

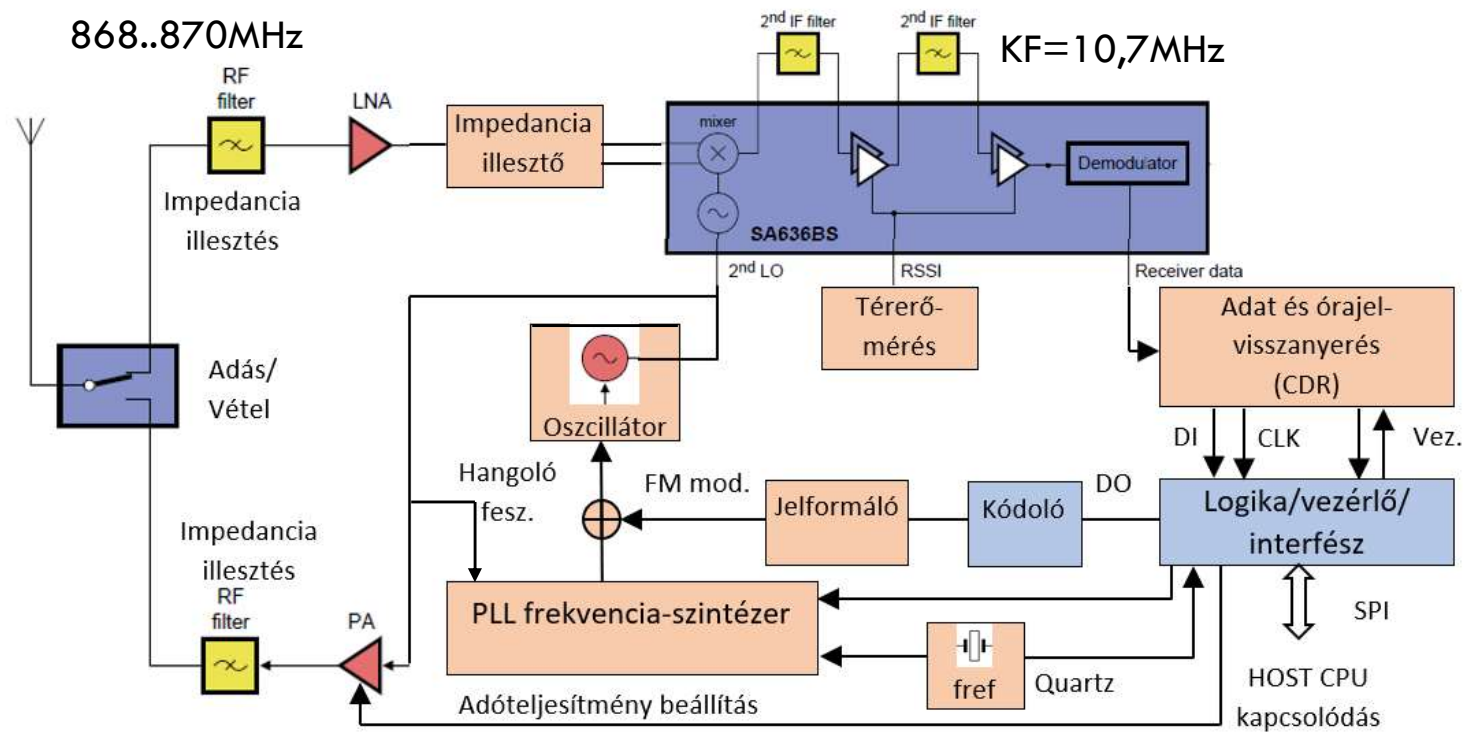
ISM RÁDIÓ ADÓ-VEVŐ

Tervezése és egységeinek szimulációja

Készítette: Hermann József, konzulens: Krébesz Tamás

Tárgy: 2022 Tavasz, Önálló Laboratórium 2.(MIT)

ADÓ-VEVŐ BLOKKVÁZLATA



Szuperheterodin elv (keverés, középfrekvencia), tükörfrekvenciás elnyomás RF SAW szűrővel

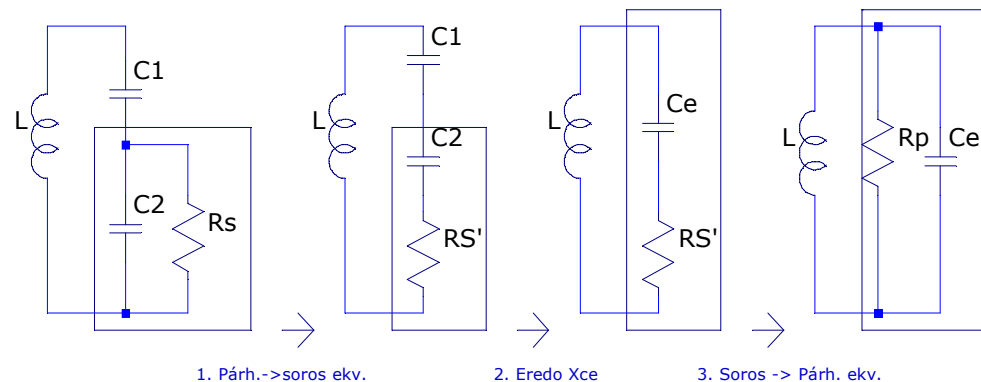
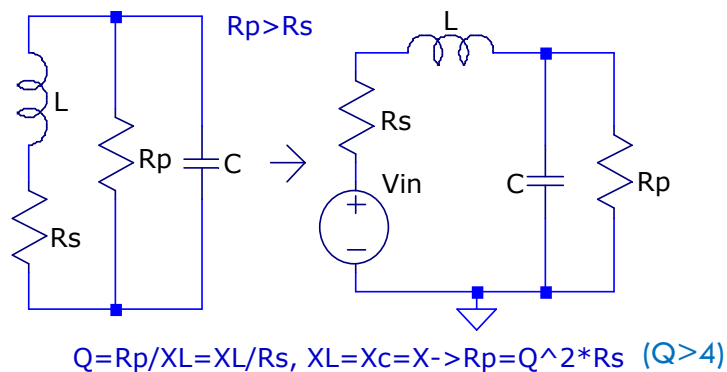
FREKVENCIA SZELEKTÍV ÁRAMKÖRÖK

Alkalmazásai: szűrőkörök, impedanciatranszformálás, TANK-kör

Alapvető szerepük van az RF technikában

Elv: Q jósági tényező és soros-párhuzamos impedancia átalakítások

$$BW = f_0/Q \quad \omega_0 = 1/\sqrt{LC}$$



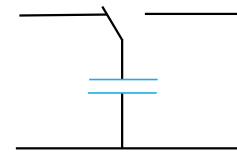
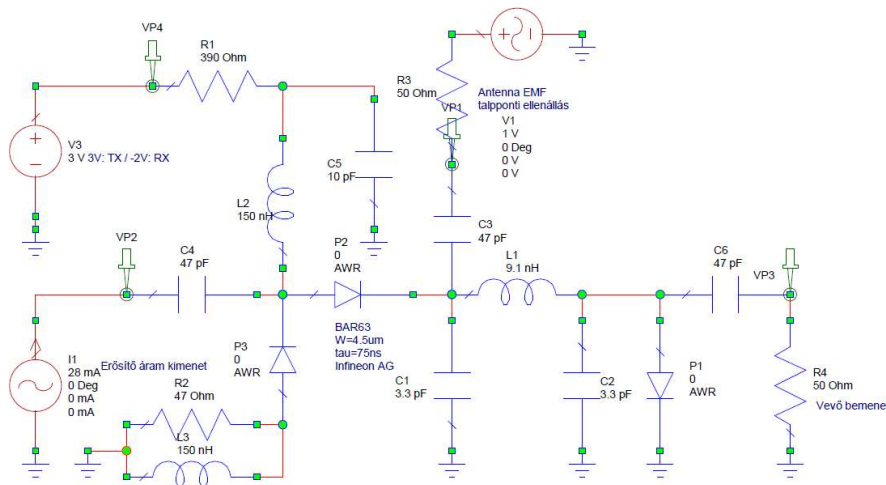
$$R_p = \frac{R_s^2 + X_s^2}{R_s} = \frac{R_s^2 + X_L^2}{R_s} \rightarrow \sqrt{R_p R_s - R_s^2} = X_L = X_C = X$$

$$L = \frac{X}{\omega} = \frac{\sqrt{R_p R_s - R_s^2}}{\omega}, \quad C = \frac{1}{\omega^2 L}, \quad Q = \frac{R_p}{X}$$

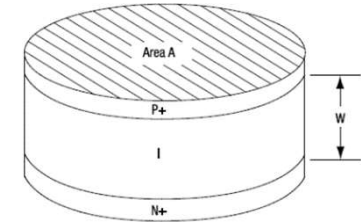
$$R_p > R_s$$

$$R_p = \left(\frac{C_1 + C_2}{C_1} \right)^2 R_s$$

PIN DIÓDÁS RX/TX KAPCSOLÓ



PIN dióda

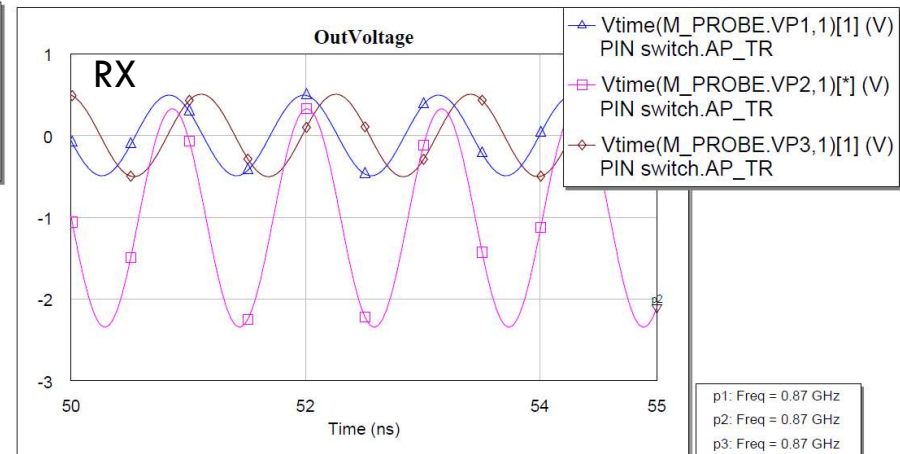
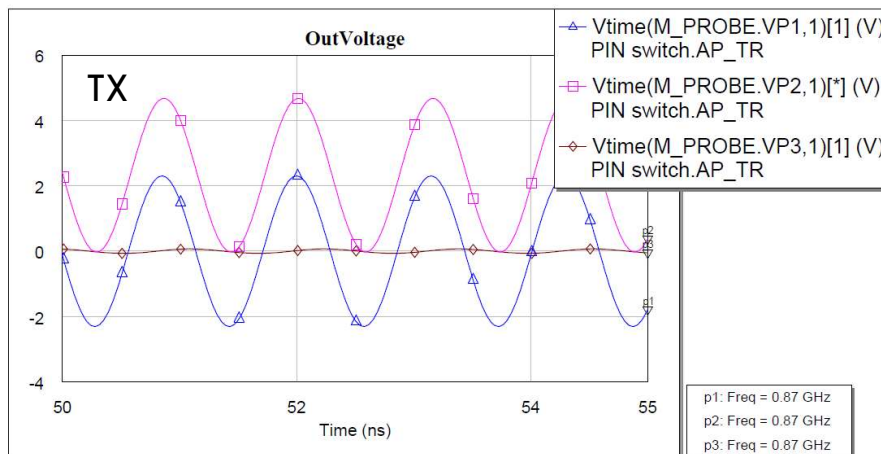


Töltés viszonyok:

$$R_s = \frac{W^2}{(\mu_e + \mu_h)I_f \cdot \tau} \quad I_f \cdot \tau > \frac{I_{RF}}{2\pi f_{RF}}$$

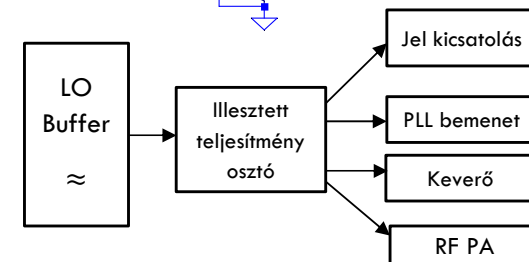
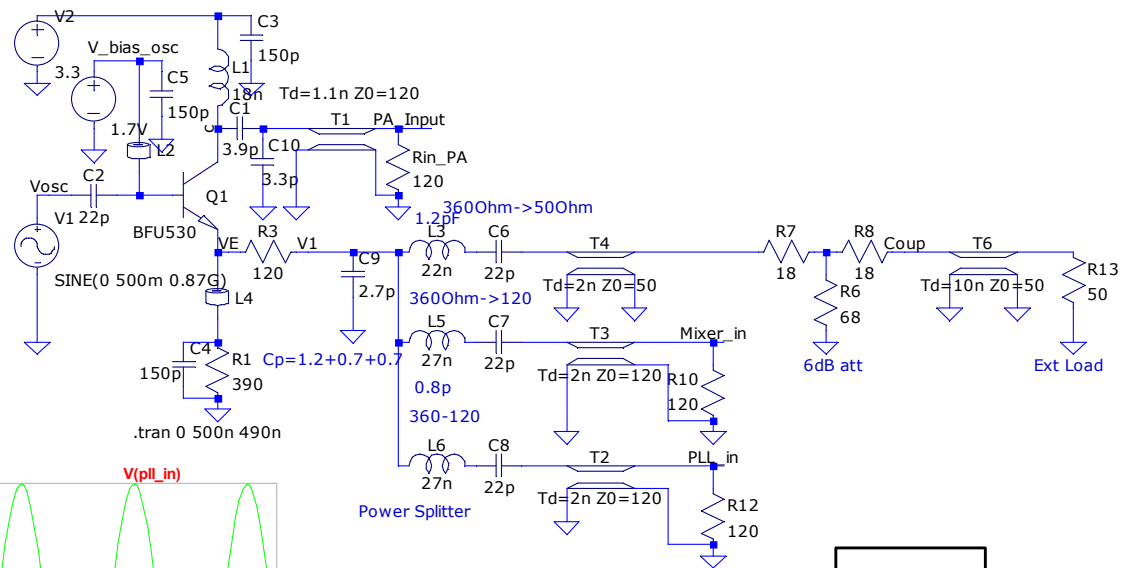
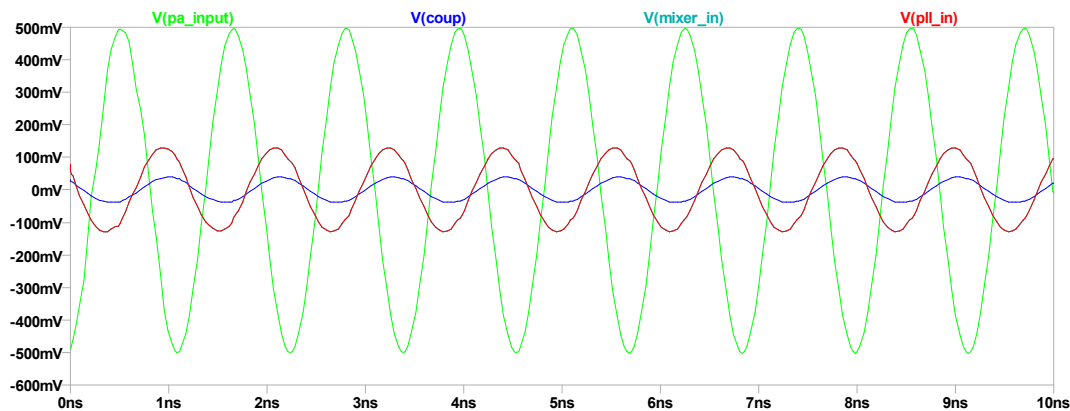
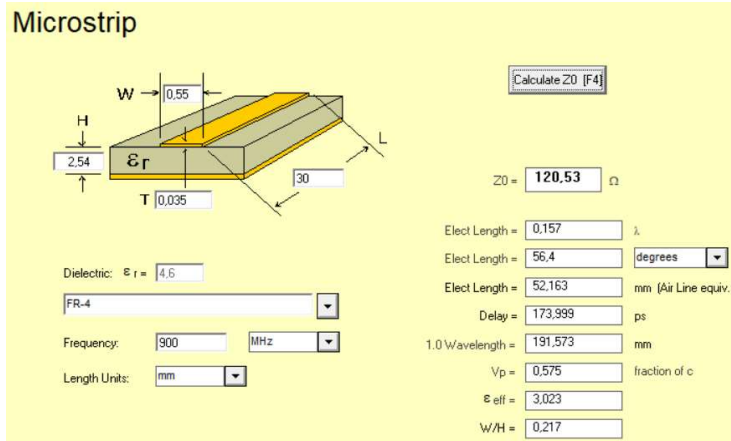
Hasonlóság:

$R_{eqv} = 1/(f \cdot C) = 1/(f \cdot \tau \cdot I_f)$, amely csak szorzó konstansban tér el a fent megadott dióda R_s összefüggéstől!



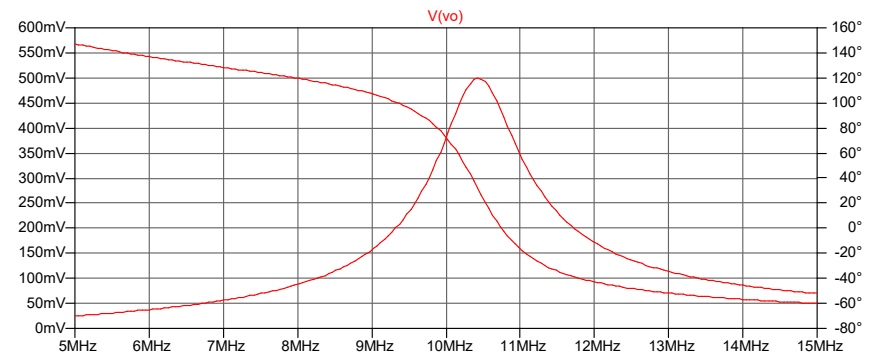
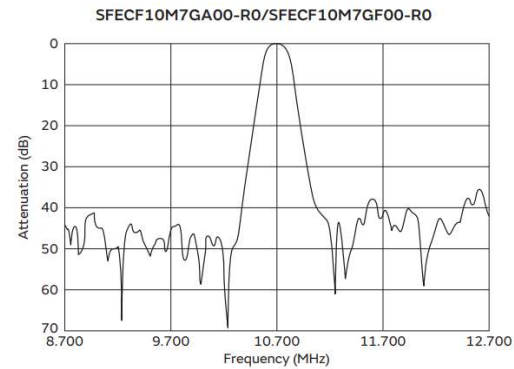
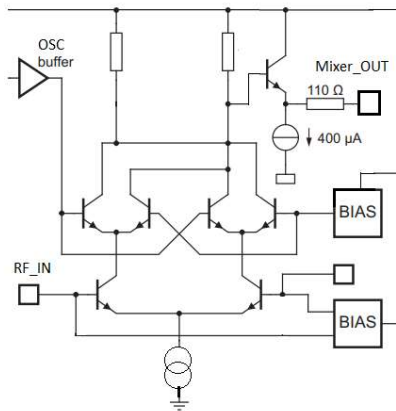
RF LO JEL SZÉTOOSZTÁS

Szempontok: megfelelő feszültség szintek az egységek bemenetén, reflexiómentesség (jel-integritás), mindezek a legkisebb fogyasztás mellett (~nagy hullámimpedancia)

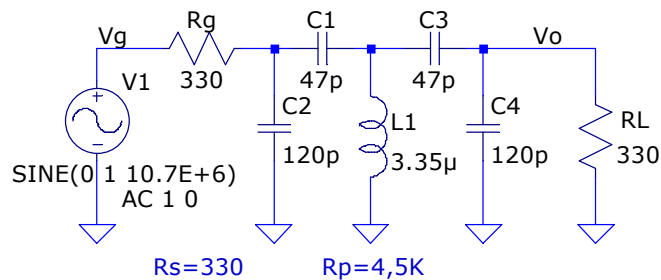


KEVERÉS/KF SZŰRŐ/RSSI

Kétszeresen kiegyenlített keverő az SA636-ban 10,7MHz kerámia szűrő és LC szűrő kombinációs

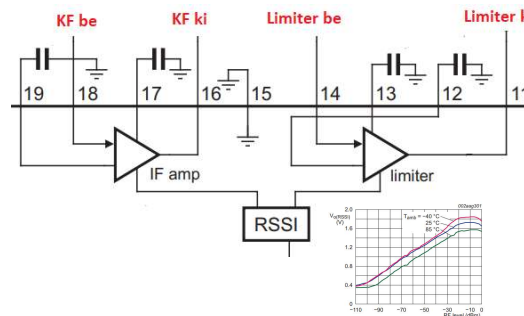


Max kivehető teljesítmény: $V_{g_peak}^2 / (4 \cdot R_g)$

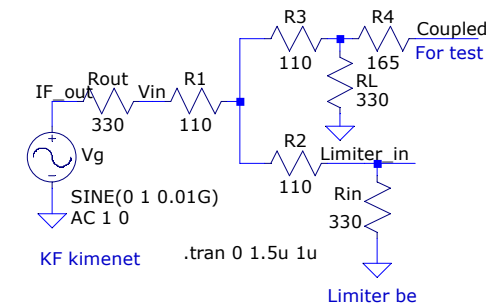


;tran 0 1u 500n .ac lin 200 5000k 0.015G

Kerámia szűrő előtti LC szűrő B=1MHz



Vevő IC kétfokozatú KF
(330Ω be/kim. Imp.)

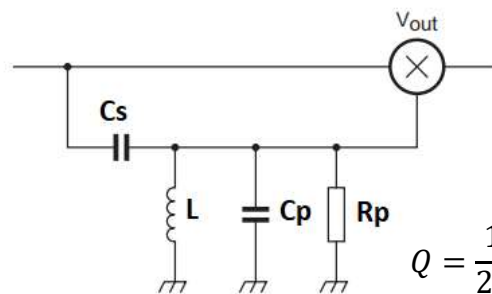
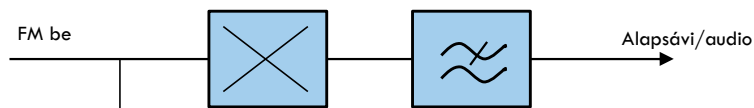


KF ki, limiter be közötti teljesítményosztó
(lineáris RSSI-hez 6dBV szükséges)

FM DEMODULÁTOR

Szorzó detektor az SA636-ban

Jel-zaj viszony javulás: $\frac{SNR_o}{SNR_i} = \frac{P_o/kTB_o}{P_i/kTB_i} \sim \frac{B_i}{B_o}$



$$\sin \varphi \approx \varphi, \left(\varphi < \frac{\pi}{4} \right)$$

$$\Delta \varphi = 2Q \Delta \omega / \omega_n$$

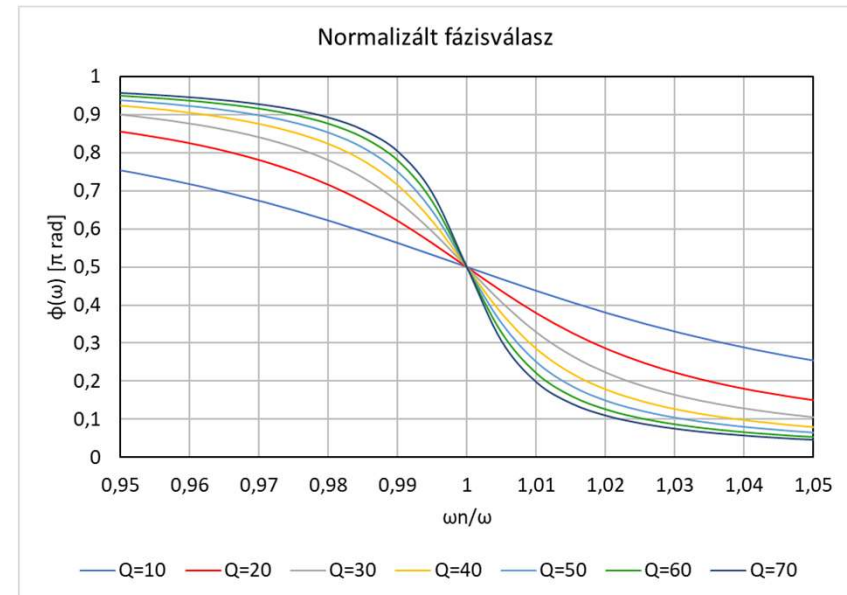
$$Q = \frac{1}{2\xi} = \frac{X}{R_s} = \frac{R_p}{X} = R_p(C_s + C_p)\omega_n$$

$$V_{det}(t) = V_{DET} 2Q \frac{\Delta \omega}{\omega_n} \rightarrow V_{det}(t) \sim V_{DET} f_{mod}(t)$$

IC *adatlap*i értékekkel:

$$212mV = V_{DET} 2Q \frac{125kHz}{10,7MHz} = V_{DET} \cdot 2 \cdot 20 \frac{125kHz}{10,7MHz}$$

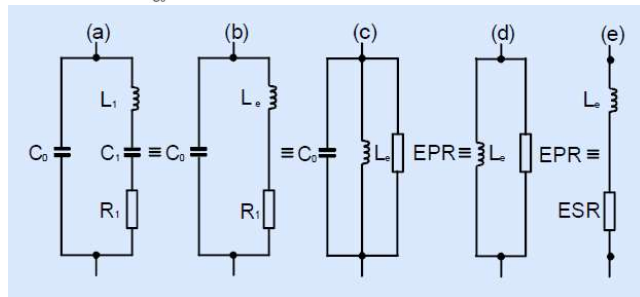
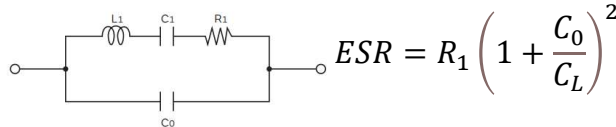
$V_{DET} = 0,45V$ arányossági tényező adódik



KVARC REFERENCIA OSZCILLÁTOR

Elvárások: hangolhatóság, N=88 PLL felszorzás után +/-50KHz legalább → +/-600Hz
tolerancia hiba kiszabályozás AFC-vel, FM/FSK moduláció

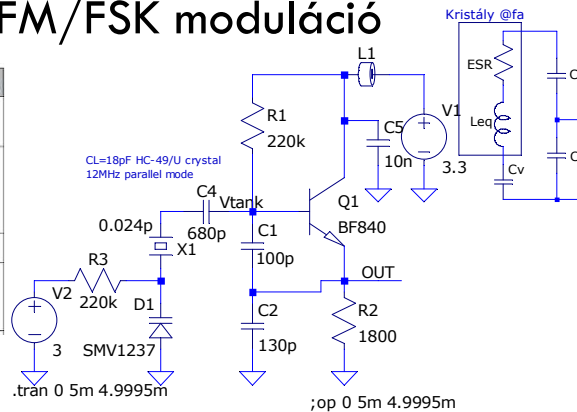
Vibration Mode	Cut		Frequency Range (kHz)	Frequency Formula (kHz)	Capacitance Ratio (Typical)
Thickness-shear 	Overtone Order	AT Fundamental	800 to 5000 2000 to 80000	1670/t 1670/t	300 to 450 220
		AT 3rd Overtone AT 5th Overtone AT 7th Overtone AT 9th Overtone	20000 to 90000 40000 to 130000 100000 to 200000 150000 to 230000	1670 × n/t	n² × 250 n : Overtone Order
BT Fundamental		2000 to 35000	2560/t	650	
Length-width-flexure (Tuning fork) 	+2°X		16 to 100	700 × w/l²	450



$$L_1 = \frac{1}{\omega_a^2 \left(\frac{C_1(C_0 + C_L)}{C_1 + C_0 + C_L} \right)}$$

$$L_e = \frac{1}{\omega_a^2 C_L}$$

Párhuzamos rezonancián
a kristály induktív



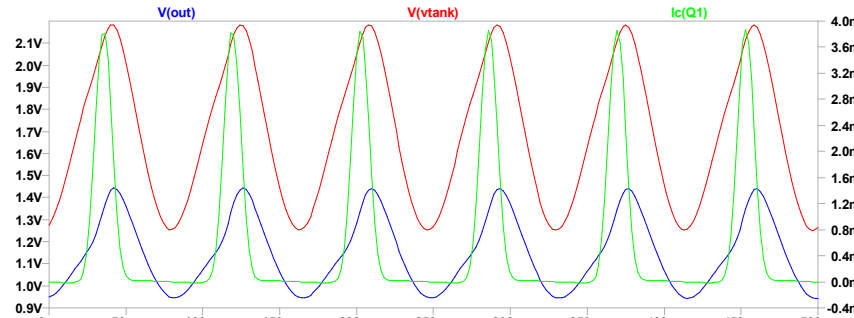
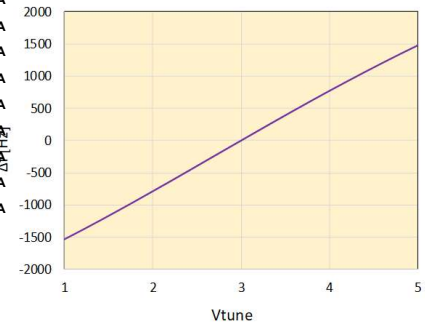
$$V_{TANK} = 2I_{BIAS}R_P \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

$$R_P = \frac{ESR^2 + X_{LS}^2}{ESR} \approx \frac{X_{LS}^2}{ESR}$$

$$ESR\omega_a^2 C_1 C_2 \leq g_m$$



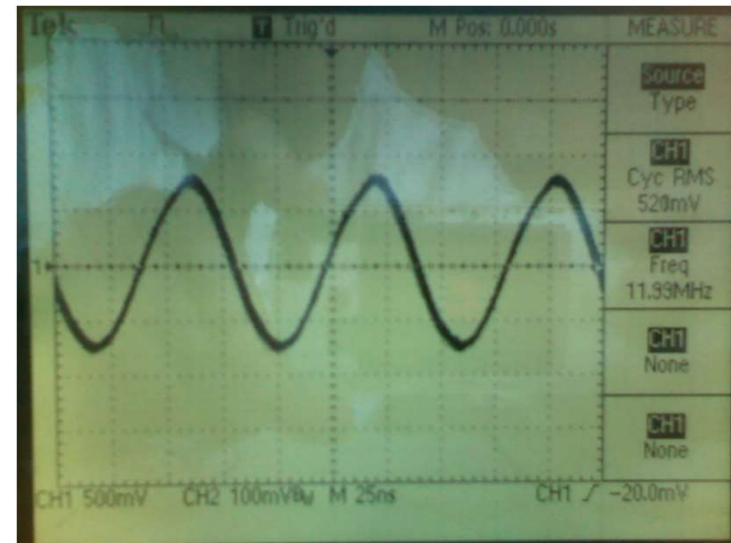
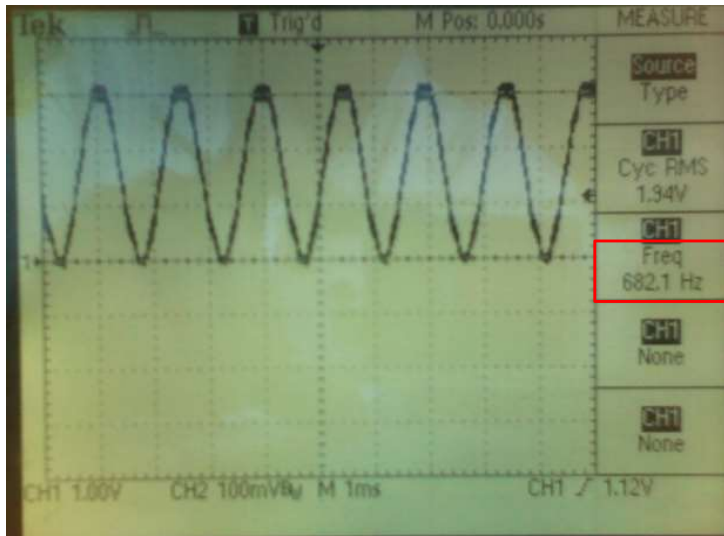
Frekvencia eltérés



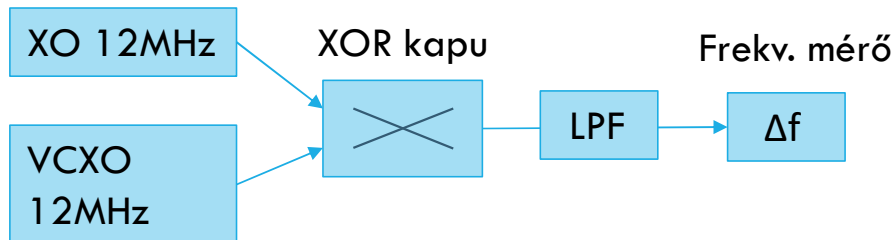
KVARC REFERENCIA - TESZTEK

12MHz-es kvarc $CL=30\text{pF}$ (18pF-et nem lehetett kapni) HC-49/U $ESR \sim 15\Omega$ példány (max 30)

$\leftarrow \Delta f = 160\text{Hz} @ V_{\text{tune}} \sim 3\text{V}, \Delta f = 682\text{Hz} @ V_t \sim 1\text{V}$



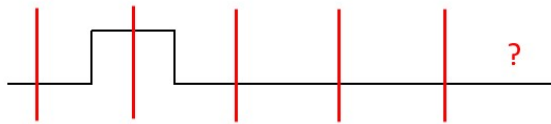
Hangolási tartomány vizsgálata:



$\uparrow$ VCXO $V_{\text{tank}} ESR = 15\Omega @ 0,3\text{mA } I_c, C1 = 56\text{pF}, C = 68\text{pF}$
2xBB609A varicap (TANK $R_p = 1964\Omega$, számolt $V_p = 0,53\text{V}$)

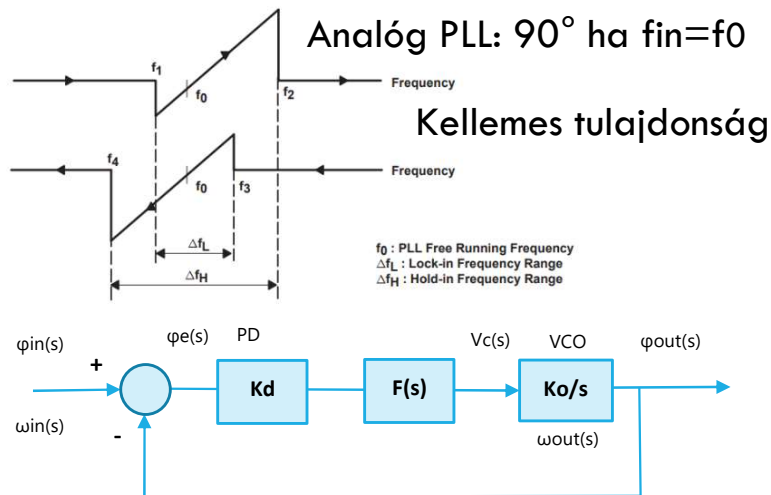
ÓRAJEL REKONSTRUKCIÓ

Demodulált jelfolyam bit szinkronizáció problémája. Lehetőségek: vívő burst, kis szintű pilotjel v. a spektrumban esteleg benne van az órajel információ. Burst (preablme) alk.:



1010101010	SYNC szó (8 bit)	DATA0 (8)	DATA1 (8)	DATA2 (8)	DATA3 (8)
------------	------------------	-----------	-----------	-----------	-----------

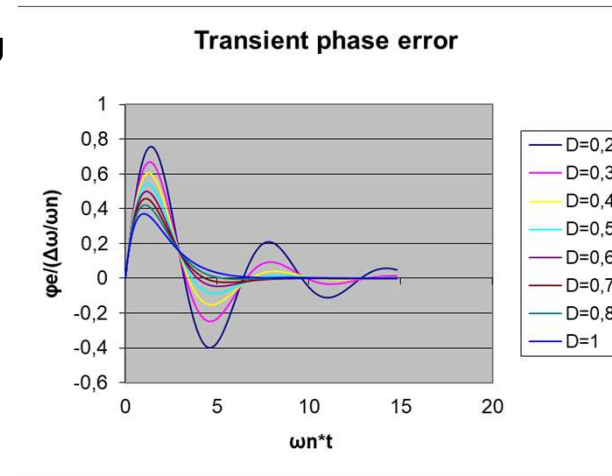
Sávszűrő analóg PLL-el, memória-képesség!



Fázisugrás maradó fázishiba 0

$$\frac{\varphi_e(s)}{\varphi_{in}(s)} = E(s) = \frac{s}{s + K_v F(s)} \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \varphi_e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{\Delta \varphi_{in}(s)}{s} E(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s \Delta \varphi_{in}(s)}{s + K_v F(0)} = 0$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \varphi_e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{\Delta \omega}{s^2} E(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{s + K_v F(0)} = \frac{\Delta \omega}{K_v} \quad \text{Frekvencia-kiszabályozás maradó fázishiba}$$



Beállási idő adott ε hibán belül:

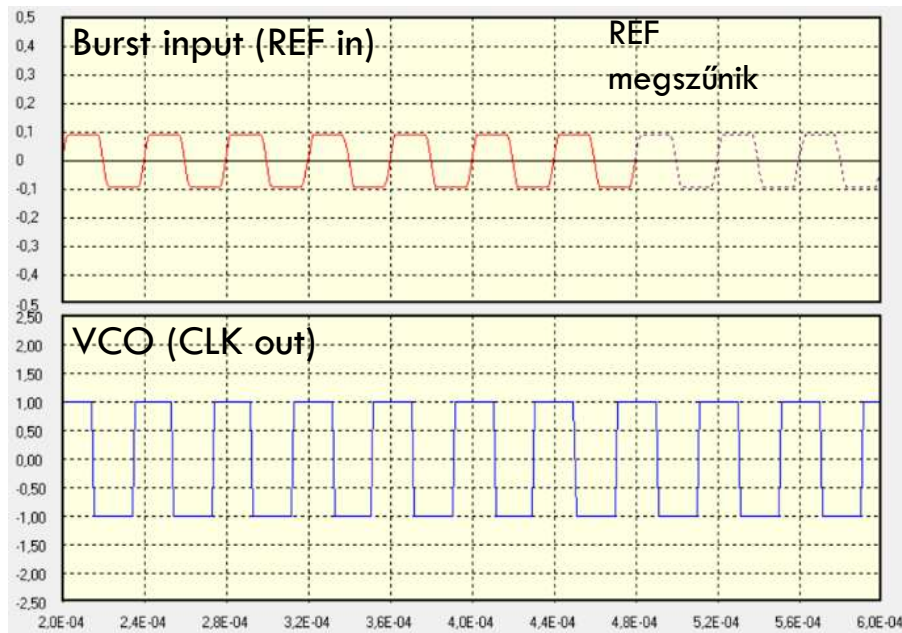
$$e^{-\xi \omega_n t} = \varepsilon \rightarrow t_s = \frac{\ln(\varepsilon)}{\xi \omega_n}$$

Nagy K_v hurokerősítés:

- kisebb maradó fáziseltérés
 $\sim 90^\circ$ -nak tekinthető a VCO f_0 drift tartományban (hőm./táp)
- Gyorsabb megfogás mivel $\omega_n \sim K_v$

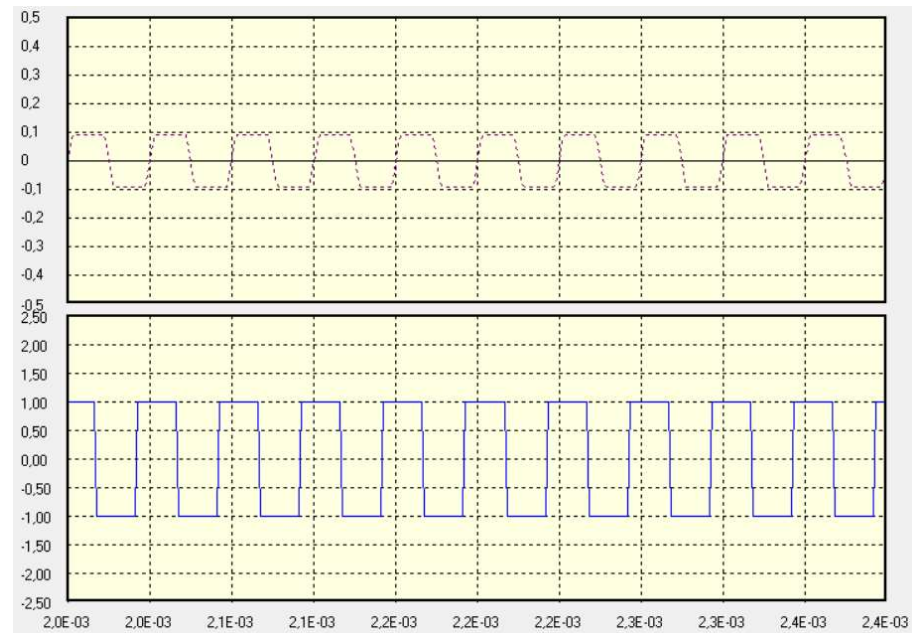
ÓRAJEL REKONSTRUKCIÓ (2)

VCO $f_0=24,937\text{KHz}$ jelfrekvencia, $f_H=1\,270\text{Hz}$, $f_n=f_L=1\,134\text{Hz}$, $\xi=0,7$, burst: 12 jel-periódus $f_{in}=25,000\text{KHz}$, vagyis a frekvenciahiba: $62,5\text{Hz}$ ($0,25\%$).



10%-os hiba alá az elmélet szerint is: $\frac{\varphi_e}{\Delta\omega} = 0,1 \rightarrow$

$$t_s = \frac{\ln(0,1)}{0,99 \cdot 2\pi \cdot 1134} = 330\mu s$$



Referencia jel megszűnése után 2,5ms-ig szolgáltatja a közel 90° -os referencia órajelet.



**KÖSZÖNÖM SZÉPEN A FIGYELMET!
VÁROM A KÉRDÉSEKET!**