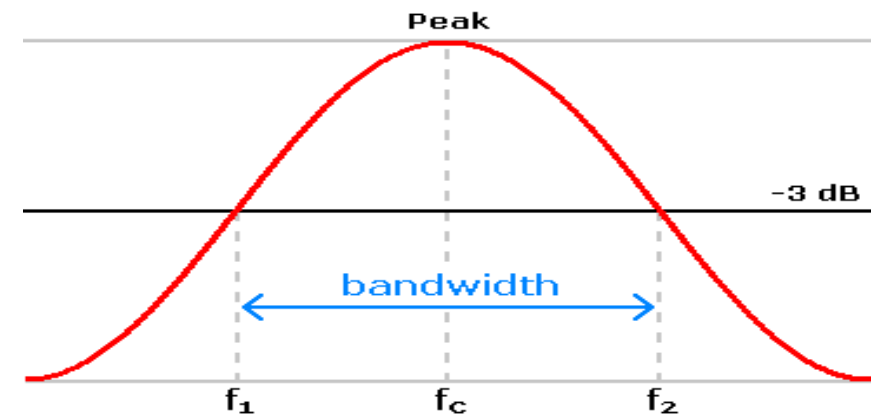
- **Modulaatiolla** tarkoitetaan lähetettävän informaation lisäämistä kantaaltoon.
 - Radiotaajuista signaalia eli kantaaltoa ohjataan informaationsignaalilla, jolloin saadaan radiotaajuudella oleva informaationsignaali
- **Demodulaatio eli ilmaisu** tarkoittaa informaation erottamista kantaallosta
- Käytössä on erilaisia modulaatiotapoja mm:
 - CW eli sähkötys (A1A modulaatio)
 - AM modulaatio (A3E modulaatio)
 - FM modulaatio (F8E)
 - Digitaaliset modulaatiolajit (RTTY, FT8...)

Time domain vs frequency domain



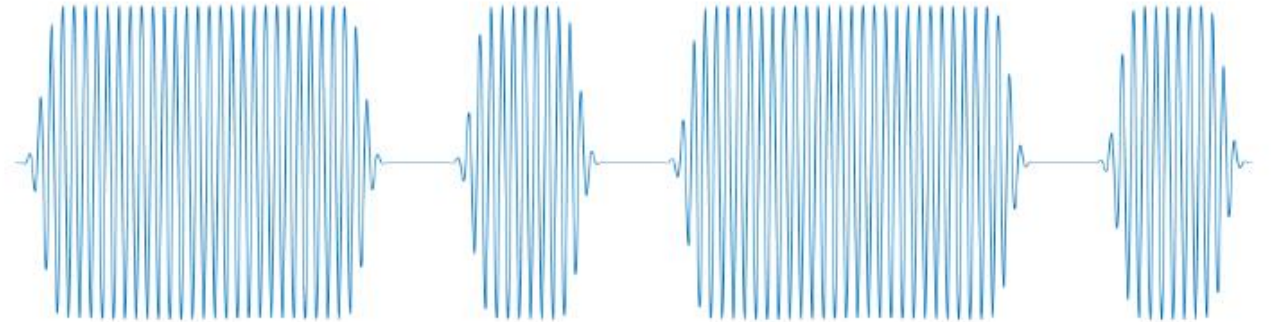
Kaistanleveys

- Kaistanleveydellä tarkoitetaan jonkin siirrettävän signaalin sisältämän taajuusalueen leveyttä ts. kuinka paljon tilaa tarvitaan lähetteen keskitaajuuden ympäriltä informaation siirtämiseen halutulla lähetelajilla.
- Tarvittava kaistanleveys määräytyy sen mukaan, millaista tietoa halutaan lähettää. Mitä enemmän tietoa siirtyy samaan aikaan, sitä suurempi kaistanleveys tarvitaan



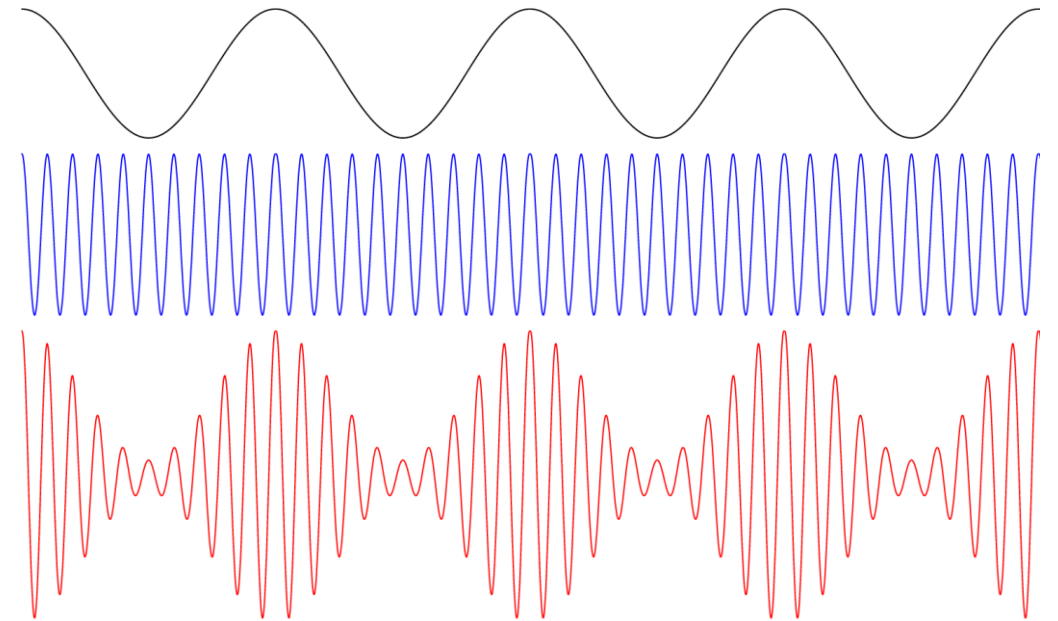
Sähkötyys (A1A ja A2A)

- Yksinkertaisin modulaatio tehdään katkomalla kantoaaltoa (soinniton sähkötyys A1A).
- Kun lähetettä moduloidaan vielä lisäksi apuoskillaattorin äänitaajuudella saadaan aikaan soinnillinen sähkötyys, A2A eli CW (*Continuous Wave*)
- On-Off Keying (OOK)
- Kaistanleveys satoja hertsejä
- Yksinkertainen tekniikka



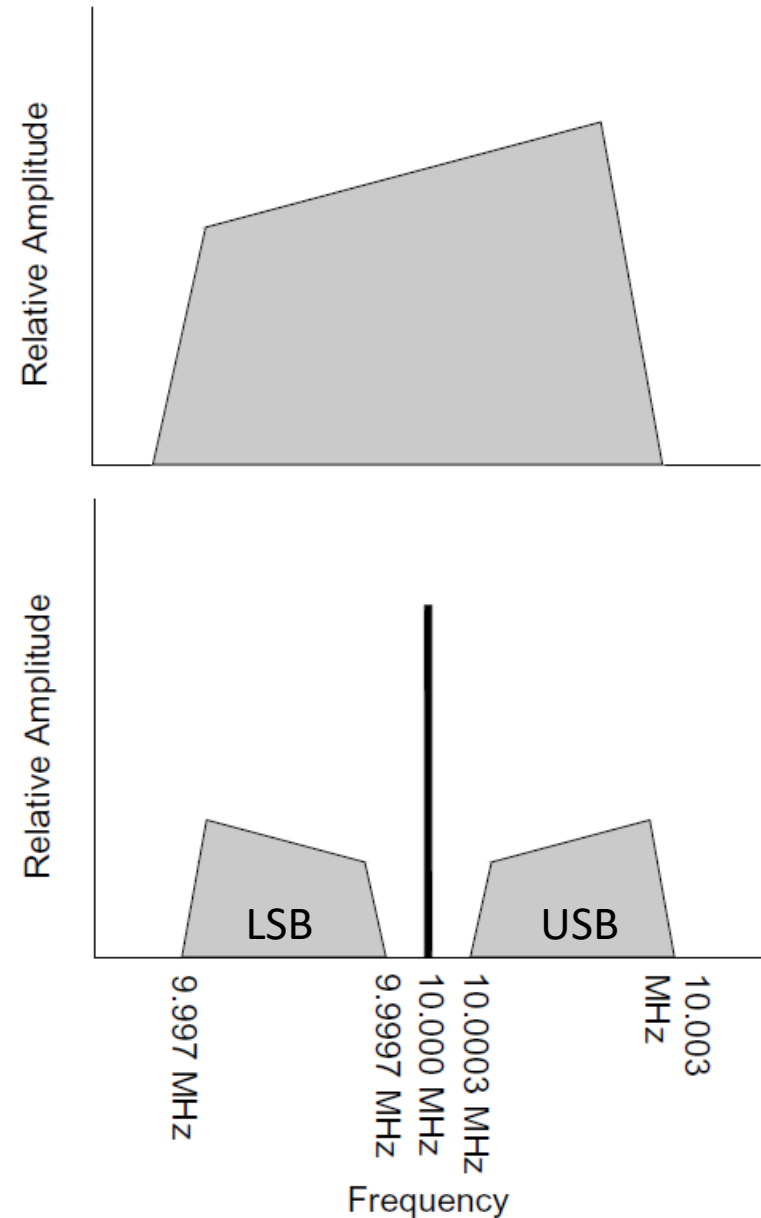
AM amplitudimodulaatio (A3E)

- Puhesignaalilla ohjataan kanta-aallon voimakkuutta eli amplitudia
- Herkkä häiriöille
- Kaistanleveys kaksi kertaa moduloivan signaalin suuruinen (noin 6-7 kHz)
- Suurin osa energiasta kanta-aallossa eikä niin energiatehokas kuin muut modulaatiot
- Yksinkertainen lähetin ja vastaanotin
- Nykyään ei kovin yleinen radioamatöörikäytössä

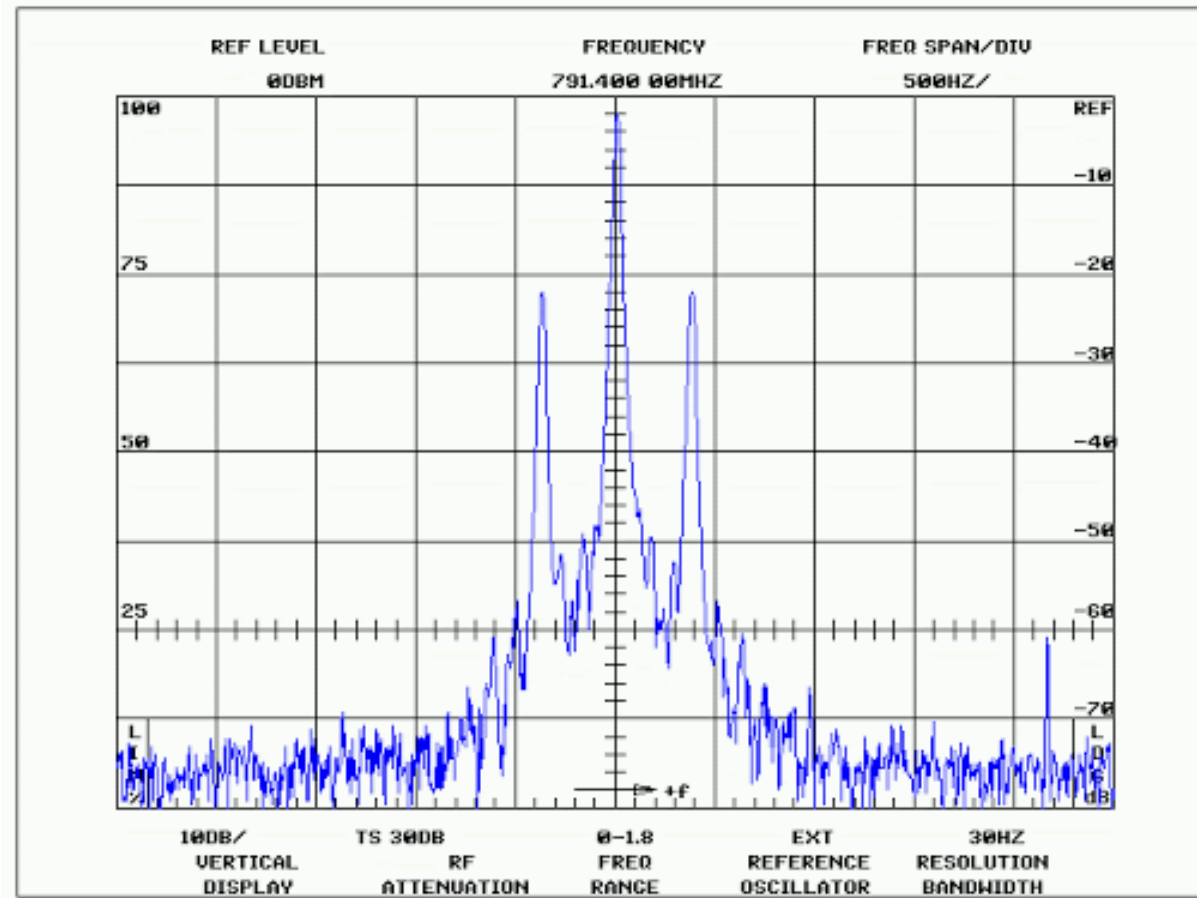


AM ongelmat

- Amplitudimodulaatiossa syntyvät sivunauhat, jotka ovat saman verran kantoaaltotaajuutta ylempänä ja alempana
- Sivunauhat sisältävät lähetyksen informaation, kumpikin tismalleen saman
- Lähetyksessä on siis kantoaalto, joka ei sisällä informaatiota sekä sama informaatio kahteen kertaan sivunauhoissa

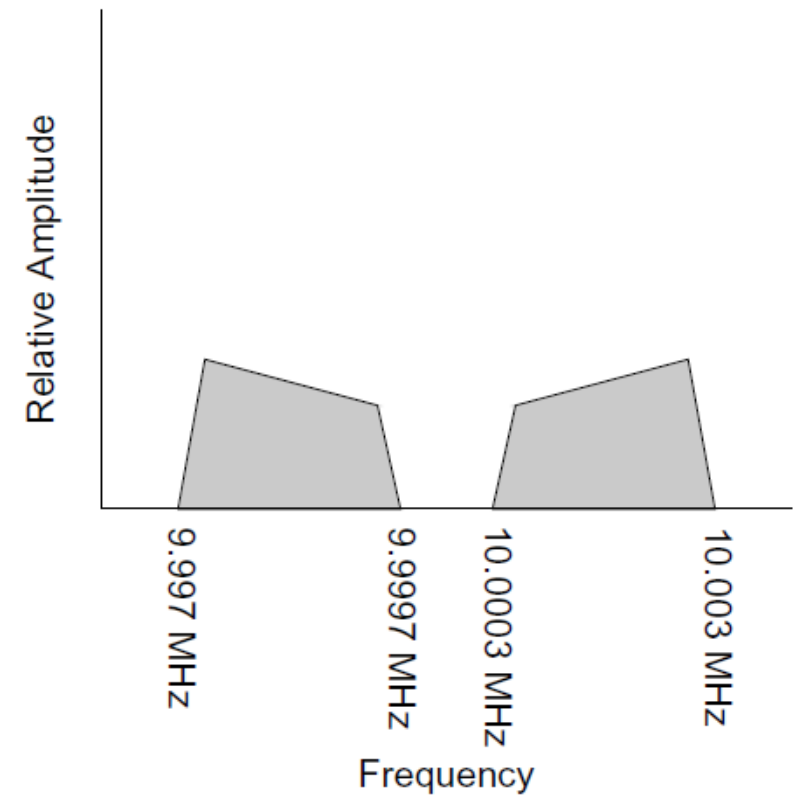


AM modulaatio



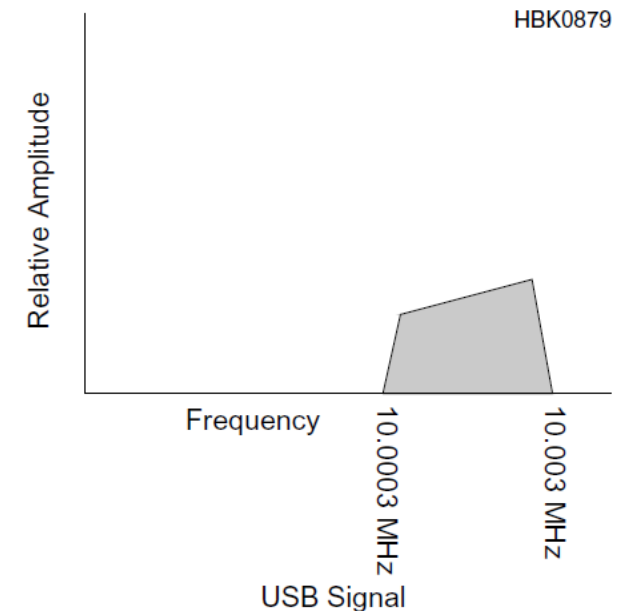
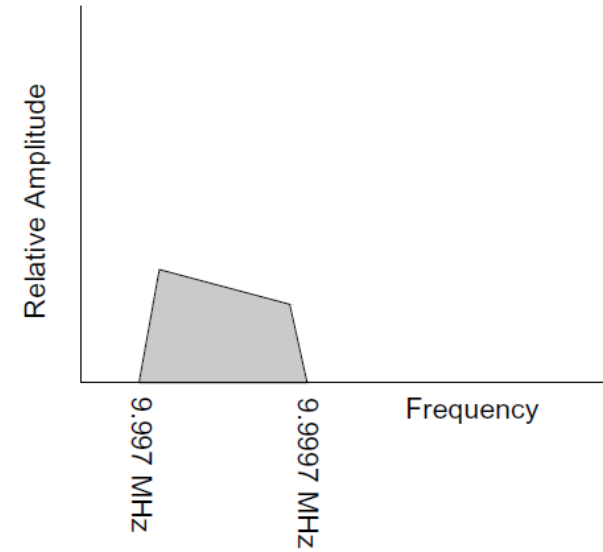
DSB modulaatio (X3E)

- DSB (Dual Sideband) modulation eli kaksisivukaistamodulaatio
- Saadaan, kun AM-lähetteestä vaimennetaan kantaalto, jolloin jäljelle jäävät vain sivunauhat.
- Kantaallon vaimennuksessa säästyvä teho voidaan käyttää sivunauhojen lähettämiseen.
- Vastaanotto monimutkaisempaa kuin AM-lähetteellä (kantaalto muodostetaan uudelleen vastaanottimessa)
- Kaistanleveys sama kuin AM-lähetteellä



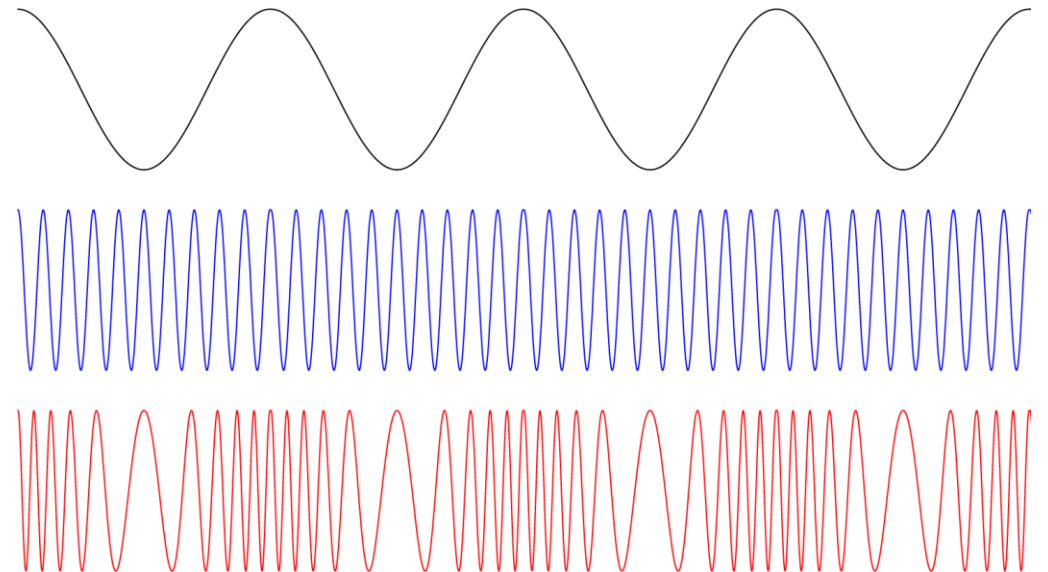
SSB modulaatio (J3B)

- SSB (Single Sideband) Modulation eli yksisivukaistamodulaatio
- Saadaan poistamalla DSB-lähetteestä toinen sivunauha
- Riippuen siitä, kumpi sivunauha lähetetään, puhutaan LSB- tai USB-lähetteestä
- Kuluttaa puolet AM-lähetyksen vaatimasta kaistanleveydestä (n. 3 kHz)
- Kaikki teho saadaan informaation siirtoon
- LSB alle 10MHz taajuuksilla, muuten USB.



FM taajuusmodulaatio (F3E)

- Puhesignaalia ohjataan kanta-aallon taajuutta (amplitudi vakio)
- Taajuuspoikkeamaa keskitaajuudesta kutsutaan deviaatioksi
- Signaalin tuottaminen kohtuullisen helppoa, vastaanotto mutkikkaampaa
- Sietää häiriöitä paremmin kuin AM
- Kaistanleveys 16 kHz
 - $B = 2 \cdot (\Delta f + f_m)$
- Ilmaisu tehdään vaiheilmallisella tai diskriminaattorilla



FSK - Frequency Shift Keying

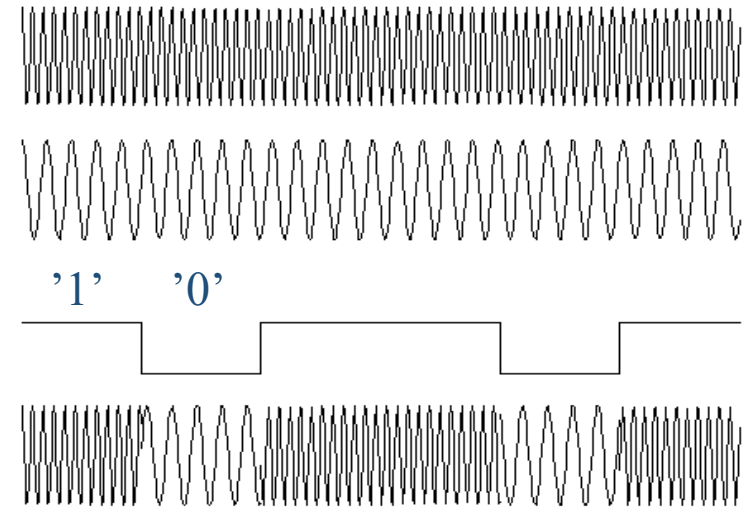
- Yleisesti käytössä datalähetteissä, kuten esim. RTTY
- Bittejä 0 ja 1 moduloidaan lähetteeseen eri taajuisilla äänillä, esim. 2125 Hz ja 2295 Hz
- Yksinkertainen, sähkötystä nopeampi tiedonsiirto kapealla kaistalla

Kantaaalto 1 signaalille '1'

Kantaaalto 2 signaalille '0'

Informaatiosignaali

FSK signaali



Puhesignaalin korkein taajuus on 3000 Hz. Tällöin radiotaajuinen kaistaleveys on:

- 6 kHz amplitudimodulaatiolla (AM)
- 6 kHz kaksisivukaistälähetteellä (DSB)
- 6 kHz yksisivukaistälähetteellä (SSB)
- 3 kHz amplitudimodulaatiolla (AM)
- 3 kHz kaksisivukaistälähetteellä (DSB)

Seuraavat modulointia koskevat väittämät ovat tosia:

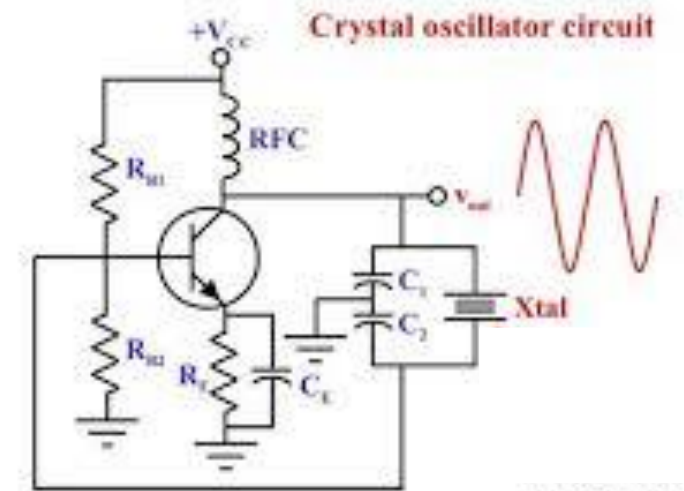
- Moduloinnilla tarkoitetaan informaation liittämistä kantoaaltoon
- Kantoaallon katkominen ei ole modulointia, koska se ei vaikuta kantoaallon amplitudiin
- Moduloinnilla tarkoitetaan siirrettävän informaation ilmaisua kantoaallosta
- AM-lähetteestä voidaan poistaa molemmat sivukaistat informaation siitä
- kärsimättä

Vastaanottimen tehtävät

- Vastaanotettavan **signaalin ilmaisu** (demodulaatio) ja **vahvistaminen**
- **Selektiivisyys** eli vastaanotettavan signaalin erottelukyky muista taajuusalueen signaaleista (valintatarkkuus)
- **Herkkyys** eli kyky vastaanottaa heikkoja signaaleja
- **Häiriöiden vähentäminen**

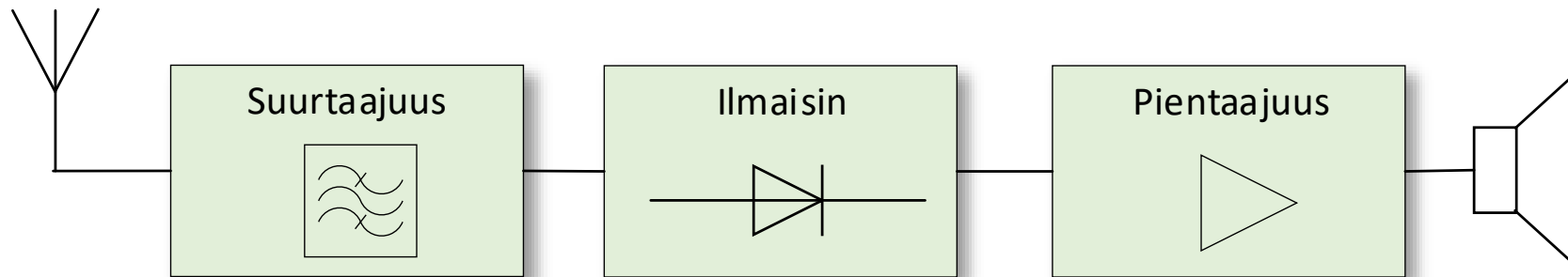
Oskillaattori eli värähtelijä

- Värähtelee tietyllä taajudella eli tuottaa signaalia haluttulla taajuudella
- Kiinteätaajuisia sekä säädettäviä
- **VFO variable frequency oscillator**
- **VCO eli jänniteohjattu oskillaattori** (*Voltage controlled oscillator*) on oskillaattori, jonka värähtelytaajuutta voidaan säätää jännitteen avulla.



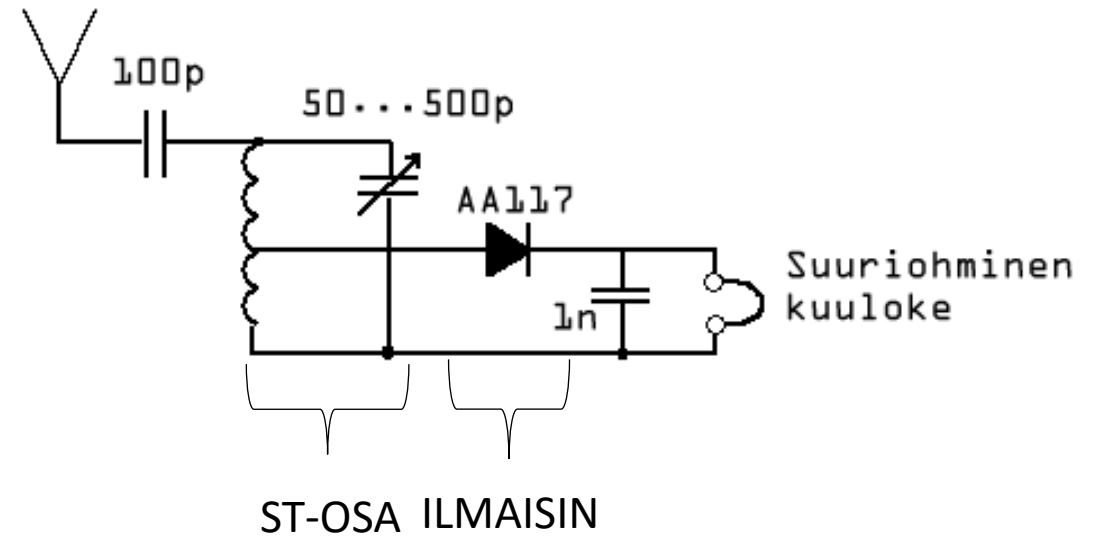
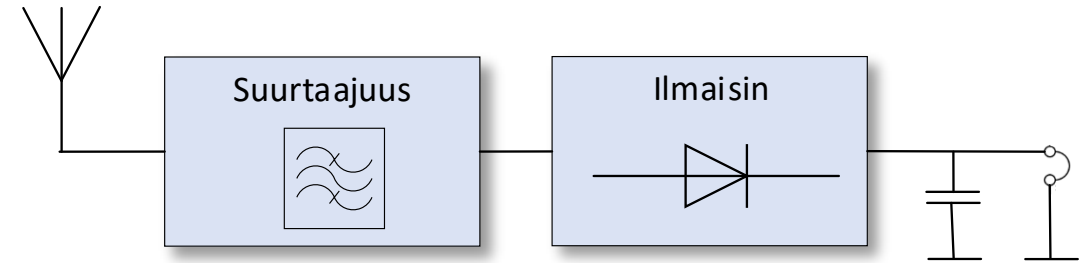
Suora vastaanotin

- Ilmaisu tapahtuu suoraan kuunneltavan lähettimen taajuudella
- Rakenteeltaan yksinkertainen; ei sisällä välitaajuusosia.
- Yksinkertaisin suora vastaanotin on kidekone.
- Selektiivisyys usein huono etenkin HF-alueella, herkkyys kuitenkin hyvä

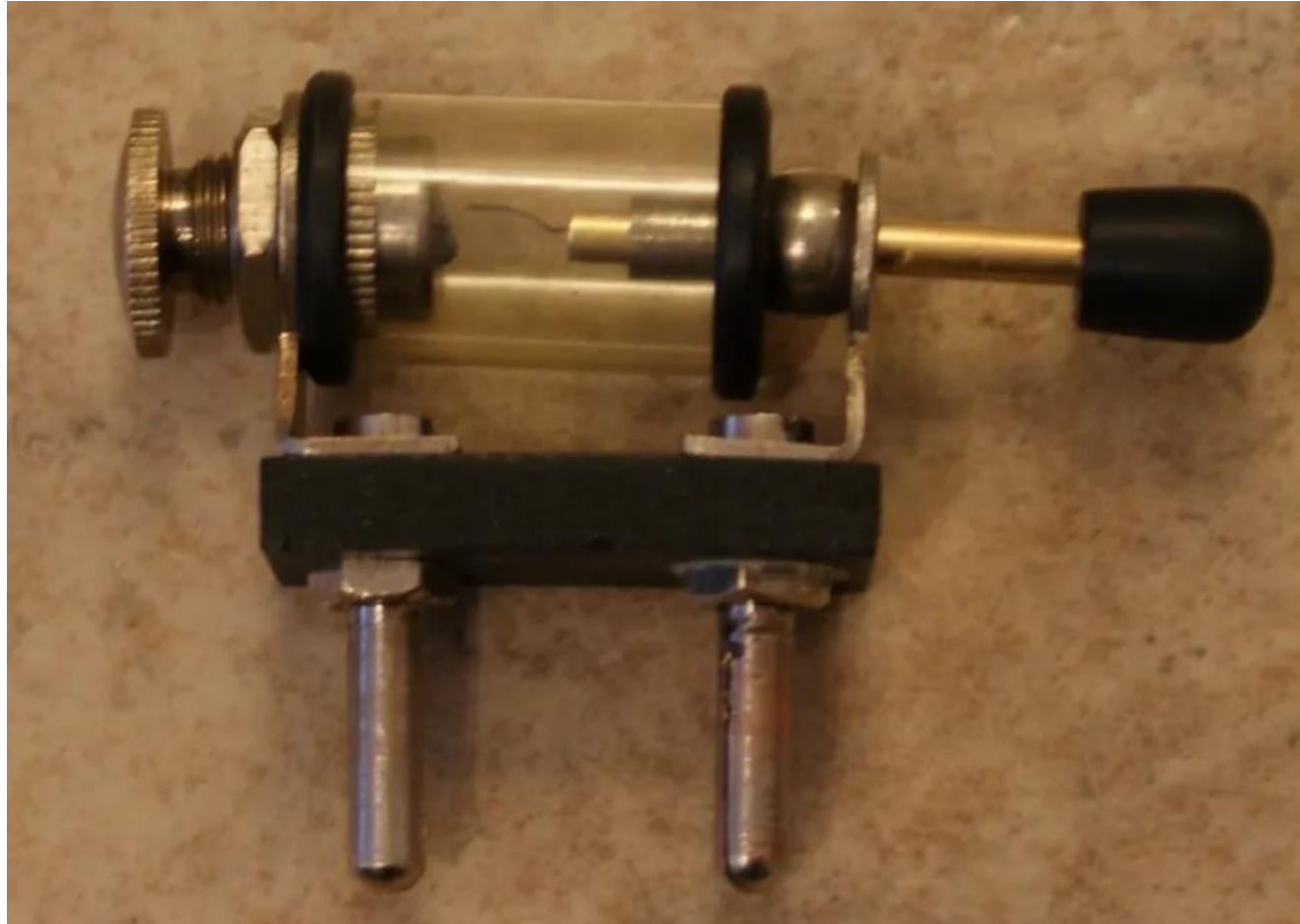


Kidevastaanotin

- Kaikkein yksinkertaisin vastaanotin.
- Ei tarvitse ulkopuolista virtaa toimiakseen
- Epäselektiivinen, hankala säädettävä
- Voidaan vastaanottaa AM-lähetys



Vanha kide



Sekoitus (mixing)

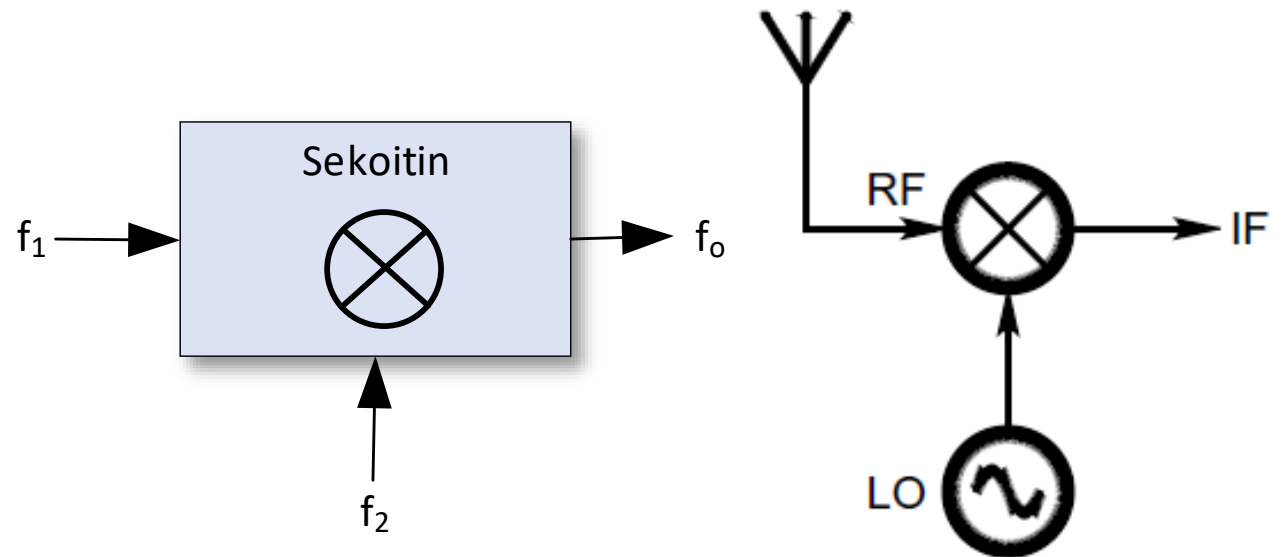
- Kun kaksi taajuutta sekoitetaan, syntyy tuloksena näiden summa- ja erotustaajuuudet.

- Esimerkiksi jos

- $f_1 = 7049 \text{ kHz}$
- $f_2 = 7050 \text{ kHz}$

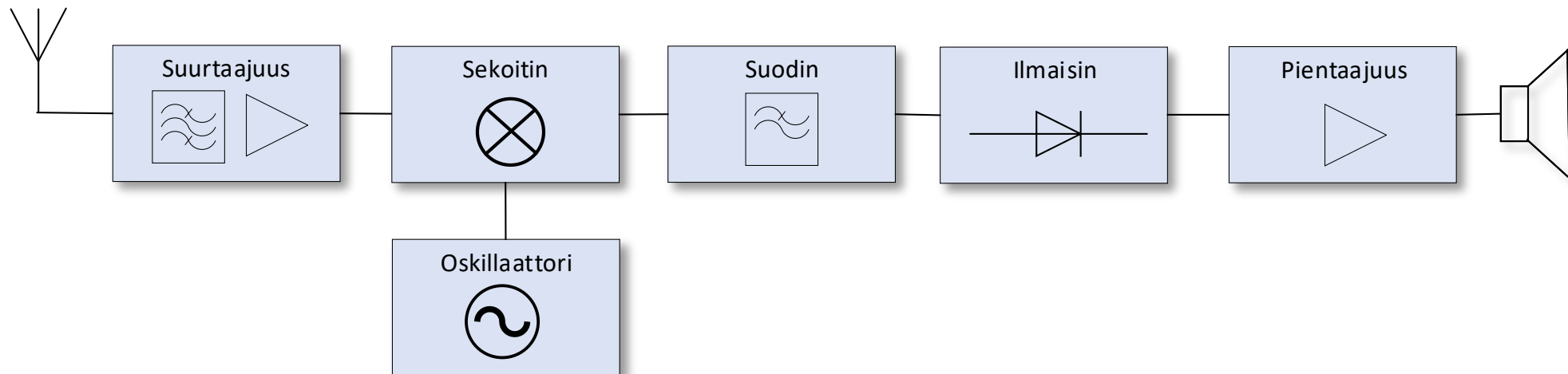
niin sekoitustulokset ovat

- $f_o = 1 \text{ kHz MHz ja } 14\,099 \text{ kHz}$

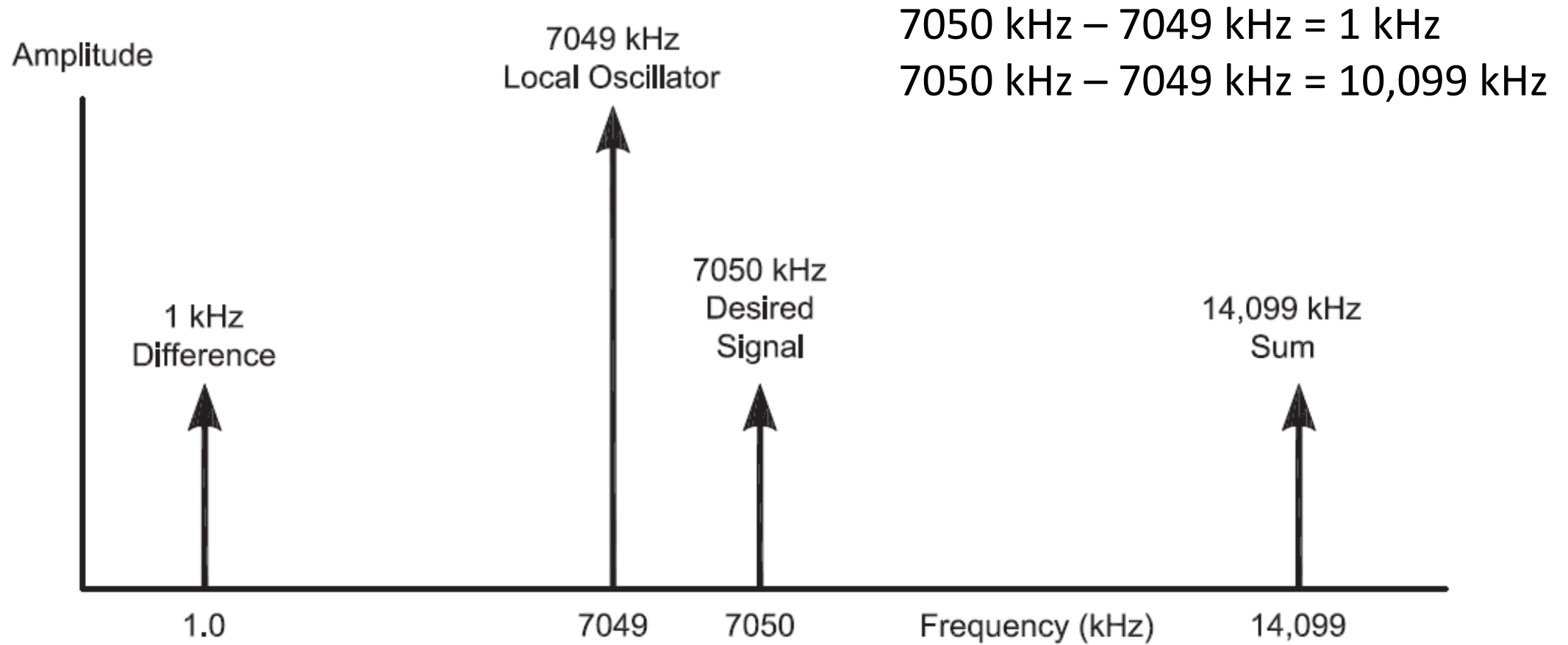


Suorasekoitusvastaanotin

- Suorasekoitusvastaanottimessa vastaanotettava signaali sekoitetaan ilmaistavan signaalin taajuudelle esim. puhetaajuudelle.
- PO:n värähtely ja antennista tuleva signaali sekoitetaan, jolloin saadaan taajuuksien erotus kuuloalueella (vastaanotettava taajuus ja PO taajuus eroavat toisistaan vain vähän).
- Välitaajuudella suodatus ja vahvistus helpompaa



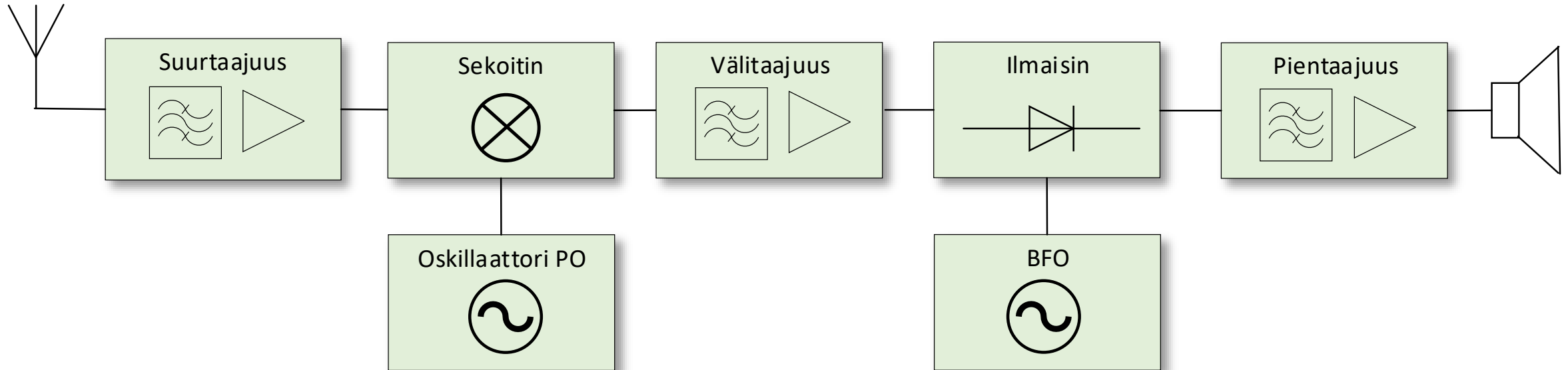
Sekoitus



Superheterodynevastaanotin (superi)

- Suurtaajuusvahvistimessa vahvistetaan antennista tuleva värähtely ja ohjataan se sekoittajaan.
- Oskillaattorissa (jolla siis etsitään vastaanotettava asema) luodaan halutusta kuuntelutaajuudesta hieman eroava taajuus ja ohjataan sekin sekoittajaan.
- Sekoittajassa syntyy molempien taajuuksien summa ja erotus. Yleensä summataajuus poistetaan suotimessa.
- Näin syntyy **välitaajuus**, jota on helpompi käsitellä kuin pelkkää suurtaajuutta.
- Välitaajuus etenee suotimen kautta vahvistimeen ja ilmaisimeen, jonka jälkeen jäljelle jäänyt ääni vahvistetaan ennen kaiuttimia.
- Ilmaisusta tehdään apuvärähtelijän avulla (ei tarvita jos kantaalto on mukana lähetyksessä)

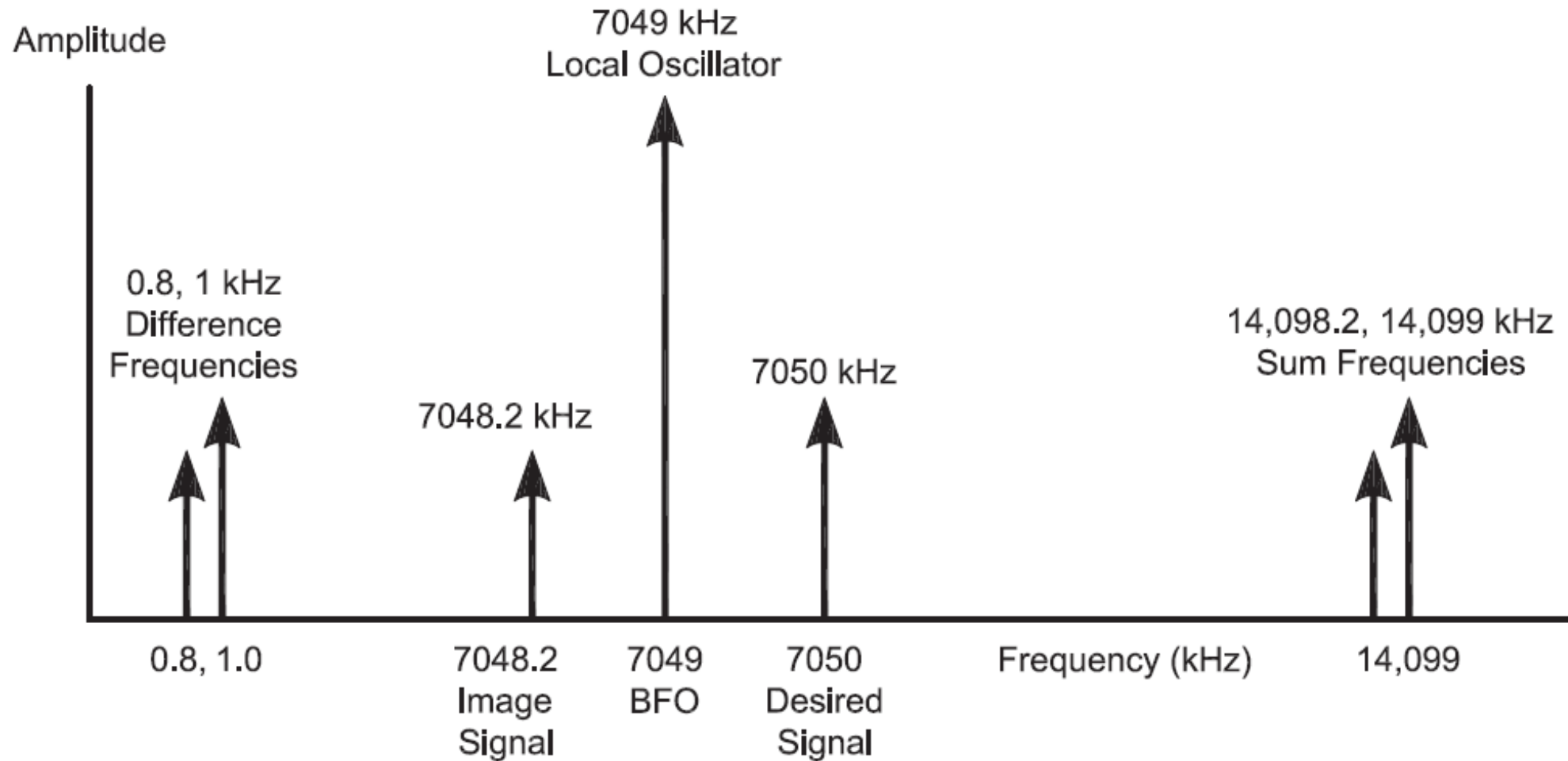
Superheterodynevastaanotin (superi)



Supervastaanottimen selektiivisyys
perustuu välitaajuuden
suodatukseen (kaistanpäästösuodin)

Beat Frequency Oscillator
apuvärärahteijä

Välitaajuus



Esimerkki peilitaajuudesta

- Esimerkki: Haluat kuunnella taajuudella 7010 kHz saapuvaa lähetystä. Käännät radiosin oskillaattorin taajuudelle 6560 kHz.
- Taajuudet 7010 kHz ja 6560 kHz sekoitetaan, jolloin syntyvät taajuuksien summa ja erotus; 13570 kHz ja 450 kHz. 13570 kHz suodatetaan pois, jolloin jäljelle jää 450 kHz välitaajuus.
- Ongelmana ovat peilitaajuudet: Jos taajuudella 6110 kHz on myöskin menossa lähetys, sekin tulee antennisignaalin mukana sekoittimeen. Kun 6110 kHz sekoitetaan taajuuden 6560 kHz kanssa, syntyy myös tästä (6560-6110 kHz) 450 kHz välitaajuus, joka yhdistyy ensimmäisen asemanvälitaajuuden kanssa - seurauksena yhdeltä taajuudelta kuuluu kaksi asemaa.

Esimerkkejä

Oskillaattori		Välitaajuus		Signaalitaajuus
3.5 MHz	-	9 MHz	=	3.5 MHz
3.5 MHz	+	9 MHz	=	14.5 MHz
Oskillaattori		Välitaajuus		Signaalitaajuus
12.5 MHz	-	9 MHz	=	3.5 MHz
12.5 MHz	+	9 MHz	=	21.5 MHz

Kaksoissupervastastaanotin

- Peilitaajuusongelman takia on kehitetty kaksois- ja kolmoissupervastaanottimia, joissa nimiensä mukaisesti on kaksi tai kolme välitaajuusastetta
- Mahdollisimman suuren peilitaajuusvaimennuksen saavuttamiseksi ensimmäinen välitaajuus on yleensä valittu suureksi (kymmeniä-satoja megahertsejä).

Vastaanottimien osien tehtävät

- Suurtaajuusvahvistimen tehtävänä vastaanottimeessa on:
 - vahvistaa antennisignaalia
 - vaimentaa peilitaajuuksia
 - parantaa vastaanottimen signaalikohinasuhdetta
- Pientaajuusvahvistimen tehtävänä on
 - syöttää äänitaajuista tehoa kaiuttimeen tai kuulokkeisiin
 - vahvistaa ilmaistua äänitaajuutta
- Ilmaisimen tehtävänä on erotella pienitaajuinen (äänitaajuinen) signaali suurtaajuudesta (demoduloida)

Suurtaajuusvahvistinosan tehtävä vastaanottimessa on:

- vahvistaa antennisignaalia
- vaimentaa peilitaajuuksia
- erottaa äänitaajuussignaali radiotaajuisesta signaalista
- parantaa vastaanottimen signaalikohinasuhdetta

Välitaajuusvahvistimen tehtävä supervastaanottimessa on:

- vahvistaa välitaajuudella olevaa signaalia
- leikata välitaajuuden ulkopuoliset taajuudet pois
- vahvistaa antennisignaalia
- poistaa radiotaajuinen signaali äänitaajuudesta

Peilitaajuinen signaali on:

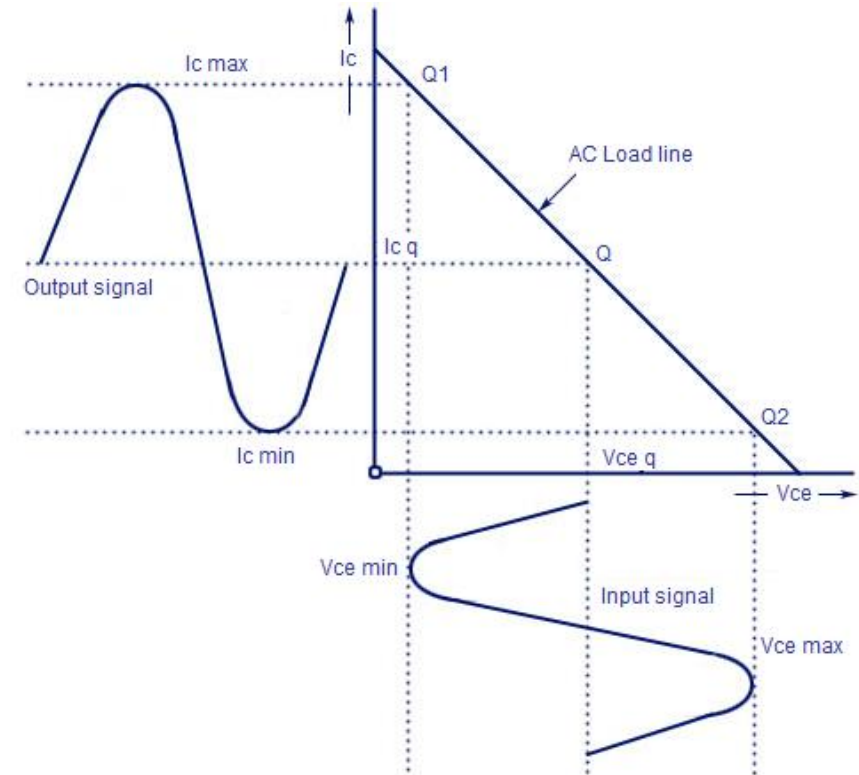
- suorassa vastaanottimessa esiintyvä häirtatekijä
- vastaanotettavasta signaalista kaksinkertaisen välitaajuuden päässä oskillaatoritaajuuden toisella puolella
- poistettavissa jo suurtaajuusvahvistimessa
- tarpeellinen sekoittajan toiminnan kannalta

Vahvistimet

- Vahvistinkomponenteilla (esim. putket, transistorit ja FET:t) on kolme perustoimintaluokkaa:
 - A-, B- ja C -luokat
- Vahvistinluokan valinta riippuu signaalista, jota halutaan vahvistaa.
- Väärän vahvistinluokan valinta aiheuttaa esim. SSB - signaalille säröytymistä.

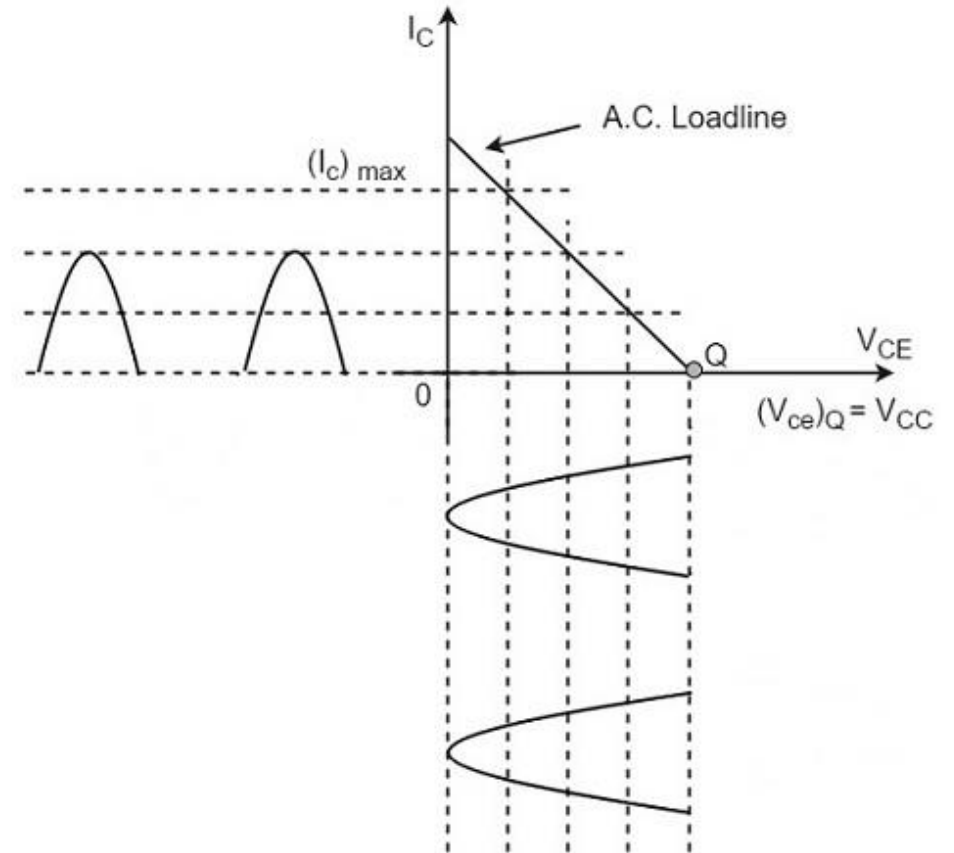
Vahvistimet, A - luokka

- Vahvistimessa kulkee virta koko ajan, jopa ilman tulevaa signaalia
- Vahvistimen hyötysuhde on heikko, korkeintaan 50 %
- Vahvistin toimii kokoajan lineaarisella alueella

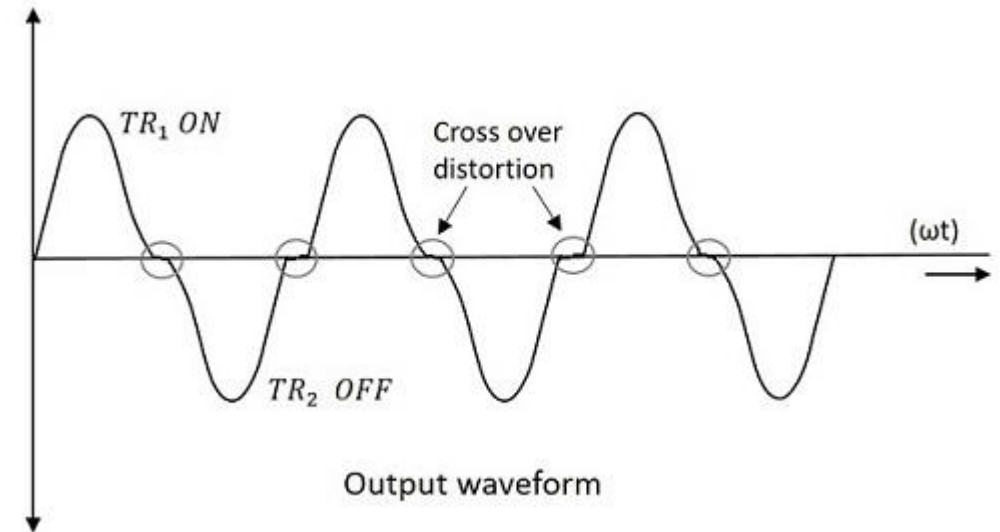
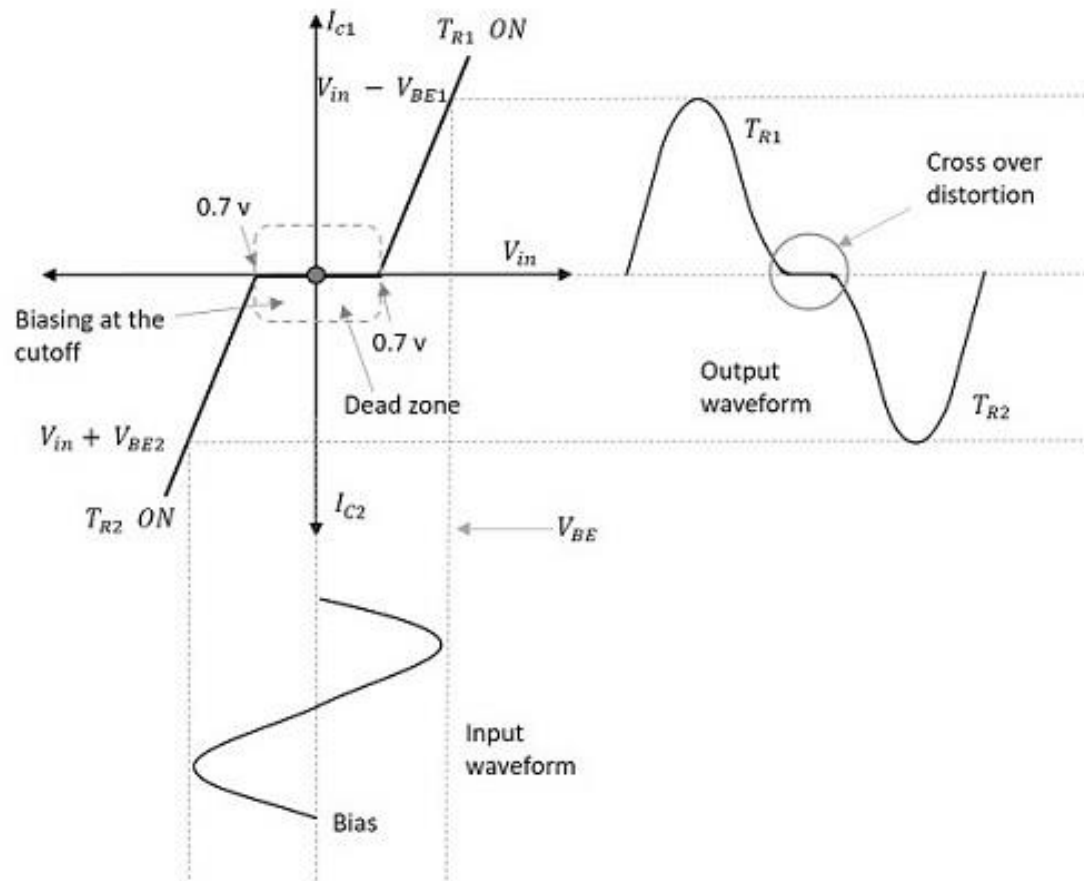


Vahvistimet, B luokka

- Vahvistimessa kulkee virta vain ohjauksen toisen puoliaallon aikana
- Vahvistimen hyötysuhde 60-70 %
- Käytetään yleensä ns. vuorovaihe eli push-pull pääteasteissa (eri puoliaalloille on oma vahvistimensa)
- Yleisesti käytetään ns. AB luokkaa, jossa on pieni perusvirta

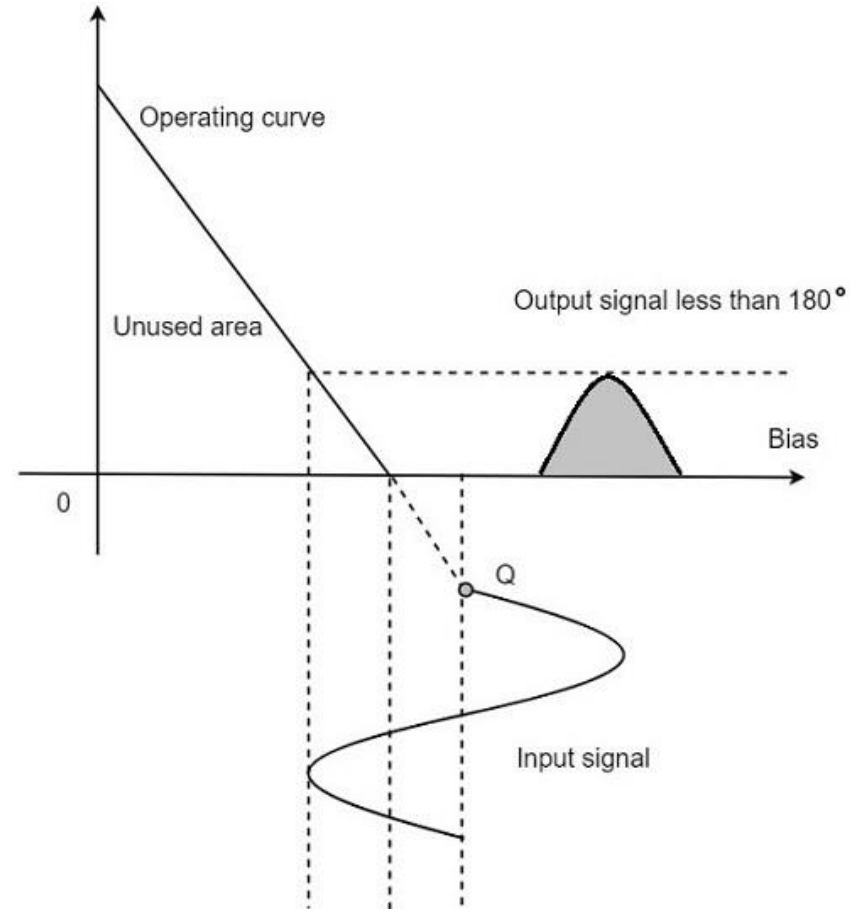


Vuorovaihevahvistin, ylimenosärö

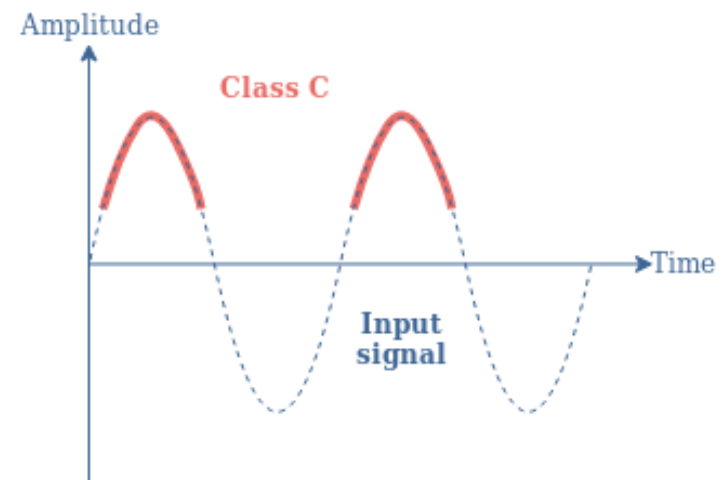
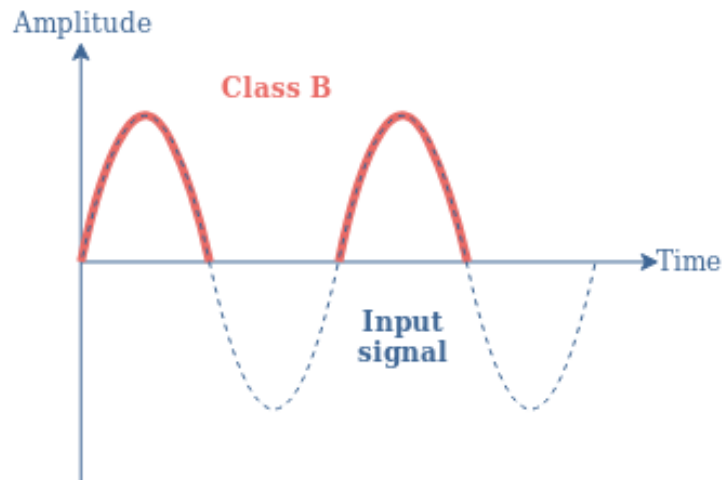
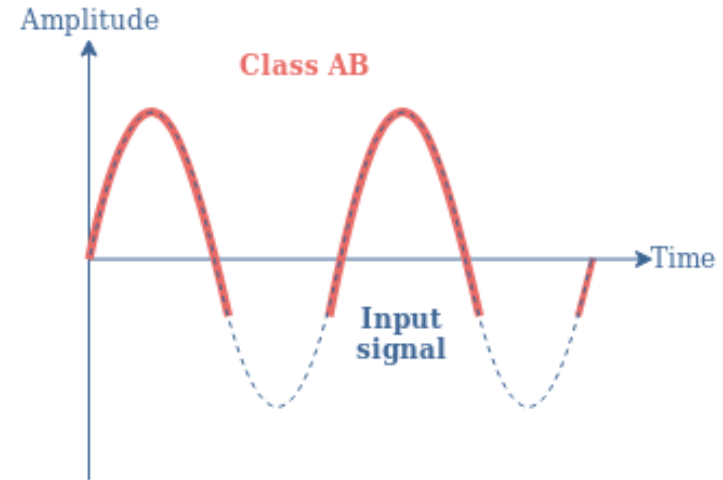
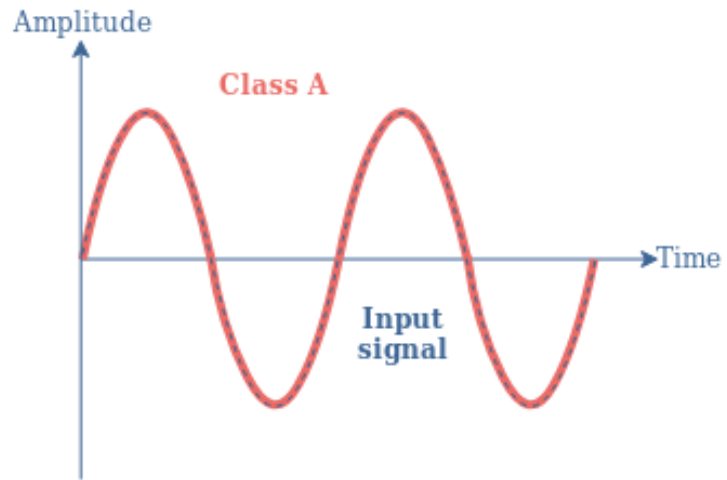


Vahvistimet, C luokka

- Vahvistimessa kulkee virtaa vain ohjauksen toisen puoliaallon huipun aikana
- Toiminta on erittäin epälineaarista
- Hyötysuhde on hyvä n. 80-90 %
- Käytetään esim. taajuudenkertojissa (syntyy paljon harmoonisia taajuuksia sähkötys ja FM lähettimissä (vakio amplitudi)
- C - luokan vahvistinasteen perään kytketään ns. resonanssipiiri, jolla puuttuvat sinipuoliaallot muodostetaan

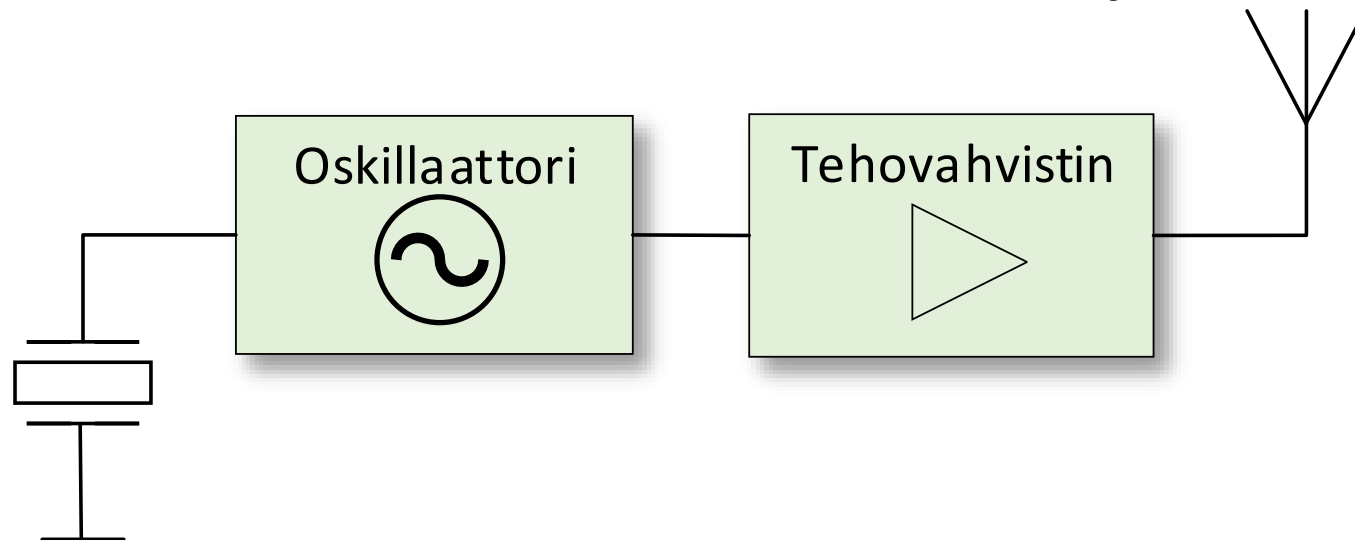


Vahvistimet



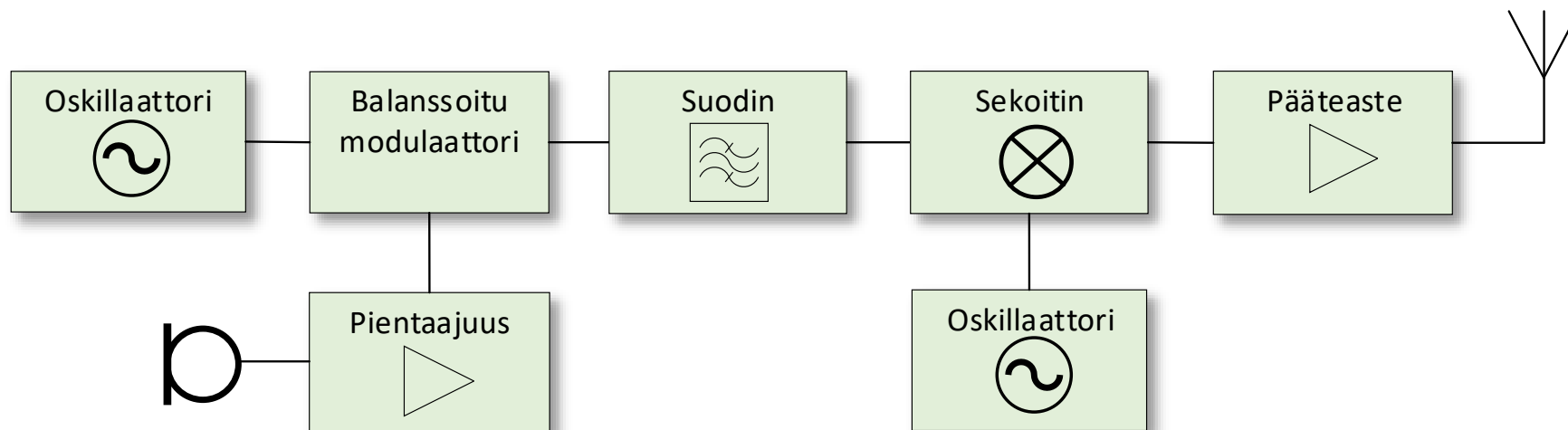
Lähettimet

- COPA, Crystal oscillator – Power amplifier
- Yksinkertainen, kiinteätaajuinen lähetin
- Katkomalla lähetytä saadaan aikaan sähkötystä.
- Jos halutaan korkeampi taajuus, on käytettävä kertoja-astetta, joka moninkertaistaa kiteestä saadun oskillaattoritaajuuden.



SSB lähetin

- SSB-lähetin on sähkötyslähetintä huomattavasti monimutkaisempi, sillä kantaalto ja toinen sivunauha vaimennetaan.
- Balansoituun modulaattoriin tuodaan kideoskillaattorista kiinteä värähtely ja mikrofonista tuleva äänitaajuus. Balanssimodulaattori vaimentaa kantaallon, mutta jättää jäljelle molemmat sivunauhat
- Suodin poistaa toisen sivunauhan ja sekoittajassa synnytetään lopullinen
- lähetettävä tuotos.



Lähetinvastaanotin (transceiver)

