

# Hogyan működnek a rádiók II.

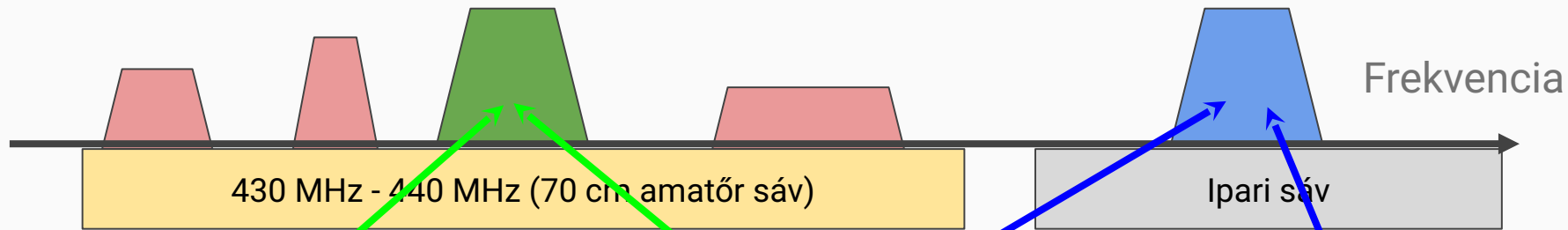
Rádiók alkatrészei



# Mit fogunk a mai napon tanulni?

- Mi egy rádió feladata?
- Modulárisan hogyan épül fel egy rádió?
- Alapszintű ismerete a moduloknak
  - Szűrő, erősítő, keverő, oszcillátor, demodulátor
- Gyakorlati példák a modulokra

# Mi a rádió feladata?



HA7SX



Villamosvezető



HA5PLS



forgalomirányító

# Mi a rádió feladata?

## Vétel

- Megfelelő csatorna kiválasztása -> **Szűrés**
- Ennek frekvenciában eltolása -> **Keverés**
- Eredeti információ visszaállítása a jelből -> **Demoduláció**
- Hallhatóvá tétel -> **Erősítés**
- Egyéb funkciók
  - Pl. Zajzár, teljesítmény mérő, morze auto keyer, stb.

## Adás

- Demoduláció helyett **moduláció**
- Teljesítmény erősítés
- Másokat ne zavarjon az eszköz -> **harmonikus szűrés**

# A rádió kapcsolási rajza blokkokból épül fel

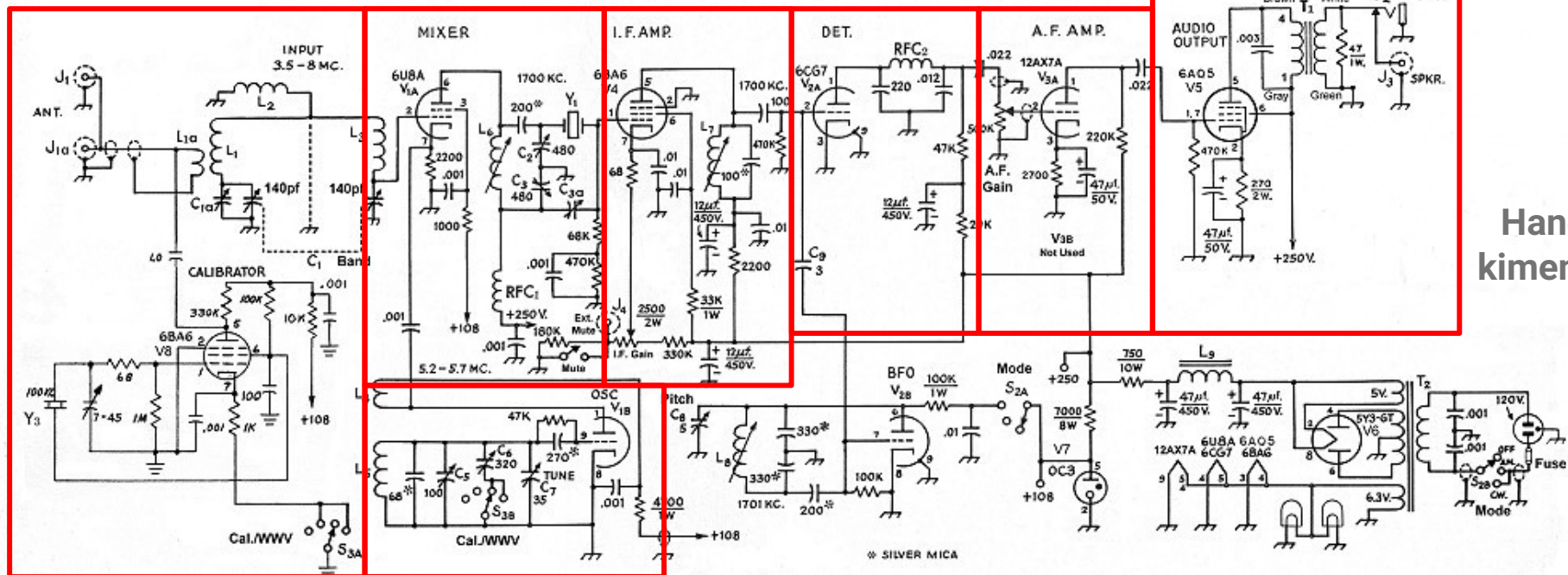
Antenna, bemenet

Keverő

Erősítő

Demod.

Erősítő



Hang kimenet

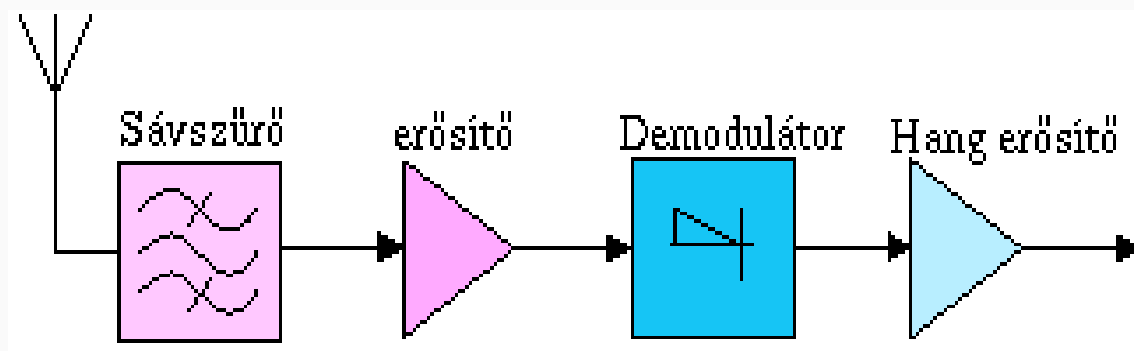
Circuit diagram of the 6X2 Super-heterodyne. Unless indicated otherwise, decimal capacitances are in  $\mu\text{f}$ , other capacitances in  $\mu\mu\text{f}$ , resistors are  $\frac{1}{2}$  watt.

Oscillátor

# Egyenes vevő felépítése

## Egyenes vevő

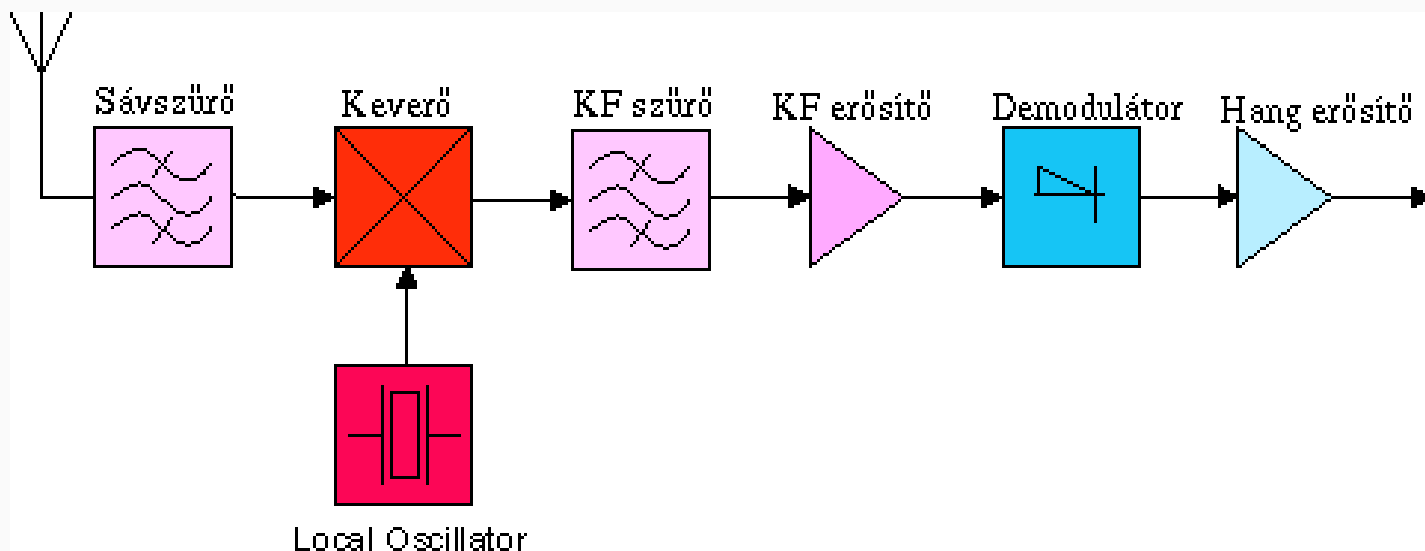
- Triviális struktúra
- Sávszűrő tulajdonságai limitálnak
- “Nagyfrekis” demodulátor



# Szuperheterodin elvű rádió felépítése

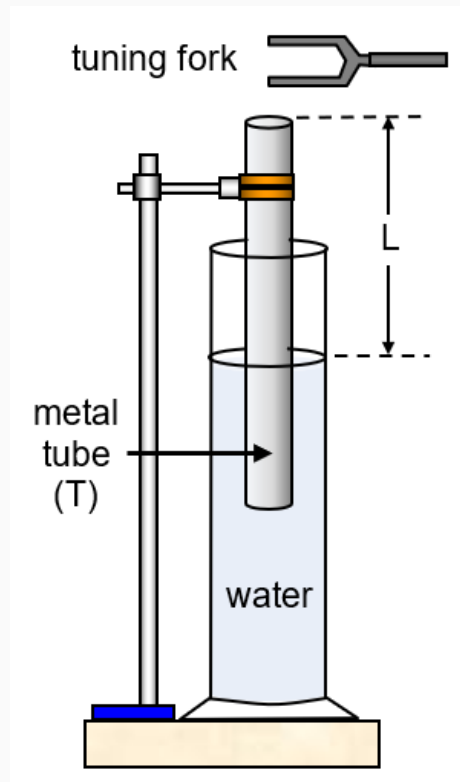
## Szuperheterodin vevő

- Több erősítés
- “Kisfrekis” demodulátor
- KF szűrő - csatorna szelektivitás



# Szűrők

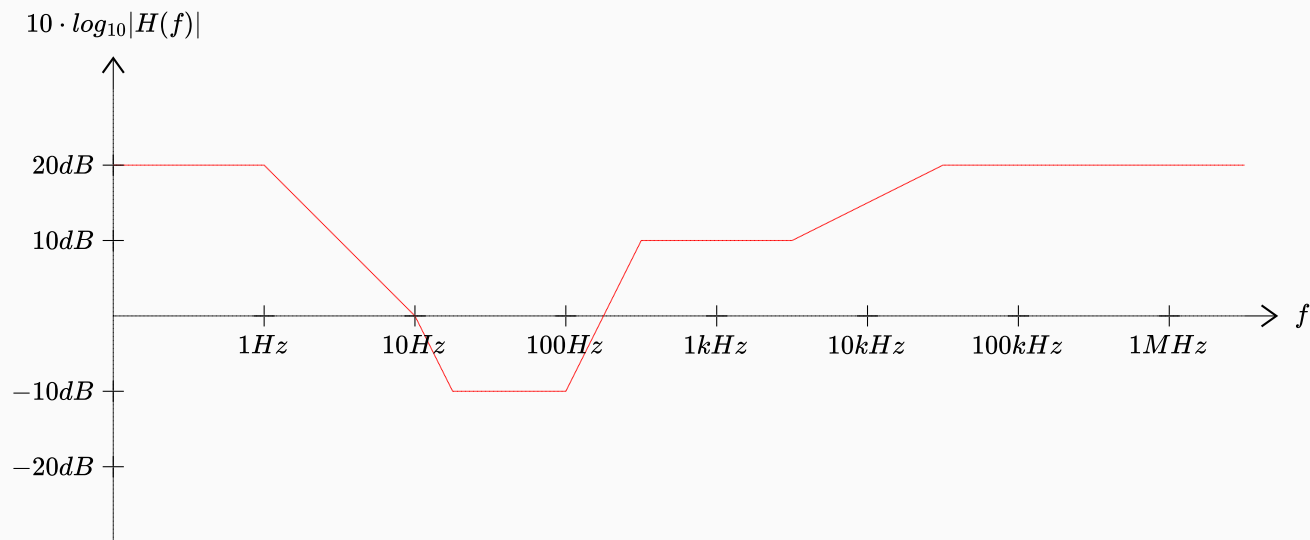
- “A kívánt rádiócsatorna kiválasztásához”  
Természetesen másra is jó:
  - Felharmonikusok szűrése
  - Keverő termékeinek szűrése
- A frekvenciatartomány bizonyos részein átereszt, máshol elnyom
- Példa: üveg szájának megfújása
  - Rezonancia frekvencia
  - Ezen a frekvencián “átereszt”
- “Hangolható szűrő”
  - Vízbe mártott PVC cső



Az átvitel ábrázolva a frekvencia függvényében:

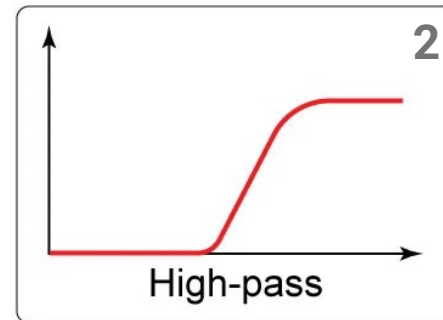
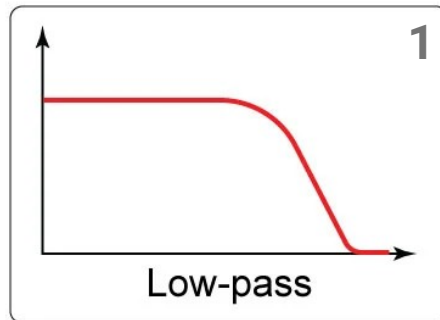
$$H(f) = \frac{Y(f)}{U(f)} = \frac{\text{Kimeneti jelszint}}{\text{Bemeneti jelszint}}$$

Bode diagram:



# Szűrő típusok

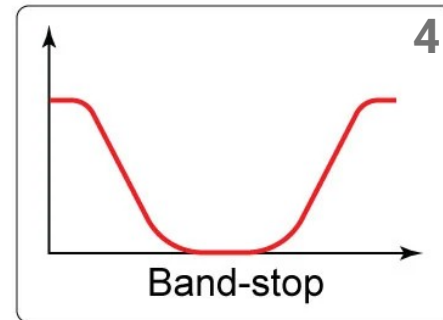
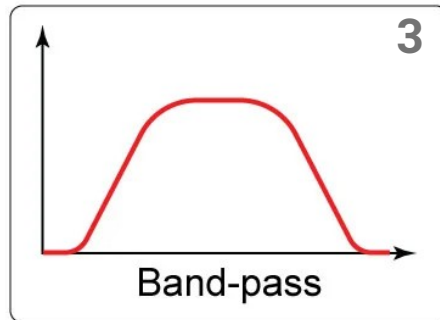
- Aluláteresztő szűrő (1)
- Feluláteresztő szűrő (2)
- Sáváteresztő szűrő (3)
- Sávzáró szűrő (4)



Relatív sáv szélesség:

$$b = \frac{B}{f_{center}}$$

Pl. 1 GHz-en 100 MHz-es sáv szélességű sáváteresztő szűrő: 10%-os rel. sáv szél.



# Egyes szűrők működésének megértése: RC, RL

## Feszültségosztó

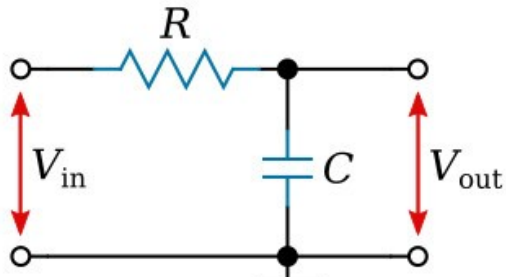
- $R_2$  kicsi:  $U_2$  (kimenő feszültség) kicsi lesz
- $R_2 \gg R_1$ :  $U_2$  közelíti  $U_1$ -et

Ez minden frekvencián igaz

Mi van, ha  $R_2$  frekvencia függő?

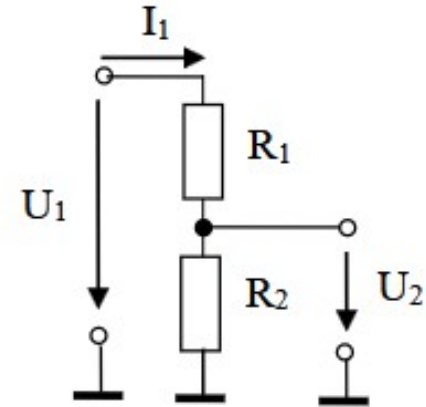
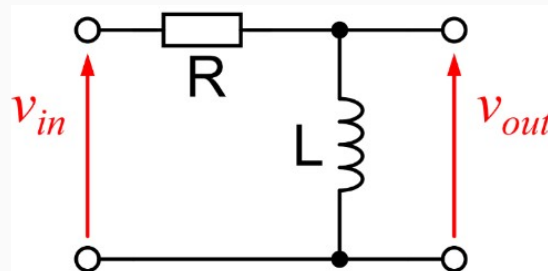
Egy RC aluláteresztő szűrő:

Kondenzátor nagy frekvencián "vezet"



Egy RL feluláteresztő szűrő:

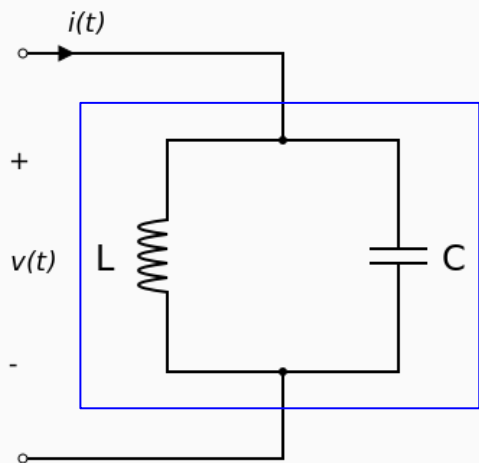
Induktivitás kis frekvencián "vezet"



Feszültség osztás, átvitel:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1 R_2}{I_1 (R_1 + R_2)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

# Példák szűrőkre - rezgőkörök



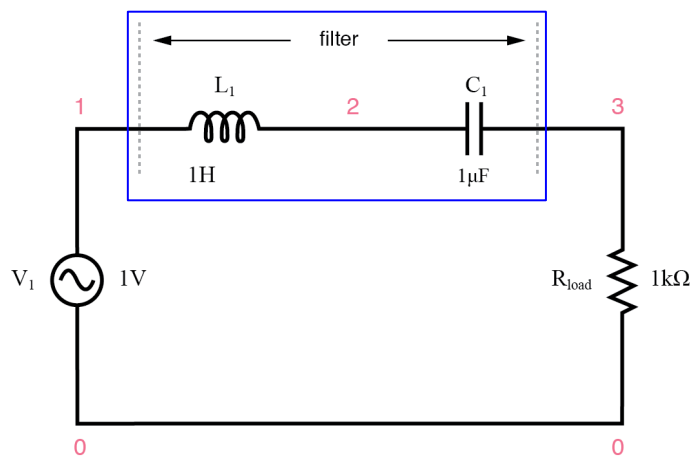
Rezonancia frekvencia  
Thompson-képlet

$$f_{\text{rezonancia}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

**Párhuzamos LC szűrő**

**Sávkiró**

Rezonancia frekvencián **nagy**  
impedanciájú (ellenállású)



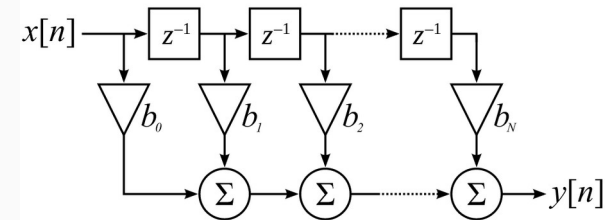
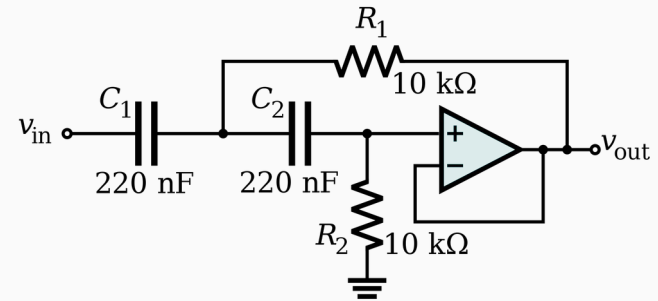
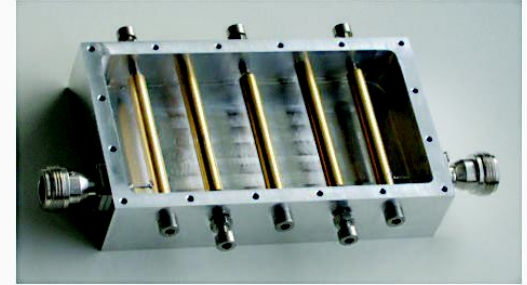
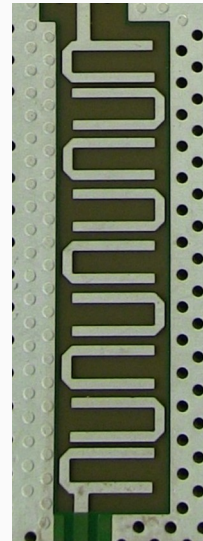
**Soros LC szűrő**

**Sáváteresztő**

Rezonancia frekvencián **kis**  
impedanciájú (ellenállású)

# Szűrők a gyakorlatban

- Nagyfrekvenciás
  - Hairpin, combline: elosztott paraméterű
  - Tápvonalas szűrő
  - Üregrezonátor
- Passzív szűrők: diszkrét elemekből
  - RC, RL, LC, Csebisev, stb.
- Aktív szűrők
  - Pl. műveleti erősítővel
- Digitális szűrők
  - Processzoron futnak
  - Mintavételezett adaton
  - FIR: Finite Impulse Response



## FM műsorszóró sáv: nagy teljesítményű adók

88 MHz - 108 MHz sávzáró szűrő

Hogy ne zavarja a vételünket a nagy teljesítményű műsorszóró adó

**Mérés:** VNA (Vektorhálózat-analizátor) segítségével

### Mit fogunk látni?

A frekvencia függvényében (vízszintes) a szűrőn átjutó teljesítmény arányát, decibelben

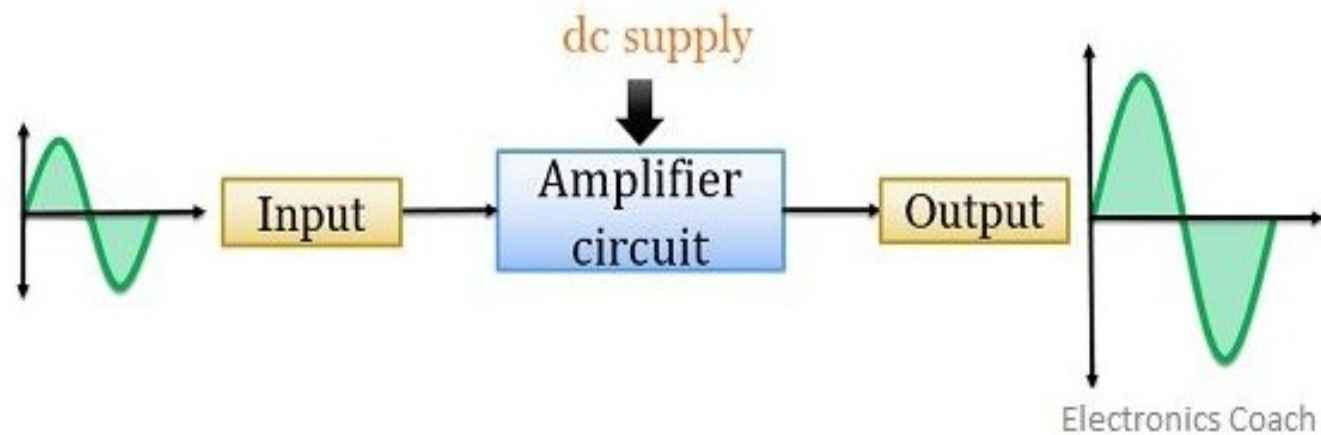
### Mit várunk?

Az FM sávban nagy csillapítást (-20 dB, vagy kisebb átvitel)

Ezen kívül vigyen át minden teljesítményt: 0 dB



$$P_{\text{dB}} = 10 \log \left( \frac{P_1}{P_0} \right)$$



Példa:

Kommunikálni szeretnénk "sík" terepen, kézirádióval:

- 5W kimenő teljesítmény (37 dBm)
- 5 km távolság -> 100 dB csillapítás
- Adó - vevő antenna nyereségek -> 4 dB

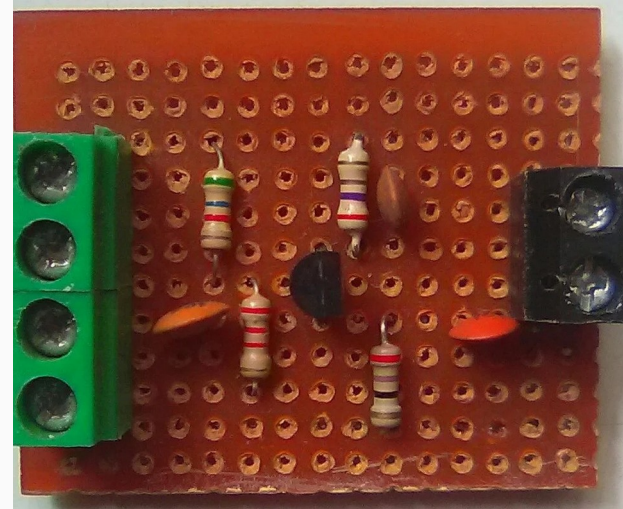
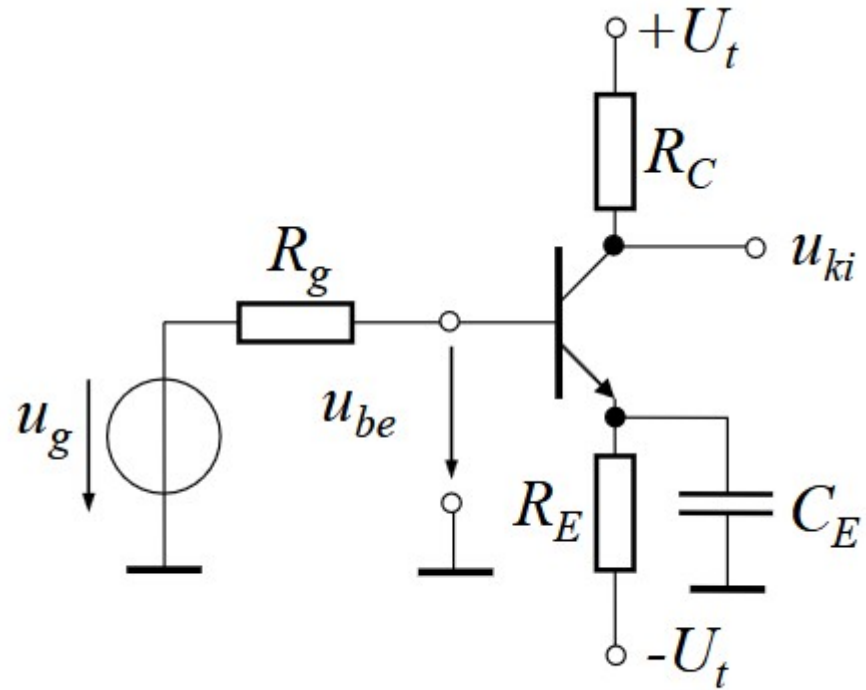
$37 \text{ dBm} - 100 \text{ dB} + 4 \text{ dB} = -59 \text{ dBm}$  a vett jelszint

**-59 dBm : 1.25 nW (nano-Watt) ( $1.25 * 10^{-9} \text{ W}$ )**

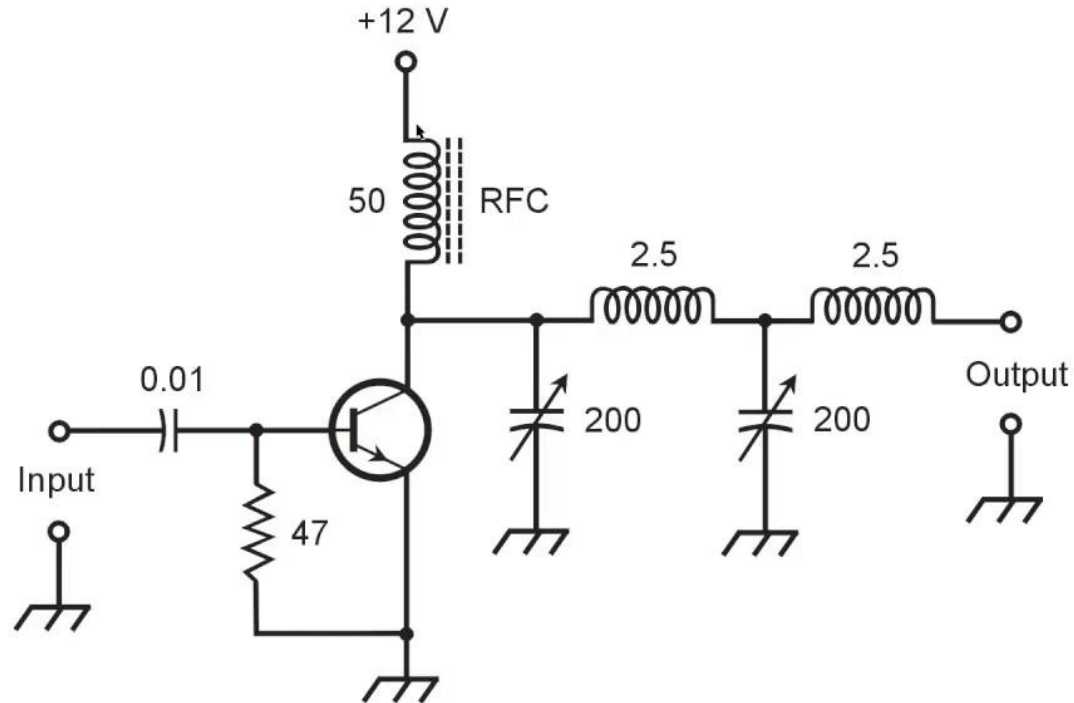
Hangszóró meghajtásához 100 mW - 1 W (20 - 30 dBm)

**90 dB ( $10^9$ ) erősítés kell a rendszerbe**

# Erősítők



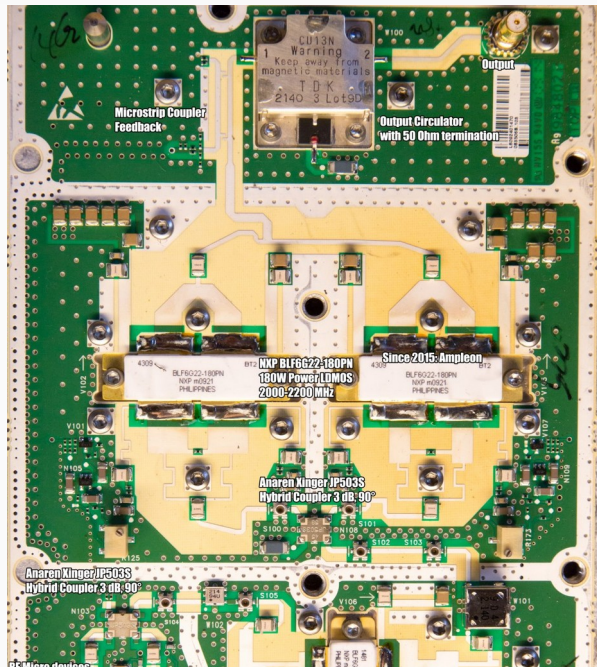
# RF erősítő



# Erősítők



# Erősítők



3G cella - 2.1 GHz  
Kb. 50 W  
Hullámhossz: 14 cm



Csöves erősítő  
A klubban lévő: 800 W  
80m, 40m, 20m, 15m-es sávokon (3 MHz - 21 MHz)

# Oscillátorok

## Jelforrás

- Vivőfrekvencia előállítása
- Keveréshez
- Digitális áramkörök órajele
- Mérőjel

## Mi kell hozzá?

- Erősítés
- Visszacsatolás  
(szűrőn keresztül)

Gyakori jelölés: **LO**

- Lokál (helyi) oszcillátor



# Oscillátorok

## Visszacsatolt struktúra

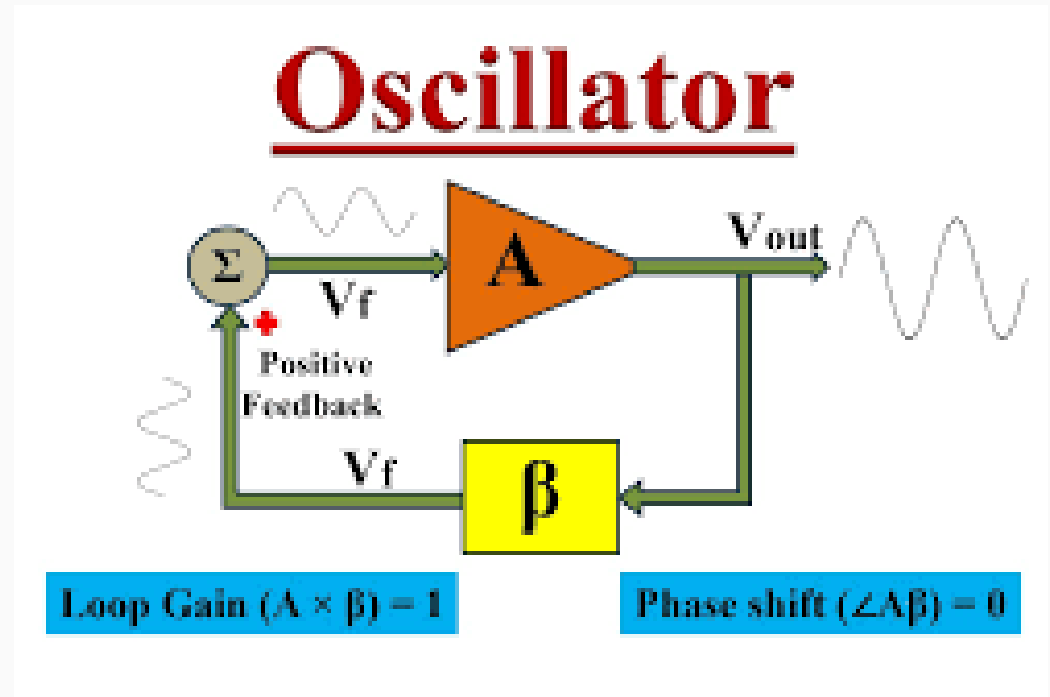
### Erősítésfeltétel

Hurokerősítés  $> 1$

### Fázisfeltétel

Teljes fázistolás:  $k \cdot 360^\circ$

Amelyik frekvencián ez teljesül, ott fog "rezegni" az oszcillátor (lásd: hinta)



# RF Oszcillátorok a gyakorlatban

- Kvarckristály
- "Can oscillator" - integrált kristály oszc. (XO)
- TCXO - Temperature Compensated XO
- OCXO - Oven Controlled XO (kályházott)
- DRO - Dielectric Resonator Oscillator
  - Nagyfrekvenciás, néhány 10 GHz
- Magnetron
  - Mikrohullámú sütő
  - Nagy teljesítmény és frekvencia (GHz)

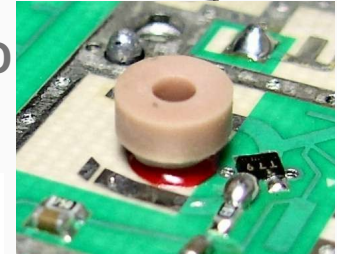
Kristály



Can osc. / TXCO



DRO



Magnetron

OCXO



# 10 kHz négyzög oszcillátor - hiszterézises inverterrel és RC taggal

## Erősítés

inverter által

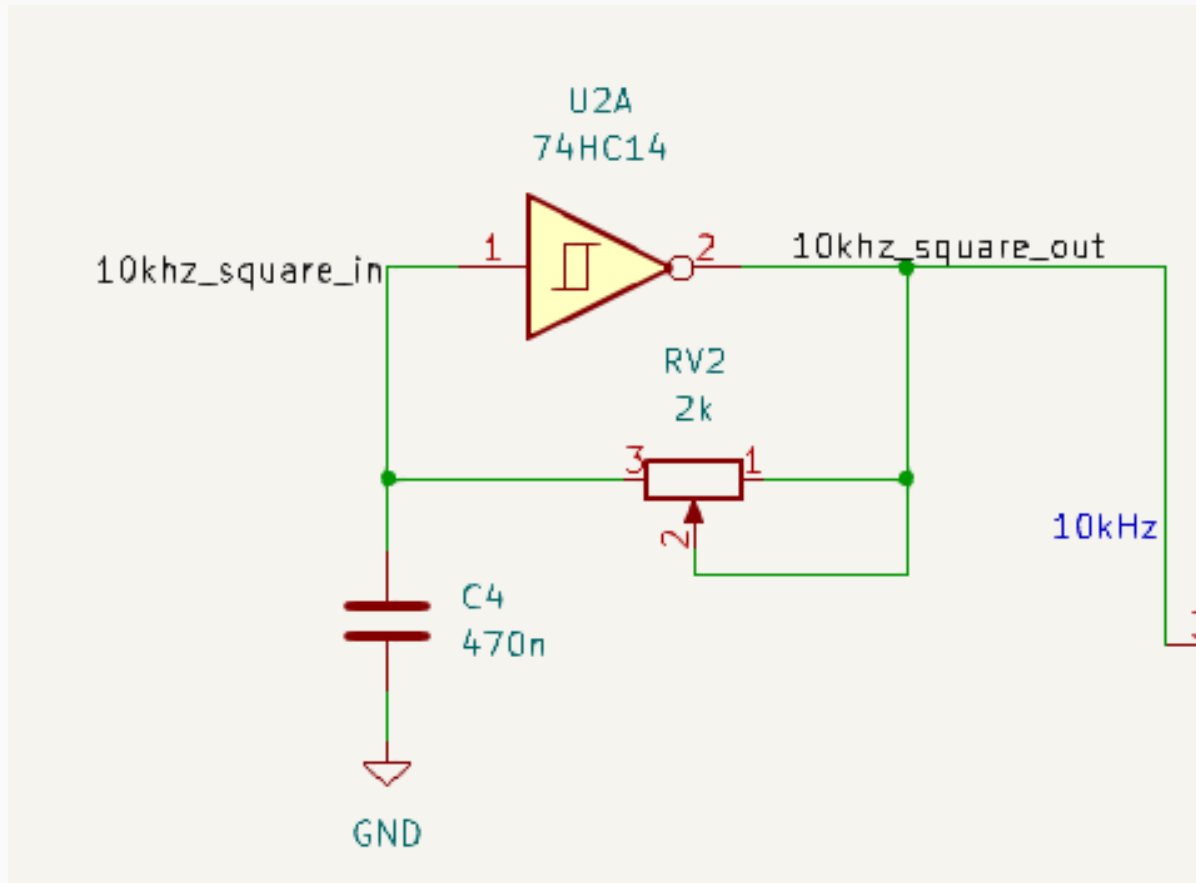
## Hiszterézises inverter:

A bekapcsolási és kikapcsolási feszültség eltér

## RC visszacsatolás:

A kondenzátor R-en keresztül lassan töltődik és kisül, az inverter bemeneti hiszterézis szintjei között

Meghatározza a frekvenciát



# 4 MHz négyzög oszcillátor - inverter + kristály

## Erősítés

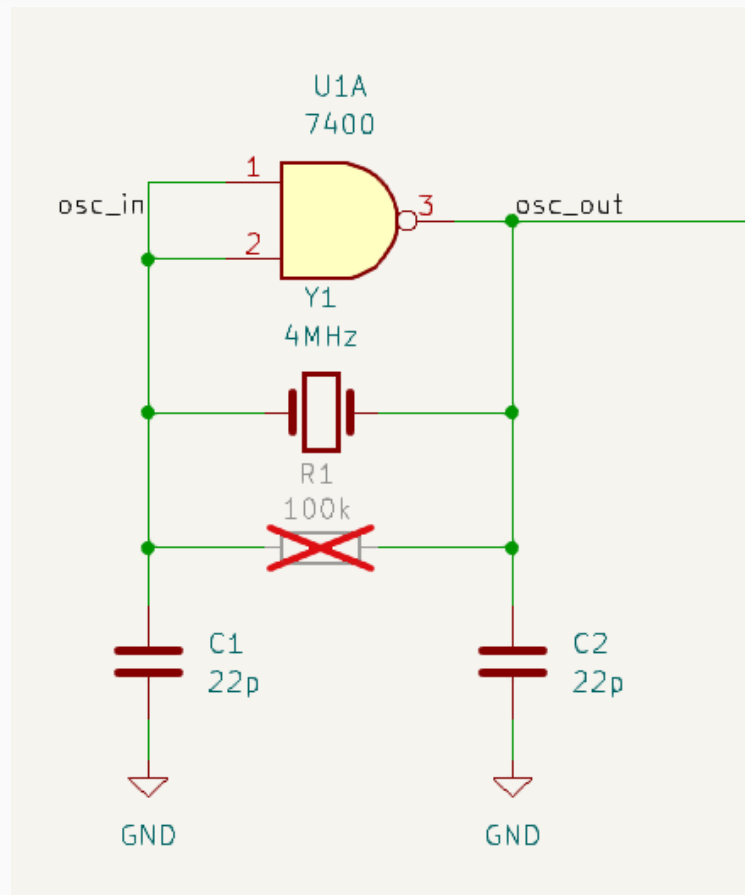
inverter által (itt most egy NAND kapuból van)

## Visszacsatolás:

Adott frekvencián rezonáns kristály segítségével

## Kondenzátorok:

A kristályok mellé kelleni szoktak (terhelő kapacitás)



# 10 kHz szinuszos oszcillátor

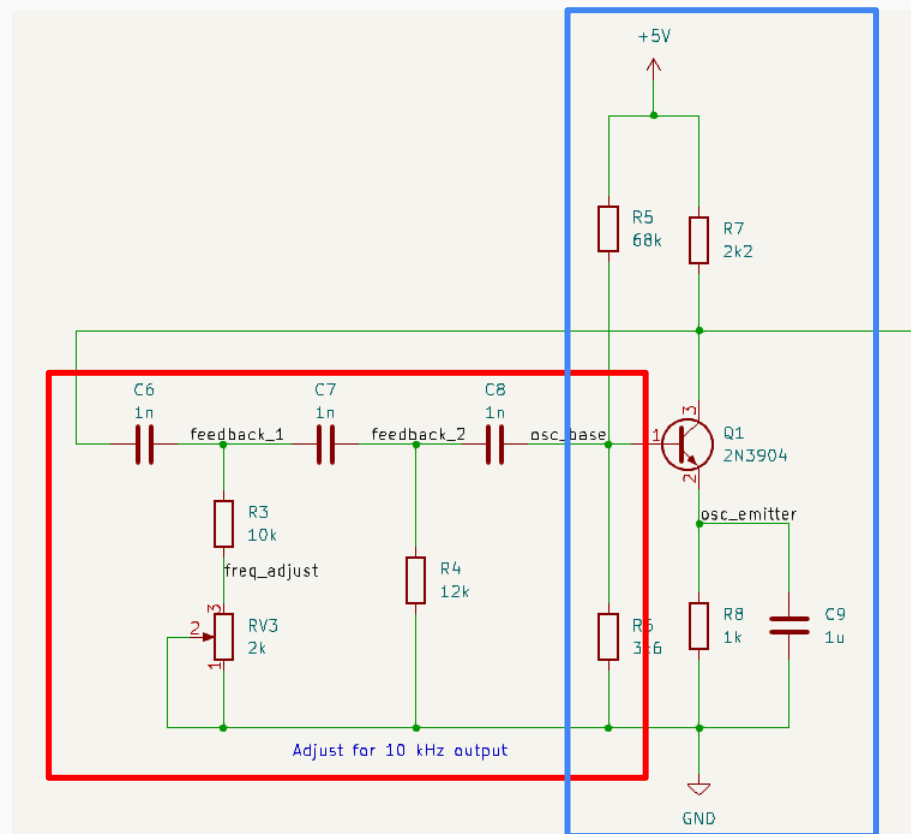
## Erősítés

Földelt emitteres tranzisztoros erősítő kapcsolás

Invertáló kapcsolás, kimenet és bemenet között:  $180^\circ$

## Visszacsatolás:

Három RC szűrővel - rezonancia frekvencián az RC tagok fázistolása:  $60^\circ$



# Keverők

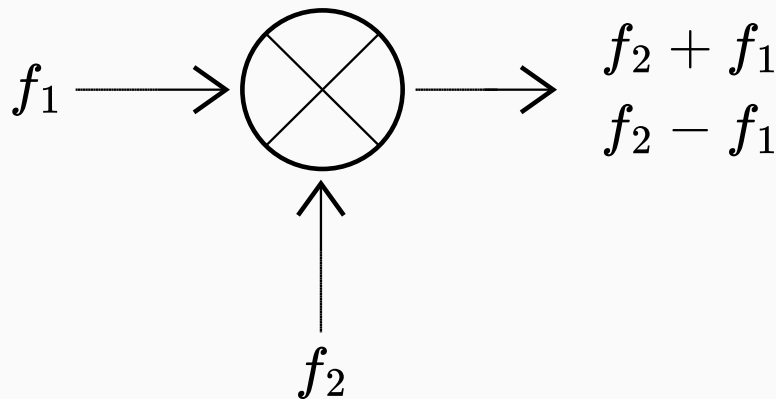
## Keverő

- Modulációs tétel megvalósítása a gyakorlatban:

$$\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) = 0.5 \cos(\alpha + \beta) + 0.5 \cos(\alpha - \beta)$$

## Egy lineáris rendszer

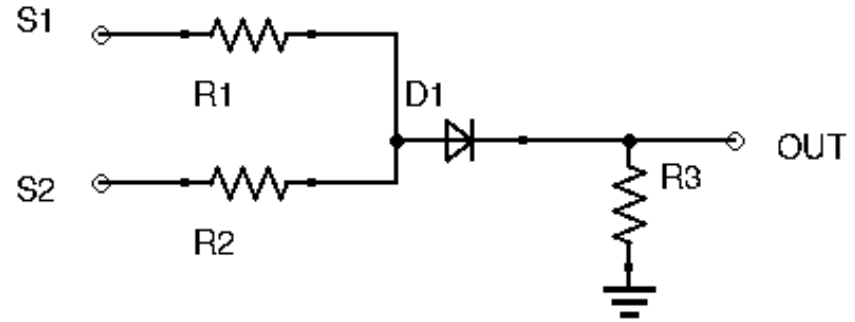
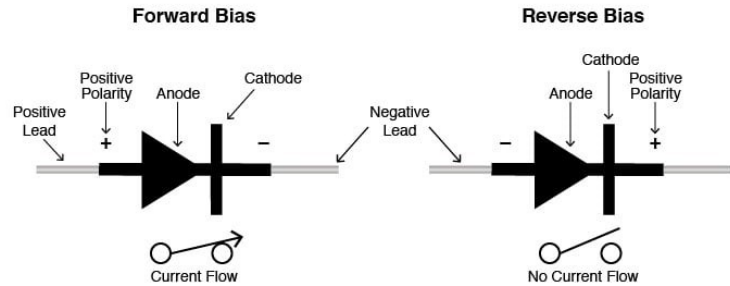
- Adott frekvencián gerjesztve ugyan az a frekvencia jön ki belőle
- Keveréshez: **nemlinearitás kell**



# Keverő struktúrák

## Egyszerű nemlinearitás **diódával**

- Dióda: áram egyenirányító elem, mint a vízcsapon egy szelep
- Egyszerű passzív diódás keverő



Működik, de:

- Nagy csillapítás
- Nem csak  $f_1 - f_2$  és  $f_1 + f_2$ , hanem  $f_1$  és  $f_2$  is megjelenik a kimeneten
  - Ami gyakran nem jó...

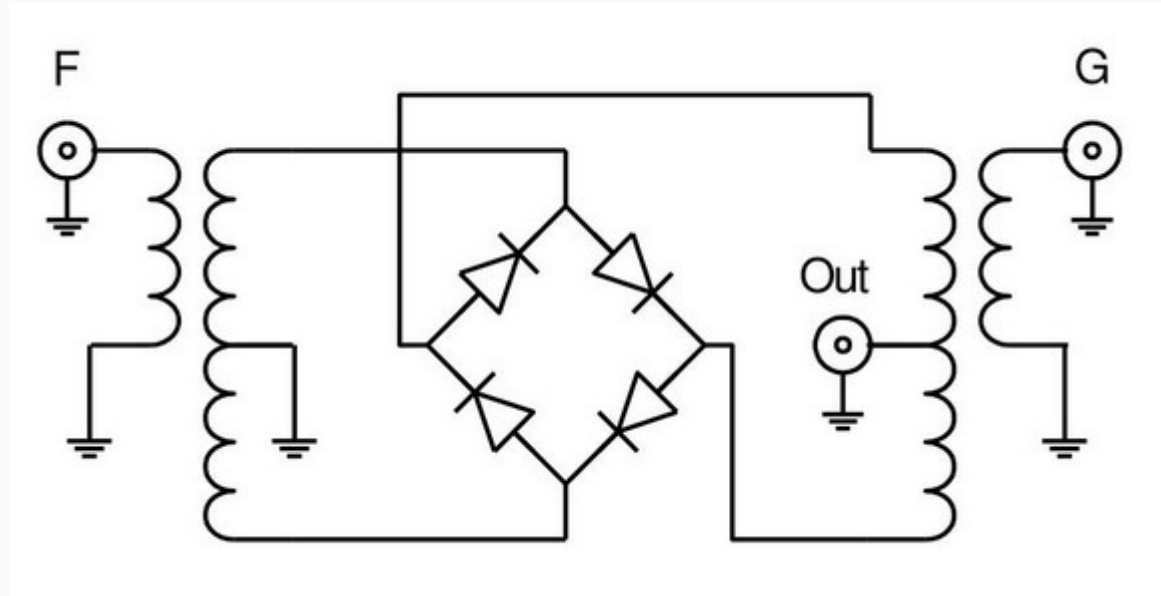
# Keverő struktúrák

## Bonyolultabb keverők

- Jobban közelítik az ideális keverőt

Két gyakran használt:

- Passzív: dióda gyűrűs keverő

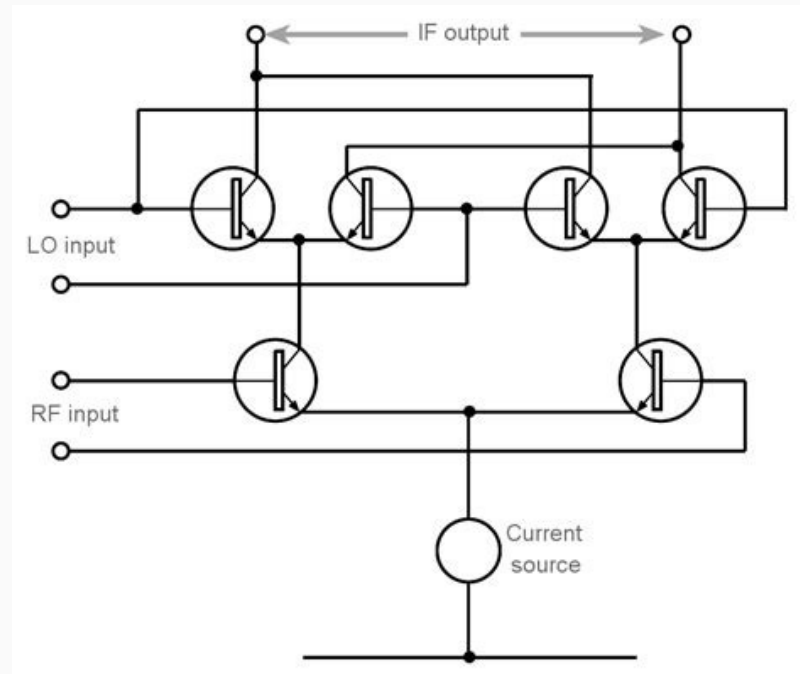


# Keverő struktúrák

- Aktív: Gilbert-cella  
kimenetein: csak a különbségi  
frekvenciák dominálnak

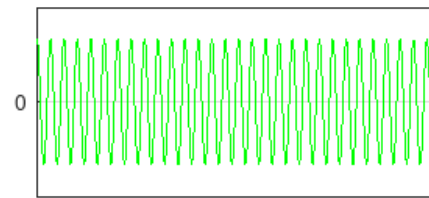
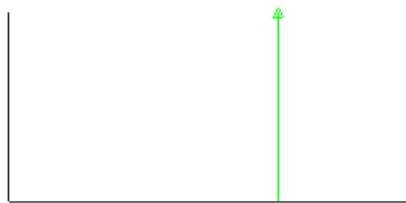
Logikai kapukkal is lehet keverőt  
csinálni:

- Pl. XOR kapu
- Egyik jel kapcsolgatja a másikat
- Olyan, mintha négyszögjelek  
szoroznák egymást

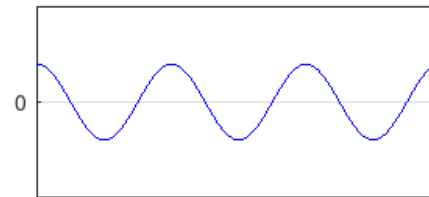


# Színusz-színusz keverés

**f1: 10 kHz** (vivő)



**f2: 2 kHz** (alapsáv,  
moduláló jel)

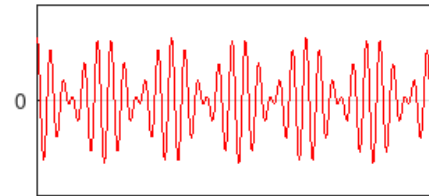
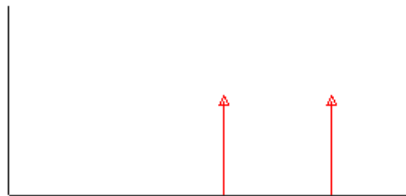


**f1 + f2 = 12 kHz**

**f1 - f2 = 8 kHz**

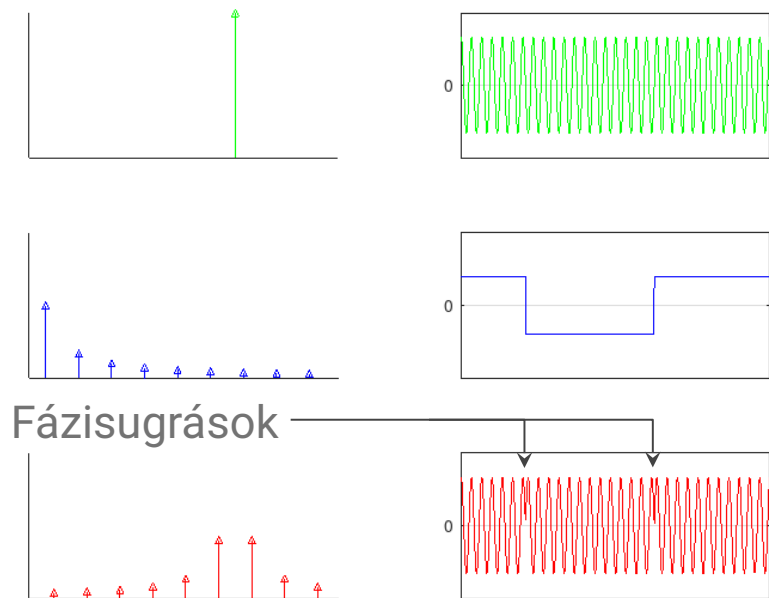
Szimpla keveréssel:  
AM-DSB-SC-t csináltunk  
(vivő nélküli AM)

SC: suppressed carrier

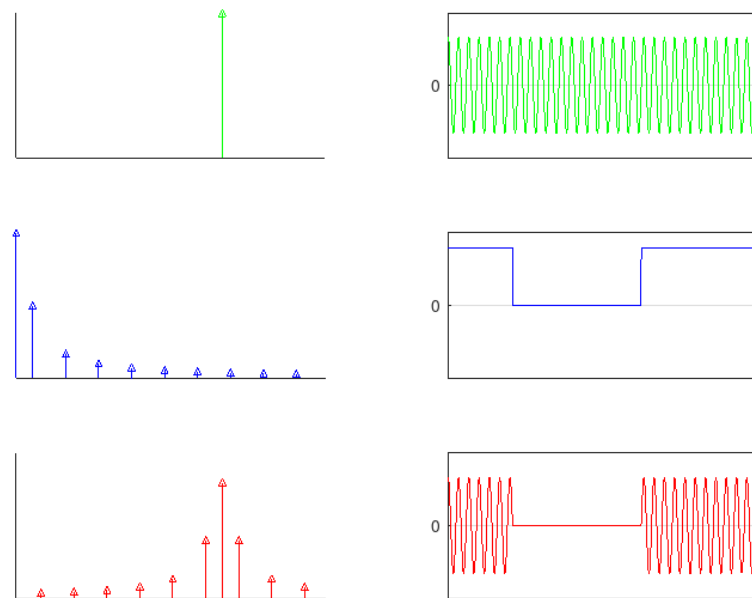


# Négyszög-színusz keverés

Színuszos vivő jel, négyzetű moduláló jel: digitális bitek



BPSK (Binary Phase Shift Keying)

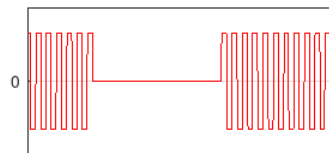
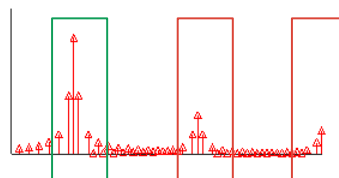
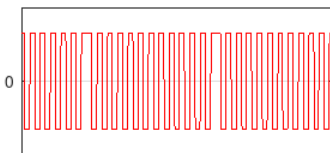
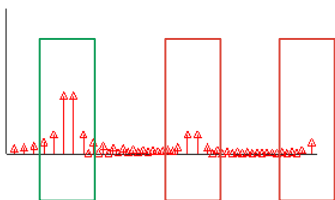
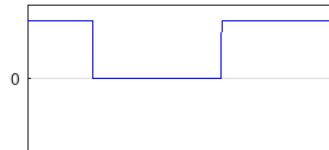
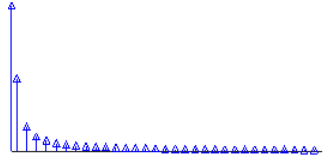
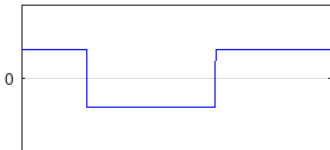
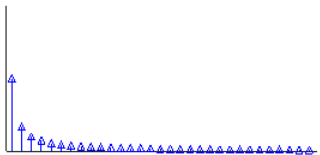
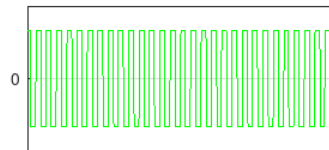
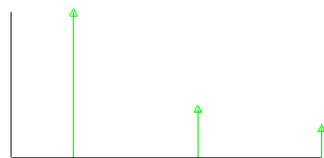
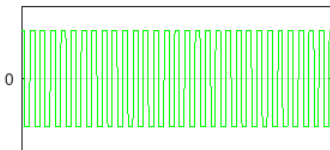
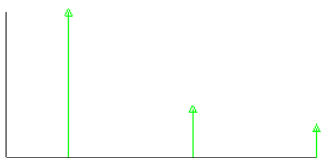


OOK (On-off keying)

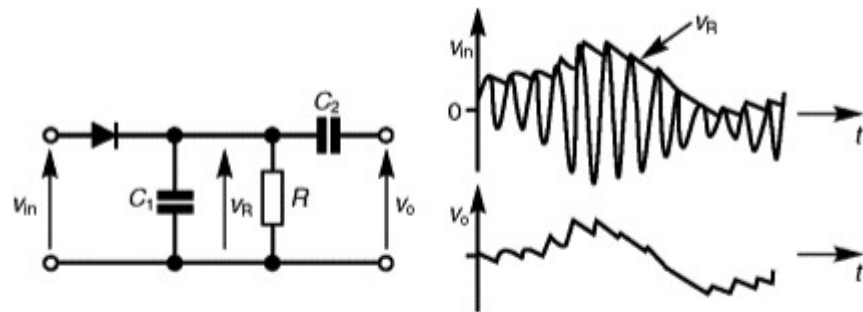
# Négyszög-négyszög keverés

Példa a harmonikus szűrés fontosságára

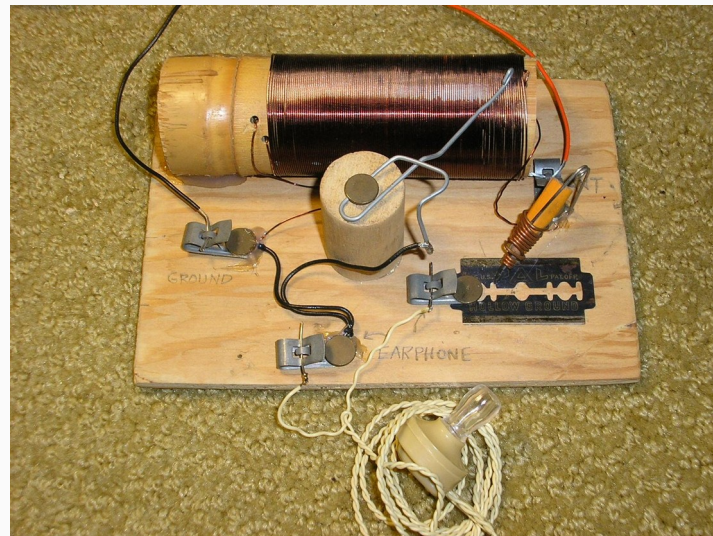
Sok felharmonikus, más csatornába is belehallatszik az adásunk



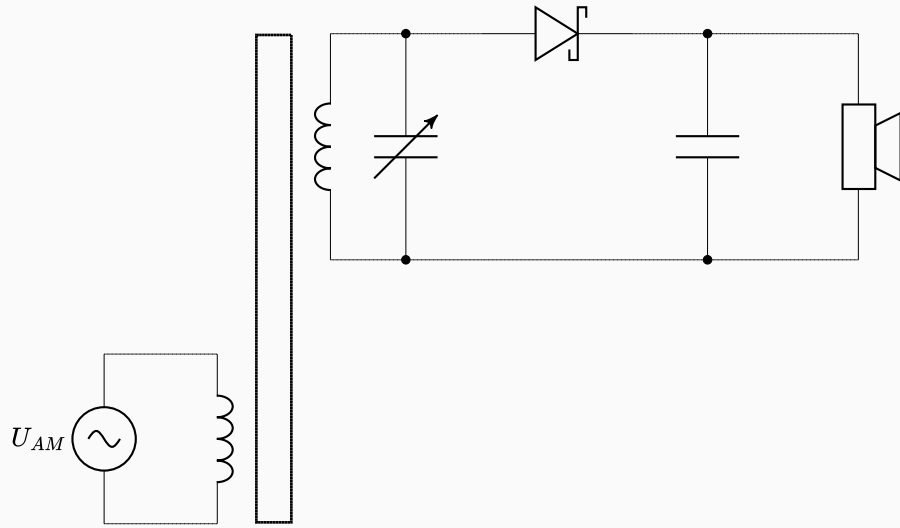
# Demodulátorok



Burkoló detektor (AM-DSB-NSC vételre)



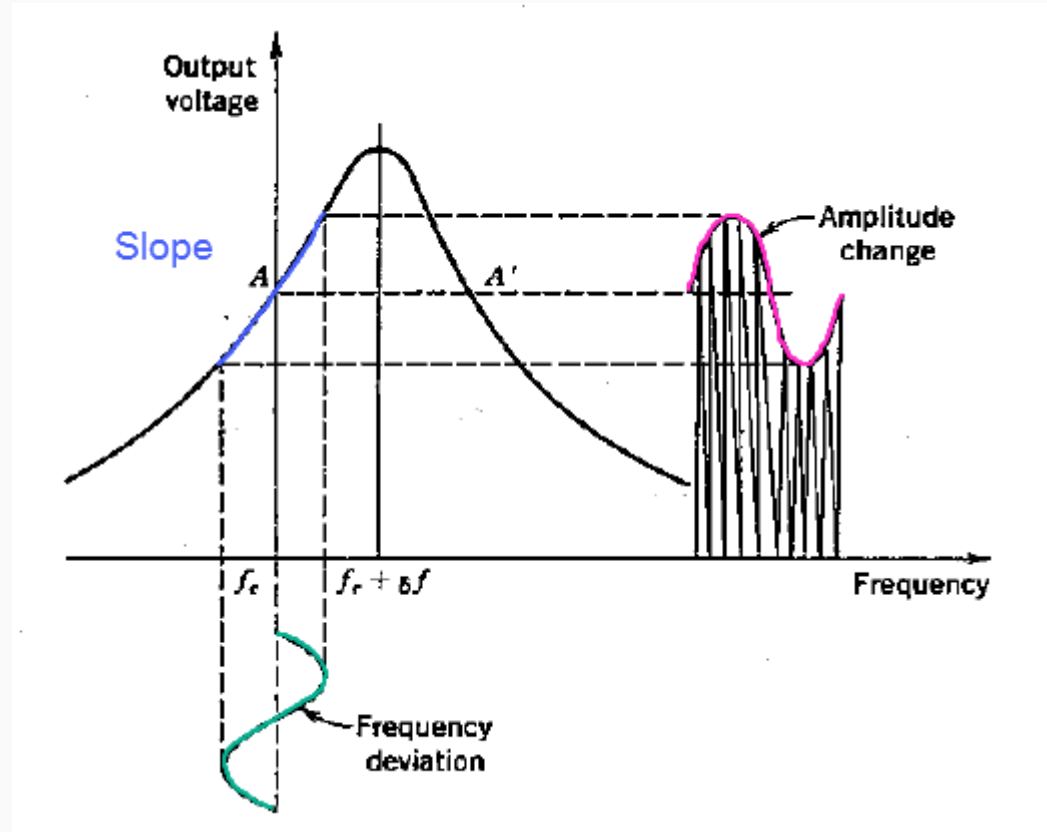
# Demo(dulátor)



Ide csináltam demót

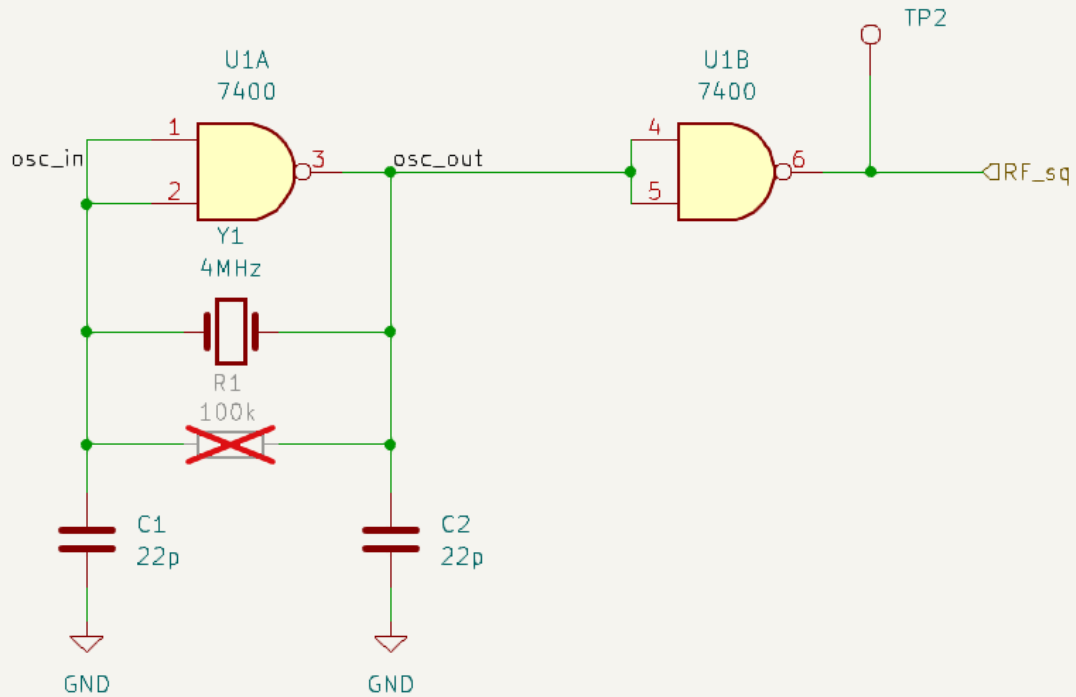
# Demodulátorok

- Félrehangolt rezgőkör
- FM  $\rightarrow$  AM átalakítás
- Frekvencia változásból amplitúdó változás lesz

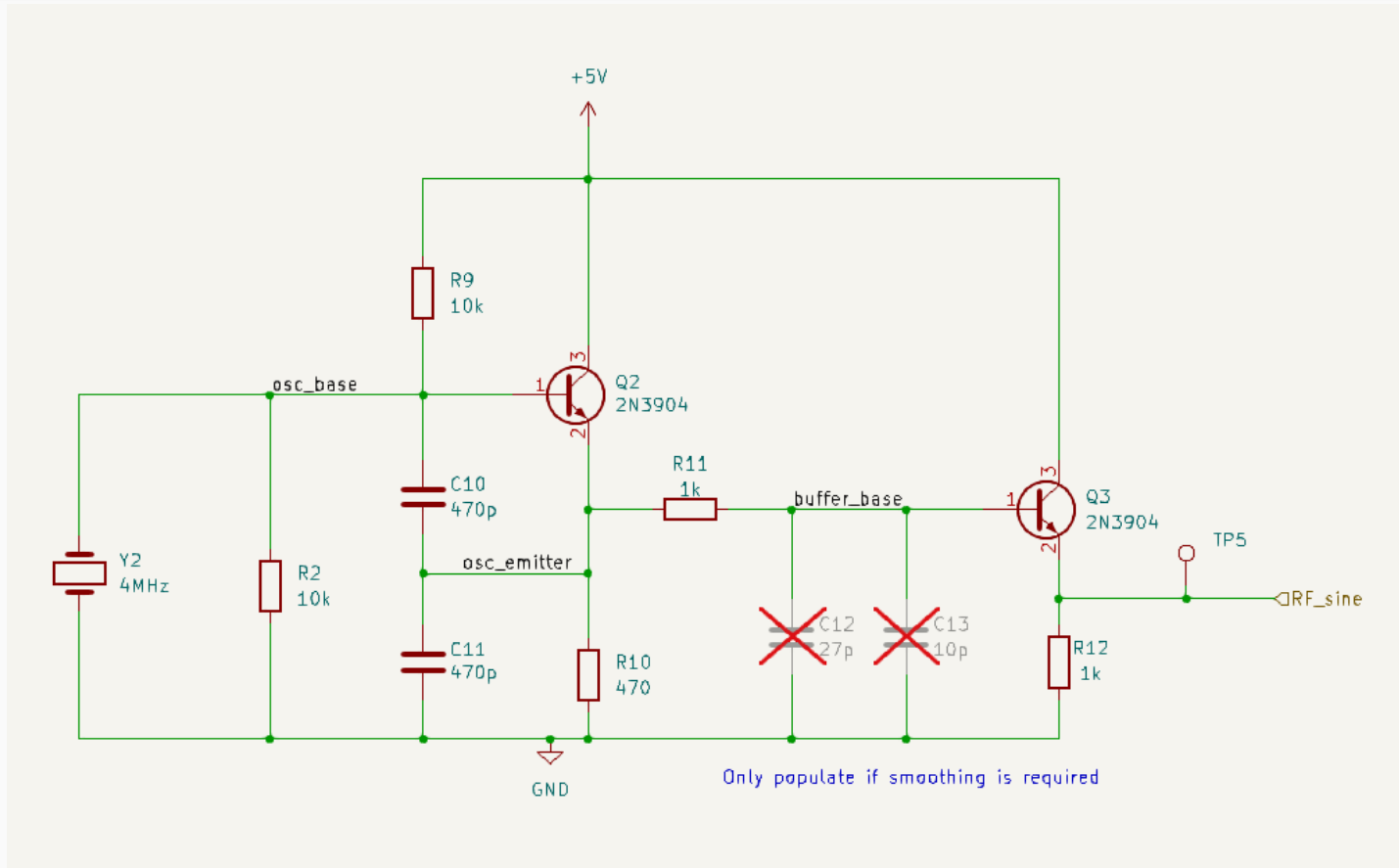


Kérdések?

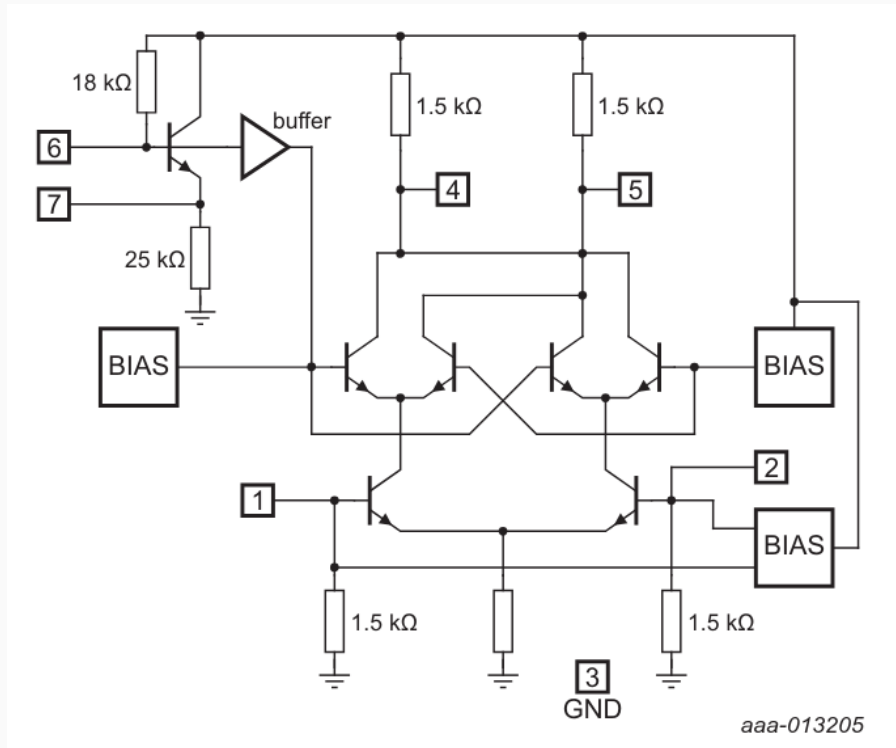
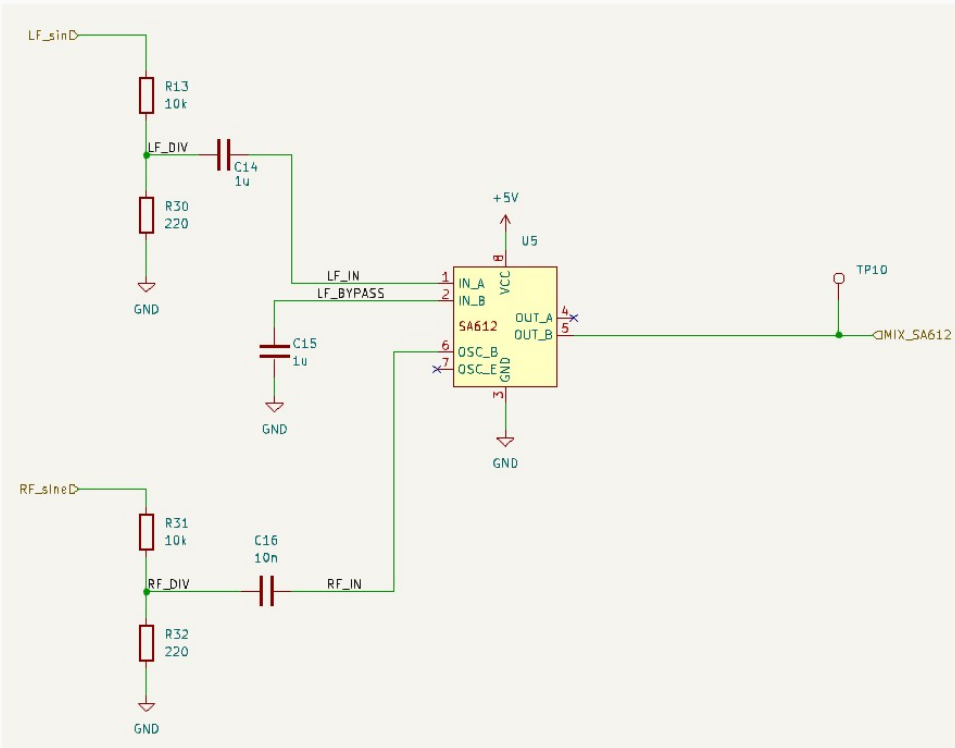
# 4 MHz négyszögoscillátor



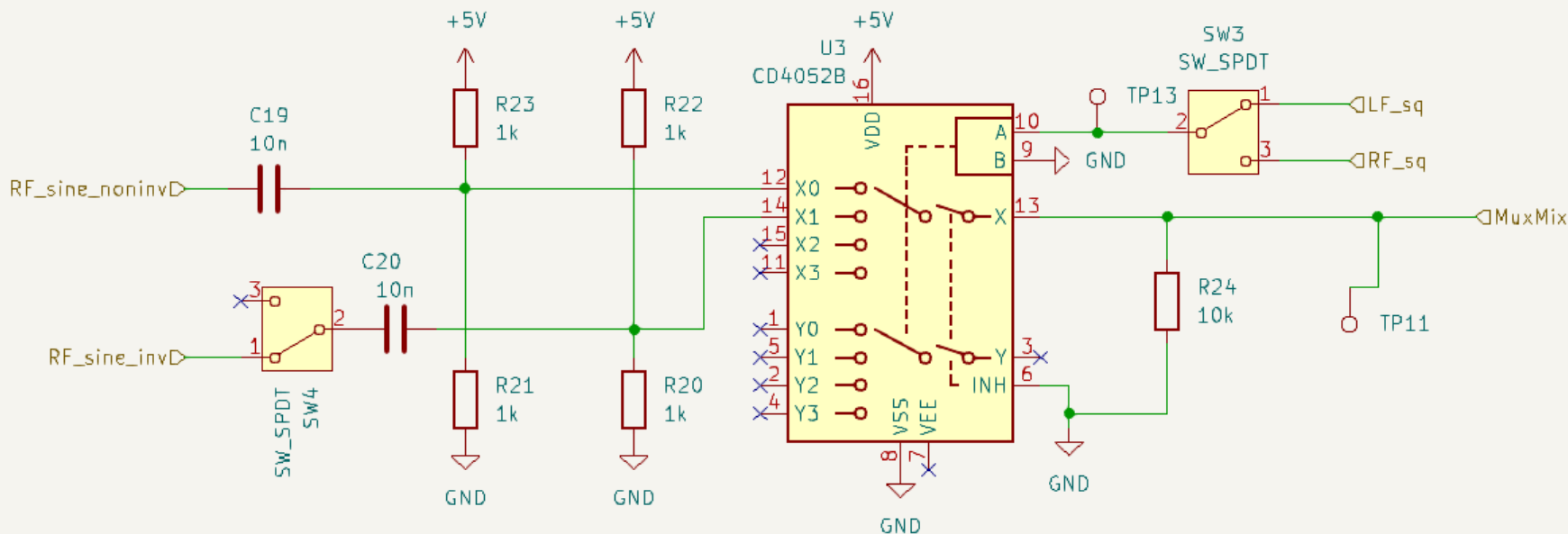
# 4 MHz "szinuszos" oszcillátor



# Színusz-színusz keverés - SA612 Gilbert cella



# Négyszög-szinusz keverés - CD4052 kapcsoló



# Négyszög-négyszög keverés - logikai kapuk

