

Lähettimet ja vastaanottimet

OH3TR:n radioamatöörikurssi

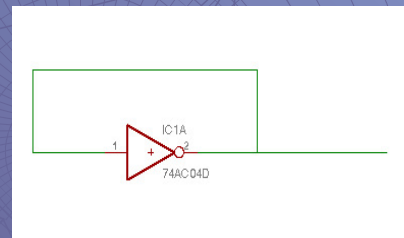
Aiheitamme tänään

- ◆ Kaiken perusta: värähtelijä eli oskillaattori
- ◆ Vastaanottimet:
 - värähtelijän avulla alas radiotaajuudelta
 - eri lähetelajeille sama vastaanotin, eri demodulaattori
- ◆ Lähettimet:
 - värähtelijä tuottaa radiotaajuuden
 - informaation liittämisen kantaaltoon
- ◆ Modulaattorit ja demodulaattorit

Värähtelijä

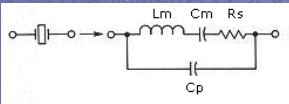
- ◆ Värähtelee eli oskilloi tietyllä taajuudella
- ◆ Kiinteätaajuuksisia sekä säädettäviä (esim VCO)
- ◆ Invertteriä voi käyttää värähtelijänä, mutta se on hallitsematon
 - Käytetään resonanssipiiriä (~suodatin) asettamaan taajuus
 - Vaihelukittu silmukka ja VCO
 - Taajuussyntetisaattori

Invertoiva vahvistin värähtelijänä

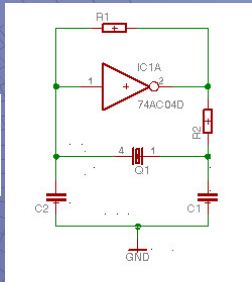


Kidevärähtelijä

Kiiteen vastinkytkentä:



Kideoskillaattori:



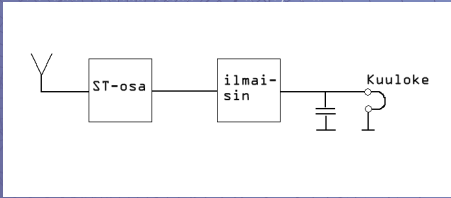
Vastaanottimet

- ◆ Kidevastaanotin, suora vastaanotin
- ◆ Q-kertoja
- ◆ Suora superi
- ◆ Sekoittaminen
 - välitaajuus, peilitaajuus
 - paikallisoskillaattori
- ◆ Supervastaanotin



Kidevastaanotin

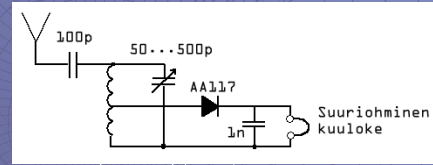
- Kaikkein yksinkertaisin vastaanotin.
- Ei tarvitse ulkopuolista virtaa toimiakseen
- Epäselektiivinen, hankala säädettävä
- Voidaan vastaanottaa AM-lähettyksiä



(ST = suurtaajuus)

Kidevastaanotin

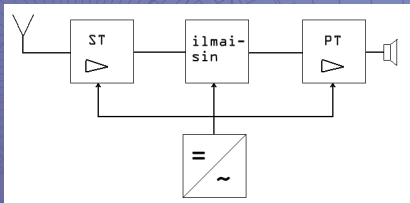
Hyvin yksinkertainen vastaanotin:



resonanssipiiri suurtaajuusosa ilmais-in

Suora vastaanotin

- Kidekoneesta hieman paranneltu versio, periaate sama
- Ilmais-u tapahtuu suurtaajuudella!
- Yksinkertainen
- Vaikea saada selektiiviseksi



ST = suurtaajuus
PT = pientaajuus

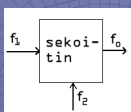
Tehon-syöttö

Q-kertoja

- ♦ "Parannetaan" resonanssi-piiriin Q-arvoa tuomalla piiriin samanvaiheisena suurtaajuusenergiaa
- ♦ Selektiivisyys paranee
- ♦ Q-kertoja on viritettävä vahvistinaste, joka kompensoi virityspiirissä tapahtuvia häviöitä
→ pienemmät häviöt → suurempi Q-arvo
- ♦ Käytännössä vanhentunutta tekniikkaa

Sekoittaminen

Kun kaksi taajuutta sekoitetaan, syntyy tuloksena sekä summa että erotus.

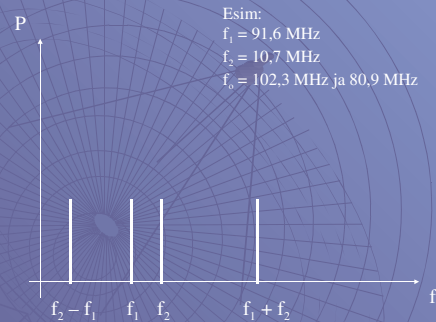


$$f_3 = f_1 + f_2$$

ja

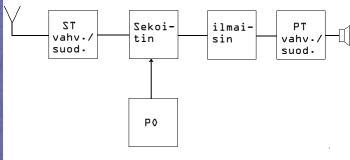
$$f_4 = |f_1 - f_2|$$

Sekoituksen kaksi tulosta:



Suorasekoitusvastaanotin

- PO:n värähtely ja antennista tuleva signaali sekoitetaan
→ Saadaan taajuuksien erotus kuuloalueella
- Asemien erottelu tehtävä ilmaisimen jälkeen (pt-aste)
→ Epäselektiivinen
- Käy myös SSB:n ilmaisemiseen

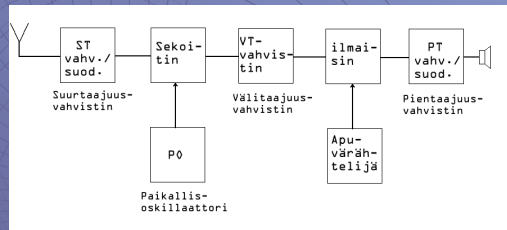


Ulkoiset tehonsyötöt jätetty kuvasta pois

(ST = suurtaajuus, PT = pientaajuus, PO = paikallisoskillaattori)

Supervastaanotin

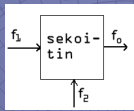
Superheterodynevastaanotin, superi



- AM:llä ja CW:llä verhoikäyrällä, SSB:llä tulolmais-in
- Selektiivisyys välitaajuusosalla
- Voi olla useita välitaajuuksia
- "Nykyteknikkaa"

Apuvärähtelijä = BFO = Beat Frequency Oscillator

Superin ongelma, peilitaajuus



$$f_1 = 28 \text{ MHz}$$

$$f_2 = 27,550 \text{ MHz}$$

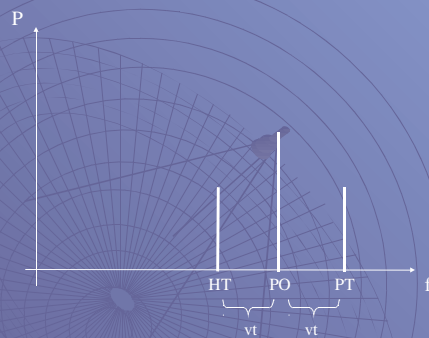
$$\rightarrow f_0 = 450 \text{ kHz}$$

Mutta entä jos...

$$f_1 = 27,100 \text{ MHz} ?$$

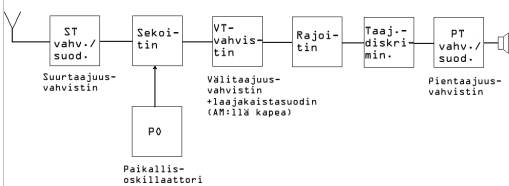
$$\rightarrow f_0 = 450 \text{ kHz} \text{ ???!??}$$

Sekoituksen toinen, ei-haluttu tulos, on ns. peilitaajuus.



Peilitaajuus on välitaajuuden verran paikallisoskillaattorin taajuuden toisella puolella mitä hyötytaajuus

FM-vastaanotin



- ♦ FM muita amatöörilähetteitä leveämpää
- ♦ Ilmais-u taajuusdiskriminaattorissa
 - Eri taajuuksia vahvistetaan eri verran: joitakin taajuuksia sorsitaan eli diskriminoidaan

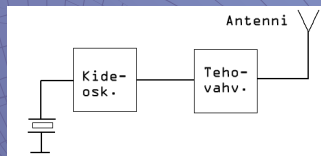
- Kaksoissuperi
- Kolmoissuperi
-

Vastaanottimien haasteita

- ♦ Harhatoistot (peilitaajuus, ylimääräiset sekoitustulokset radion sisällä)
- ♦ Herkkyys
- ♦ Lähellä olevien voimakkaiden signaalien sietokyky (tukkeutuuko)
- ♦ Omien sisäisten häiriöiden sietokyky:
 - välitaajuinen signaali voi olla 90 dB isompi kuin antennista sisään tuleva
 - huolellinen kotelointi ja osastointi!

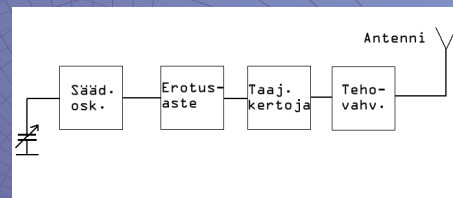
Lähettimet

- ♦ Lähetystaajuuden muodostamisen peruselementti on siniaalto-oskillaattori
 - vakaa taajuus
 - vakaa amplitudi
 - puhdas spektri
- ♦ Takaisinkytketty vahvistin



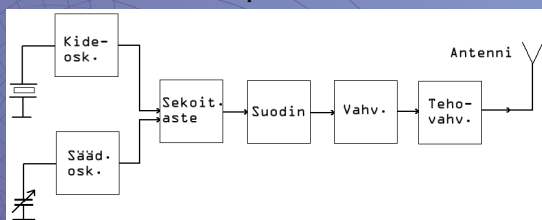
COPA, crystal oscillator – power amplifier
Kiinteätaajuuksinen kideoskillaattori

Taajuuskertojaan perustuva lähetin

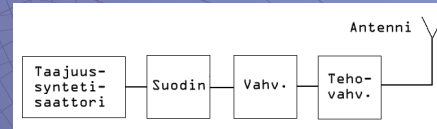


- Kertojan avulla päästään useille HF-bandeille, koska bandit ovat harmonisessa suhteessa toisiinsa

Sekoituksen perustuva lähetin



- Sekoitusperiaatteella toimiva
- VFO (variable frequency oscillator) toimii suht. matalalla taajuudella, esim 5,0 ... 5,5 MHz
- Kutakin aluetta varten oskillaattorissa oma kide
→ Vakaampi ja haluttu taajuus sekoituksen jälkeen
- Edelleen paljon käytössä, mm. SSB-lähettimissä



- Nykyaikaisin menetelmä
- Toiminnan perustana myös tarkka kideoskillaattori, johon säädettävän oskillaattorin taajuus lukitaan
 - Taaajuussyntetisaattori kehittää siitä halutun taajuuden "matematiikan avulla"

Lähettimien haasteita

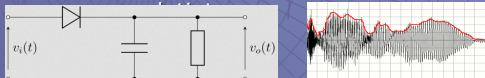
- ◆ Spektrin puhtaus, harhalähetteet (harmoniset)
- ◆ Teho ja lineaarisuus tehoalueen yläpäässä
- ◆ Modulaation oikea määrä
- ◆ Avainiskut CW-lähettimessä
- ◆ Taajuuden stabiilius, ryömintäongelmat lämmitessä

Modulointi

- ◆ Lisätään kantoaaltoon informaatio
- ◆ Perinteiset
 - katkotaan kantoaaltoa: CW
 - muutetaan kantoaallon amplitudia (esim. vahvistimen biasta): AM
 - Tästä kehittyneempi: SSB
 - muutetaan kantoaallon taajuutta (jänniteohjatulla oskillaattorilla): FM
- ◆ Digitaaliset
 - vaihemodulaatioihin tarvitaan vaihelukko (PLL), esim. IQ, QAM
 - useimmat digimodet voi tehdä moduloimalla SSB-lähetete "robottiaänellä"

Modulointi ja demodulointi: AM ja CW

- ◆ Modulointi:
 - Yksinkertaisesti suurtaajuusvahvistimen vahvistusta säätämällä
- ◆ Demodulointi:
 - Verhokäyräilmaisuus, esim. diodi-ilmaisim
- ◆ Huom:
 - Sähkötyt nopeaa, saa olla nopea AGC (vahvistuksen säätö); AM:llä hidas
 - CW:llä voi käyttää jopa 100 Hz



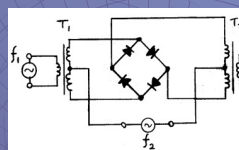
Modulointi ja demodulointi: SSB

- ◆ Modulointi:
 - Kantoaalto tukahdutetaan balansoidussa modulaattorissa → DSB
 - Toinen sivukaista tukahdutetaan kidesuodattimella → LSB tai USB
- ◆ Demodulointi:
 - Ilmaisuus tuloilmaisimella (product detector) = sekoittimella (BFO kertaa SSB-signaali)
 - Tarvitaan apuoskillaattori (BFO) luomaan kantoaalto
- ◆ Huom: Ilmaisuus mutkikasta, käytännössä aina välitaajuudella

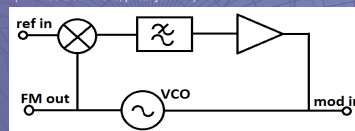
Modulointi ja demodulointi: FM

- ◆ Modulointi:
 - Esim. vaihelukitulla silmukalla, jossa moduloiva signaali summataan VCO:n ohjausjännitteeseen
- ◆ Demodulointi:
 - Ensin signaali limitoidaan (amplitudivaihtelut pois)
 - Diskriminaattorilla muunnetaan FM→AM, sitten ilmaistaan AM
 - Diskriminaattori: esim. suodatin, joka vaimentaa eri taajuuksia eri verran
 - Vaihtoehtona kvadratuuri-ilmaisuus: signaali sekoitetaan viivästetyn itsensä kanssa

Modulointi ja demodulointi: kuvia



kaksoisbalansoitu sekoitin SSB:n modulointiin
(Wikimedia commons, piirtänyt 142754)



PLL:llä toteutettu FM-modulaattori

Nykyaikaa...

- ◆ DSP (digitaalinen signaalinkäsittely) mahdollistaa hyvin kapeat suodattimet
- ◆ Puolijohteilla saadaan jo kilowatin tehoja, mutta putket ovat silti yleisiä tehovahvistimissa ("linukoissa").
- ◆ Gigahertseille pääsee helpoimmin transvertterillä:
 - signaali tuotetaan 2 m radiolla
 - transvertterillä muodostetaan moduloidusta 2 m signaalista 10 GHz lähete

Tenttikysymyksiä

Tavalliseen kideohjattuun lähettimeen kuuluu

- (+) pääteaste
- (–) ilmaisín
- (–) välitaajuusvahvistín
- (+) kideoskillaattori

Supervastaanotimessa suurtaajuisen signaalin muuttaminen välitaajuiseksi tehdään

- (+) sekoittimen ja paikallisoskillaattorin avulla
- (–) ilmaisimella
- (–) pientaajuusvahvistimella ja apuoskillaattorilla
- (–) vasta kuulokkeissa