

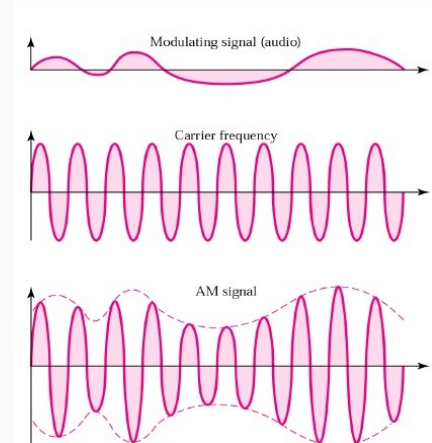
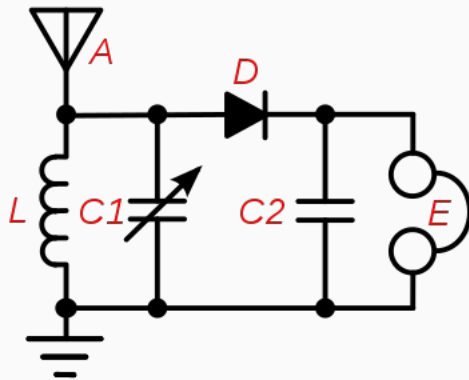
Adók és vevők felépítése



Előadó: Keresztes „Keri” Botond

Ugyan ma már adó-vevő készülékekről szokás beszélni, történetileg ez két különálló készülék volt. Az elektronika fejlődésével mára ezt a két egységet már könnyedén realizálhatjuk egy készülékben, de ezekben az adó és vevő áramkörök továbbra is elkülönülnek.

(Burkoló) Detektoros vevő

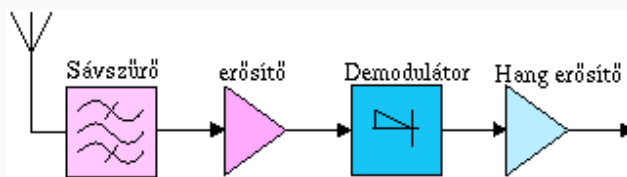


- Kevés alkatrész
- Nincs aktív elem (nincs erősítés)
- Csak AM-DSB-NSC-t lehet vele demodulálni (Kossuth-rádió 540 kHz)

A legegyszerűbb vevőáramkör a csúcsdetektoros vevő, mely egy rezgőkörből (frekvencia választása) és egy csúcsdetektorból (demoduláció) áll. A dióda után következő csúcsdetektor időállandóját úgy kell megválasztani, hogy a vivő „tetején ülő” jelalakot le tudja követni, de a nála sokkal gyorsabban változó vivőfrekvenciát már ne.

Népszerű kezdőprojekt rádiózásba lépők körében egy ilyen megépíteni. Sajnos Magyarországon csak az 540 kHz-en lévő Kossuth rádió vehető vele, ugyanis ez az egyetlen műsor melyet AM-DSB-NSC-vel sugároznak.

Egyenes vevő

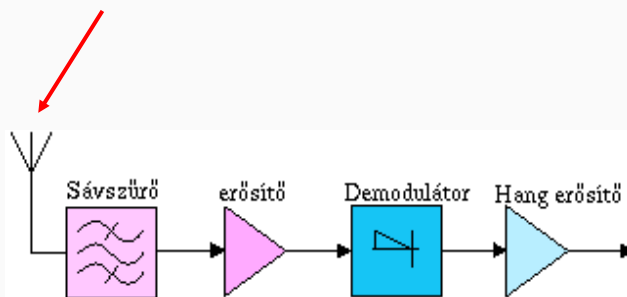
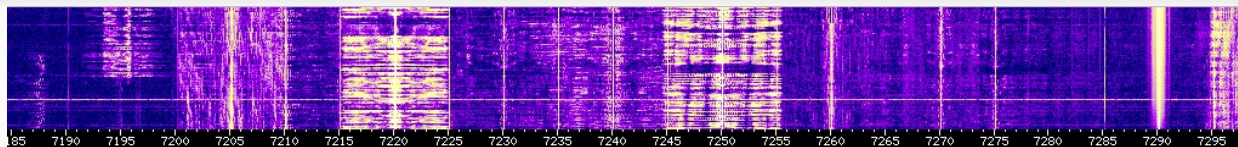


- Viszonylag egyszerű
- Tartalmaz erősítő(ke)t
- Nehéz jó hangolható szűrőt építeni
- Szelektivitás probléma

Az egyenes vevő mint koncepció már nem egy konkrét áramkör, mint az előző példa, hanem egy felépítés (tulajdonképpen a burkolódetektor is tekinthető egyenes vevőnek).

A jelútban egy sávszűrővel választjuk ki a venni kívánt adást, ezt esetleg felerősítjük, hogy a demodulátorunk hatékonyabban tudjon működni. Ezután következik maga a demodulátor, amit annak megfelelően építünk meg, hogy milyen adást szeretnénk venni (csúcsdetektor, ha AM-DSB-NSC, fáziszárt hurok ha FM/PM stb.). Majd ha a visszakaptuk az alapsávi jelünket, még megspékelhetjük egy hangfrekvenciás erősítővel a végét. Ezt akár egyszerű műveleti erősítős alkapcsolásokkal is megtehetjük.

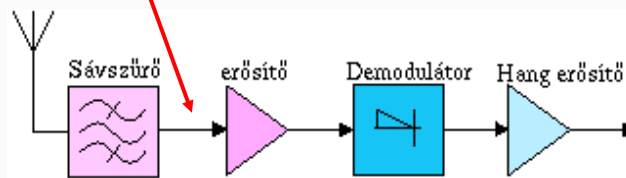
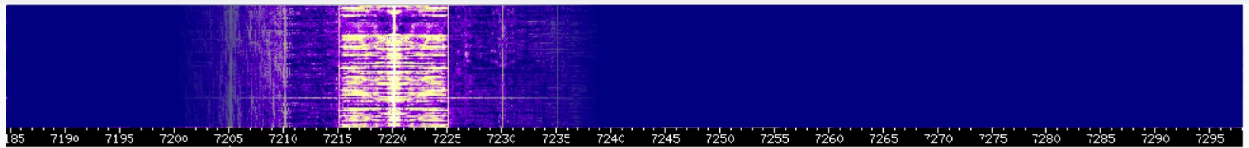
Egyenes vevő



A teljes spektrumot vesszük az antennával

Először az antenna veszi a teljes elektromágneses spektrumot (avagy az antenna karakterisztikájának megfelelően a spektrum egy részét, de ez mindig több, mint amennyire egyszerre szükségünk van).

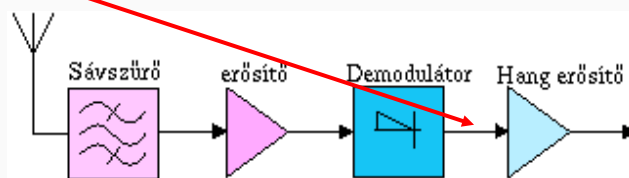
Egyenes vevő



Sávszűrővel kiválasztjuk a számunkra érdekes részt

A sávszűrővel kiválasztjuk a veendő részt. A méretezésnél a cél, hogy a szomszédos csatornákat a lehető legjobban elnyomjuk, miközben az érdekes „spektrumszelet”-ből a lehető legtöbbet átengedjük.

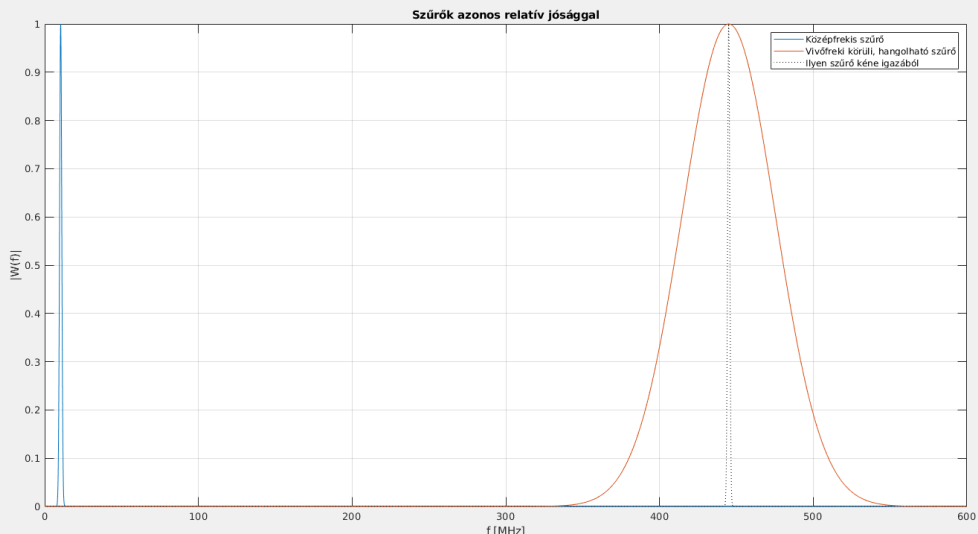
Egyenes vevő



A demodulátorral visszaállítjuk az alapsávi (általában hangfrekvenciás) jelet
Ha szeretnénk, beiktathatunk hangfrekvenciás erősítést is

A demodulátor alapsávra keveri a jelünket, így már hallgathatjuk is (vagy még alávethetjük egy alapsávi erősítésnek). Érdeemes megjegyezni, hogy egy egyenes vevő többféle demodulátort is tartalmazhat, de ezek mindegyikét meg kell építeni fizikailag, értsd: annyi áramkör, ahány féle adást szeretnék demodulálni.

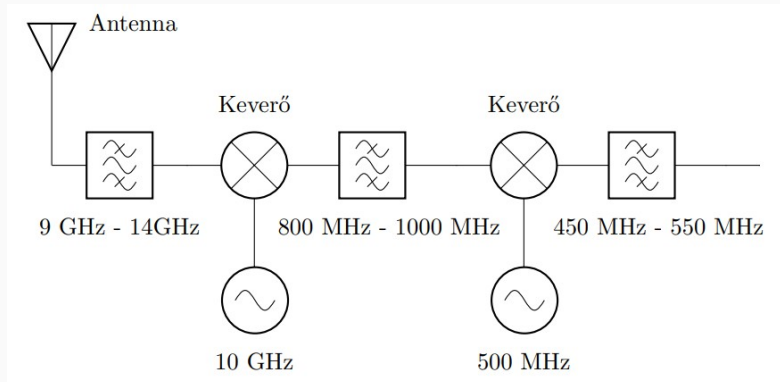
A probléma az egyenes vevővel: Szűrő szelektivitás



A grafikon két különböző középfrekvenciájú, de azonos jósági tényezőjű szűrő karakterisztikáját mutatja. Jól látható, hogy a nagyobb frekvenciára tervezett szűrő sokkal nagyobb részt enged át a spektrumból, mint az alacsonyabb frekvencián működő. Ez azért gond, mert így frekvenciában felfelé haladva, nem leszünk képesek kiválasztani az általunk kívánt csatornát. Az ábrán szaggatott vonal jelzi, hogy milyen szűrőkarakterisztikára lenne szükségünk. A szűrő jóságát elvileg tudnánk tovább növelni, de gyakorlatilag ez egyre több és több alkatrész beiktatásával járna, ami egyrészt nem túl kifizetődő, másrészt pedig egy idő után kivitelezhetetlen.

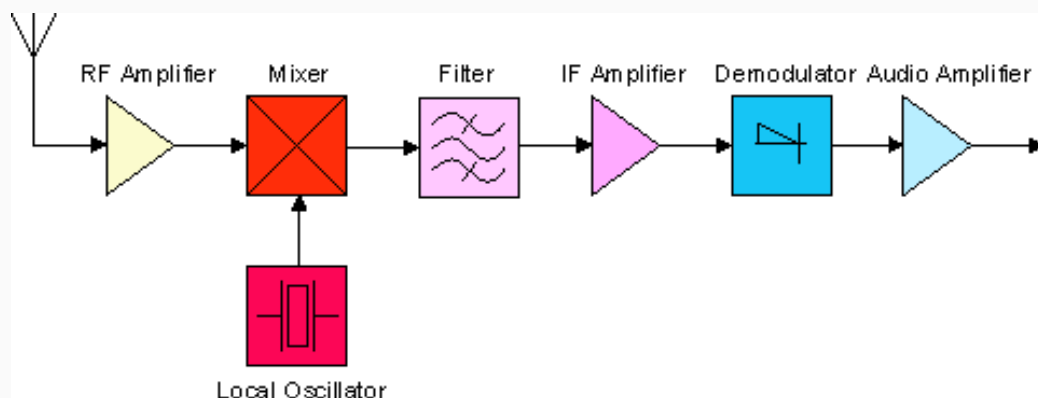
Szuperheterodin elv

- Kisebb frekvenciákon jobb szelektivitású szűrőket tudunk építeni
- Keverjünk le, és szűrjünk alacsonyabb frekvencián!



Az előbb felvetett problémára a jól bevált megoldás a szuperheterodin elv, mely azon alapszik, hogy választunk valami középfrekvenciát (KF, vagy angolul IF), ahova építünk egy megfelelő sávszélességű szűrőt, majd ez elé a KF fokozat elég beépítünk egy keverőt, mely a bejövő RF jelet megszorozza valamilyen frekvenciával (LO – helyi oszcillátor), így a bejövő jel a modulációs tétel értelmében frekvenciában el lesz tolva. A helyi oszcillátor frekvenciáját úgy kell hangolnunk, hogy a venni kívánt részt „keverje bele” a KF sávszűrőnk áteresztő tartományába. A vevő felépítésében előfordulhat több KF frekvencia is.

Szuperheterodin vevő



Szuperheterodin vevő blokkvázlata:

RF erősítő - A jel-zaj viszony javítására

Helyi oszcillátor – Egy változtatható frekvenciájú oszcillátor (VCO)

Keverő – Szorzó áramkör, mely megszorozza a bejövő jelet az LO jelével

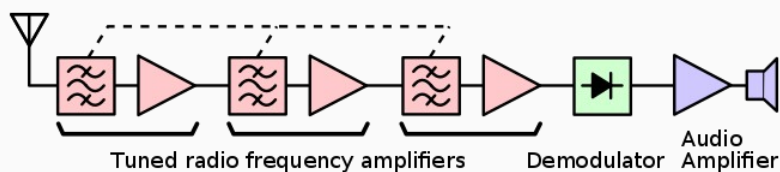
KF szűrő – Megfelelő sávszélességű szűrő, mely a spektrumból csak annyit enged át, amennyire kíváncsiak vagyunk

KF erősítő – Jel-zaj viszony javítására, szűrő csillapításának kompenzálására, demodulátor megfelelő működtetésére.

Demodulátor – Áramkör, amely a vett spektrumból visszaállítja az alapsávi jelünket (csúcsdetektor – AM-DSB-NSC, fáziszárt hurok – FM/PM stb.)

Hangfrekvenciás erősítő – Hangszóró, fejhallgató, A/D konverter vagy egyéb további feldolgozó/kimeneti egység meghajtására.

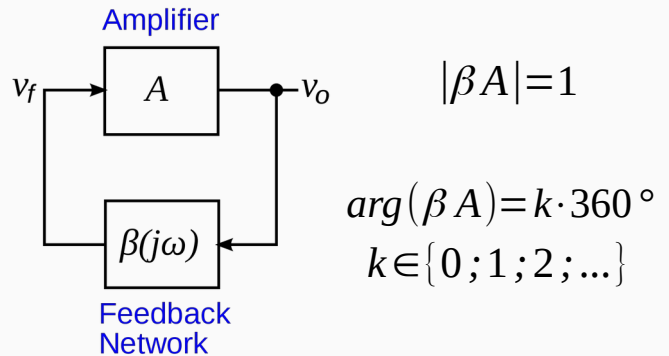
RF erősítés



- Minden erősítőnek van saját zaja. Ha későn erősítünk nagyot, akkor az összes korábbi fokozat zaját is erősítjük
- A vételi láncban mindél korábban kell erősíteni

Felmerül a kérdés, hogy miért erősítünk rádiófrekvencián, amikor középfrekvencián sokkal célzottabban optimalizálhatnánk egy erősítőt. Az ok a jel-zaj viszony. Minden áramkörnek van valamennyi saját zaja, ez onnan származik, hogy az eszközeink nem 0 Kelvinen üzemelnek, így a részecskék mozgása valamennyi zavarfeszültséget generál. Ha a vevőláncban később erősítünk, akkor az előző fokozatok által hozzáadott zajt is fel fogjuk erősíteni. Ebből végeredményben az jön ki, hogy jobb jel-zaj viszont érhetünk el, ha minél korábban erősítünk a jelünkön.

Oscillátor



Az oszcilláció feltétele:
Barkhausen-kritérium

Amint láhattuk a szuperheterodin struktúra fontos eleme a helyi oszcillátor, mely a más frekvenciára történő keverést végzi. Hogyan működik, és egyáltalán mi is az az oszcillátor?

Az oszcillátor egy olyan áramkör, amely valamilyen periodikus jelet képes előállítani (a mi esetünkben általában szinusz hullámot). Egy áramkör akkor tud oszcillációba kezdeni, ha teljesül rá a Barkhausen-kritérium. Ehhez egyszer az (önmagába visszacsatolt) áramkörnek eredőben 1-es (vagy valamivel nagyobb) erősítése kell hogy legyen, másrészt pedig a fázistolásának 360° egész számú többszörösének kell lennie.

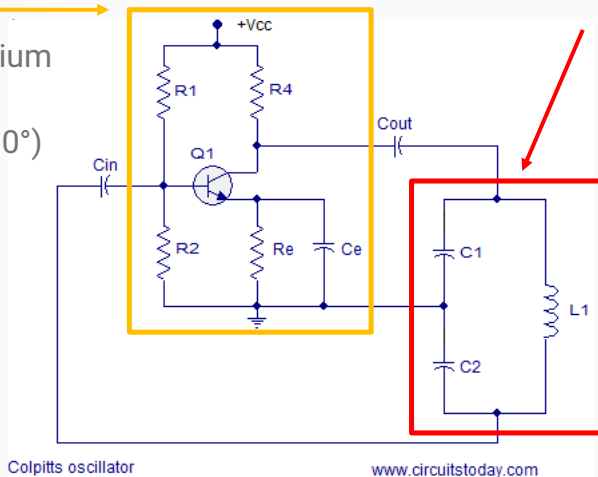
A könnyebb megértésért hasonlítsuk a működést egy hintához: Ha a lengésben lévő hintát sokáig nem lököm meg, akkor egy idő után meg fog állni, viszont ha időnként rásegítek, akkor mozgásban marad. Ezért kell az 1-es „hurokerősítés”, hogy a rendszerből elvesző energia mindig pótlásra kerüljön.

És mikor kell meglökni a hintát? Mindig a lengésnek ugyanazon pontján, ahol az előbb is, és mivel a lengés egy periódusa itt is megfeleltethető 360° -nak, így a 360° -os fázistolás kritériumot is megmagyaráztuk a hinta példáján.

Példa: Colpitts-oszcillátor

FE erősítő:

- Erősítés kritérium teljesítése
- Fázistolás (180°)



Rezgőkör:

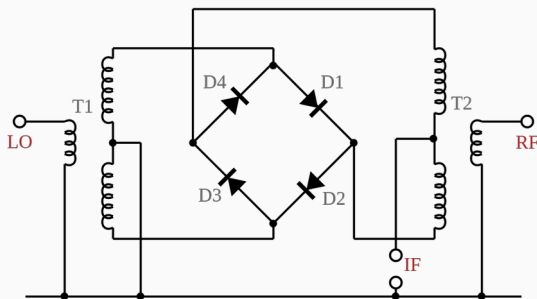
- Frekvencia beállítás
- Fázistolás (180°)

Az ábrán egy Colpitts-oszcillátor kapcsolása látható, melyben jól elkülöníthető az erősítő és fázistoló blokk. Ez esetben a rezgőkör feladata a fázistoláson túl a rezonanciafrekvencia beállítása is.

Mivel a földelt emitteres erősítő fokozatnak eredendően van 180° fázistolása, így a fázistoló hálózatnak ezt további 180° -kal kell kiegészítenie, így jön ki eredőben a 360° -nyi fázistolás.

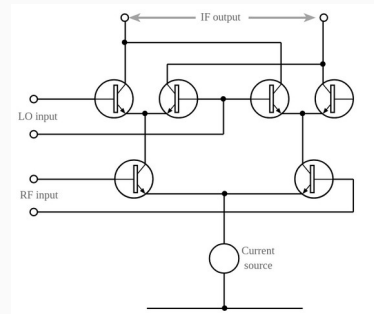
Keverők/modulátorok

- Megvalósítják a szorzás műveletét
- Fel/le keverik az adott jelet (lásd: modulációs tétel)



Dióda gyűrűs keverő:

https://www.youtube.com/watch?v=juNuEwmQVQ8&ab_channel=w2aew



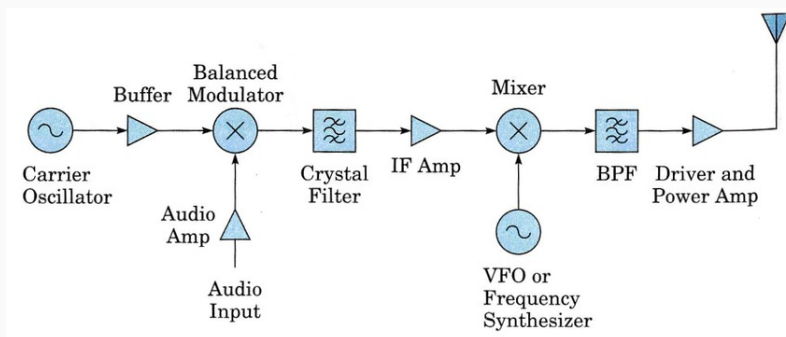
Gilbert cella:

https://www.youtube.com/watch?v=7nmmb0pqTU0&ab_channel=w2aew

Ahhoz, hogy az oszcillátorunkkal el tudjuk tolni frekvenciában a bejövő jeleket, szükség van egy olyan áramkörre, mely megvalósítja a szorzás műveletét (lásd: modulációs tétel). Ezen áramkörök működése viszonylag bonyolult, tárgyalásuk túlmutat ezen tanfolyam tananyagán.

A téma iránt jobban érdeklődők számára csatoltam két linket, ahol egész közérthetően elmondják a dióda gyűrűs keverő és Gilbert cella működését, melyeket elég gyakran használnak a szorzás műveletének megvalósítására.

Adó általános blokkvázlat



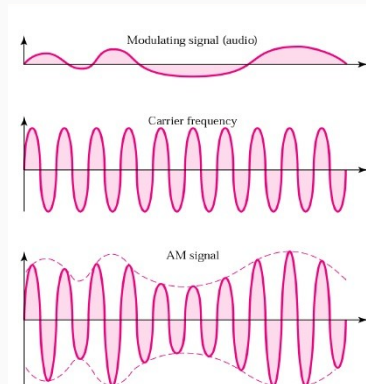
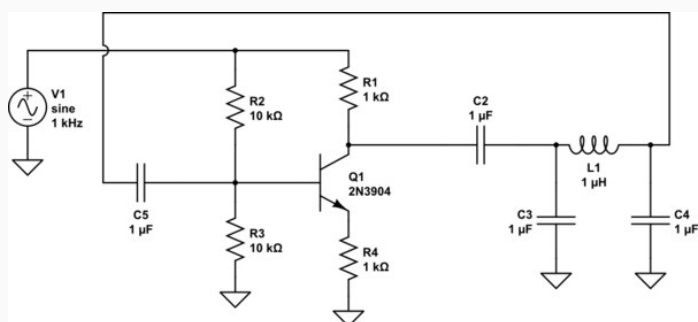
Az adóban a következő sorrendben követik egymást a blokkok:

1. Egy vivőjel ellátása információval (itt: Balanced Modulator). Az éppen használt modulációnak megfelelően változtatja a jelet, lehet AM, FM, de akár valami digitális moduláció is.
2. A jelet sávkorlátozzuk és erősítjük
3. Egy további oszcillátor segítségével a jelünket felkeverjük arra a frekvenciára, melyen sugározni szeretnénk

(Ez az előző 3 lépés nem minden esetben különíthető el egymástól, a következő egyszerű példákban is ez lesz a helyzet)

Utolsó lépésként a jelünket erősítjük, és kiküldjük az antennára. Itt a blokkvázlatot annyival ki kell egészíteni, hogy egy sávszűrésre az erősítés után is sor kerül, hogy az erősítő által létrehozott felharmonikus elemeket elnyomjuk, hogy azok ne kerüljenek kisugárzásra, illetve amennyiben nagy teljesítményre van szükségünk (pl. műsorszórás), akkor az erősítés jellemzően több (akár 4-5) fokozatban történik.

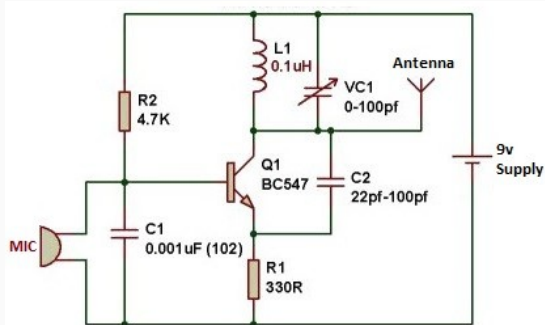
AM adó



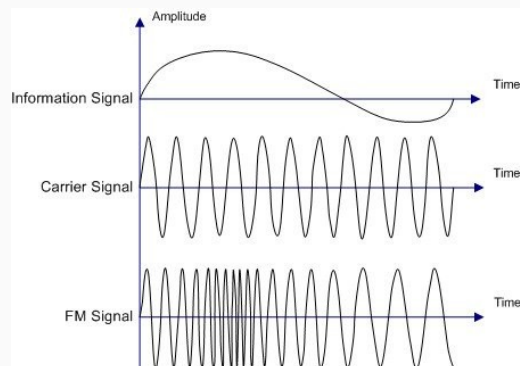
Egyszerű AM adó:

A jobb oldalon látható hullámforma előállításához a vivő jelünket „be kell horpasztani”. Ehhez először is kell egy vivő jel, melyet itt egy Colpitts-oszcillátorral állítunk elő (vesd össze: 12. dia). Az alapsávi jelünket a tranzisztor kollektorába vezetjük be, avagy így az vezéreljük, hogy az erősítőnk milyen tápfeszültségről üzemel. Értelemszerűen, ha csökken a tápfeszültség, akkor csökken az oszcillációnak amplitúdója, vagyis pont azt a „behorpasztást” érjük el, ami az AM-hez szükséges

FM adó

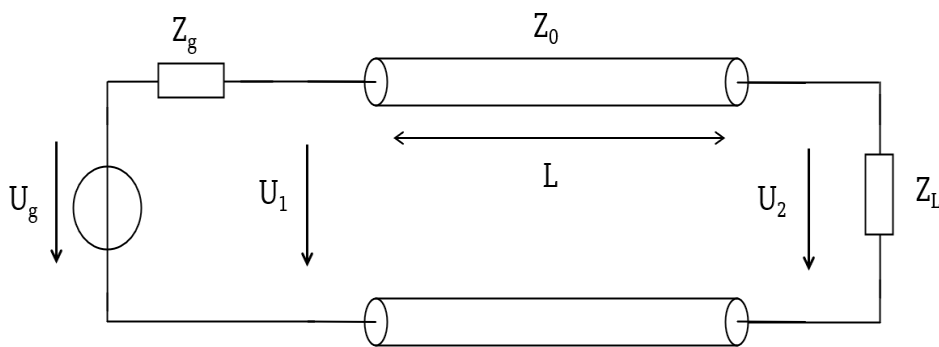


FM Transmitter Circuit By eeeproject.com



Ez az egyszerű FM adó is egy Colpitts-oszcillátor köré épül fel, de itt ez nem feltétlen látszik első ránézésre. Itt nyilván nem a vivő amplitúdóját fogjuk módosítani, hanem a tranzisztorra vezetett jel „elrángatja” az oszcillátor frekvenciáját, így különböző jelerősségekhez különböző frekvenciák fognak tartozni, és így jutunk frekvencia modulációhoz.

Illesztetlen tápvezeték



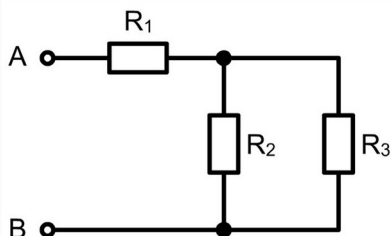
$$Z_L \neq Z_0$$

↓
Reflexió!!

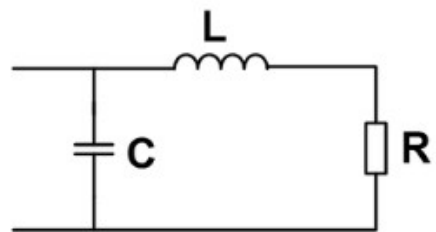
A tápvezetési előadásban elhangzott, hogy ha a tápvezeték végre tett terhelés nem egyezik meg a karakterisztikus impedanciával, akkor teljesítmény-visszaverődés fog fellépni, és ez károsíthatja az adókat.

Mit lehet tenni, ha mégis muszáj egy illesztetlen terhelést beiktatnunk?

Illesztőhálózat



$$R_e = R_1 + (R_2 \cdot R_3)$$



Reaktáns tagoknál nincs disszipált teljesítmény

Plusz elemek beiktatásával az eredő impedanciát a tápvonalára illesztjük

A megoldás az illesztőhálózat használata!

Tekintsük a bal oldali rezisztív hálózatot! Egyszerű összefüggésekkel belátható, hogy az AB kapu felől látszó impedanciába mind a 3 ellenállás beleszól. Vagyis ha jól választjuk meg R_1 és R_2 -ből álló illesztőhálózatunk értékeit, akkor pont akkor impedanciát mutathatunk a tápvonal felé, mint annak karakterisztikus impedanciája, így kiillesztve R_3 antennánkat.

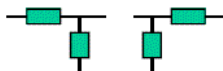
A gyakorlatban mégsem használunk erre ellenállásokat, ugyanis azok teljesítményt disszipálnak. Nekünk viszont az lenne a jó, ha a teljesítményből minél több az antennára kerülne, és ott sugárzódna el. Ezért az illesztőhálózatot reaktáns elemekből (tekercs, kondenzátor) rakjuk össze, melyek (legalábbis elméletben) nem disszipálnak teljesítményt, így nem keletkezik plusz veszteség az illesztőhálózat beiktatásával.

Lehetséges topológiák

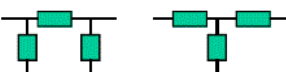
Egy tagú (induktivitás vagy kapacitás)



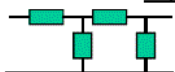
Két tagú (L-tag)



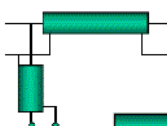
Három tagú (pi- vagy T-tag)



Több tagú (létra)



Hangolócsonkok (kábel darabok)



Hibrid (kábel darabok és reaktáns tagok)



Az illesztőhálózat itt is mindig reaktáns elemekből épül fel

Az illesztőhálózat sokféle topológiájú lehet, és mindegyiknek a maga előnyével és hátrányával. Az egyes elrendezéseket itt külön nem tárgyaljuk, de mindegyik ugyanazt a szerepet tölti be: A lezárást a tápvezeték hullámimpedanciájához illeszti.

Eszközök a gyakorlatban



- Yaesu FTDX-1200
- Yaesu FT-857D
- Antenna hangoló



Az előadás során ismertetett eszközök a gyakorlatban ilyen formákat ölthetnek:

Bal fent: Yaesu FTDX-1200 adó-vevő készülék

Jobb lent: Yaesu FT-857D adó-vevő készülék

Bal lent: MFJ-902H antenna hangoló

Ezen eszközök mindegyike megtalálható a klubban (és még több is)

Félidő

Kérdések?

Férfi kijön a WC-ről, odamegy hozzá a nő:

- Elnézést uram, koedukált?
- Ööö, nem. Szartam.