

Oscillátor tervezés kétkapú leírófüggvényekkel

(Oscillator design using two-port describing functions)

Infokom 2016

Mészáros Gergely, Ladvánszky János, Berceli Tibor | October 13, 2016

Szélessávú Hírközlés És Villamosságtan Tanszék



OMT-LAB

Optical and Microwave Telecommunication
Laboratory



ERICSSON

- Bevezetés
- Kétkapu leírófüggvények
 - Egyszerűsített tranzisztor modell
 - Dióda leírófüggvényei
 - Áramforrás leírófüggvényei
- Kisfrekvenciás Colpitts oszcillátor szimulációja
 - Karakterisztika mérések
 - Szimuláció leírófüggvényekkel
- Mérési eredmények – összehasonlítás
- Összefoglalás, további lehetőségek

- A leírófüggvény-módszer első igényes tárgyalása 1968-ban A. Gelb és W. E. Vander Velde „Multiple-Input Describing Functions and Nonlinear System Design” című könyve, melyben közelítő leírását adják egy nemlineáris operátornak szinuszos gerjesztésű, szinuszos válaszú közelítéssel, majd ezt általánosítják több bemenetű esetre.
- 1972-ben A. I. Mees kiterjesztette a leírófüggvényeket több harmonikus esetére a „The Describing Function Matrix” című cikkben.
- Ebben a cikkben egy kisfrekvenciás Colpitts oszcillátorral egy lehetséges alkalmazását mutatjuk be a kétkapu leíró függvényeknek egy harmonikus (alapharmonikus) esetén. Az elkészült oszcillátor paramétereit összehasonlítjuk Gummel – Poon modellen alapuló szimulációval és egy egyszerűsített tranzisztor modellre felírt leírófüggvényes szimulációval.

Az általunk használt kétkapu leírófüggvények:

$$\xi_1 = DF_1(|\eta_1|, |\eta_2|, \varphi)\eta_1 - \text{A kétkapu bemenetét jellemzi}$$

$$\xi_2 = DF_2(|\eta_1|, |\eta_2|, \varphi)\eta_1 - \text{A kétkapu átvitelét jellemzi}$$

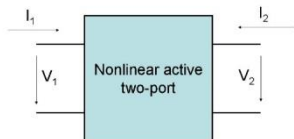
ξ_i és η_i tetszőleges megengedett jelpárok az i . kapunál, $i=1,2$, φ a fáziskülönbség η_1 és η_2 között.

Kisfrekvenciás esetben admittancia leírófüggvényeket alkalmazunk, amely esetén a megengedett jelpárok áramok és feszültségek.

$$I_1 = Y_I(|V_1|, |V_2|, \varphi_V)V_1$$

$$I_2 = Y_T(|V_1|, |V_2|, \varphi_V)V_1$$

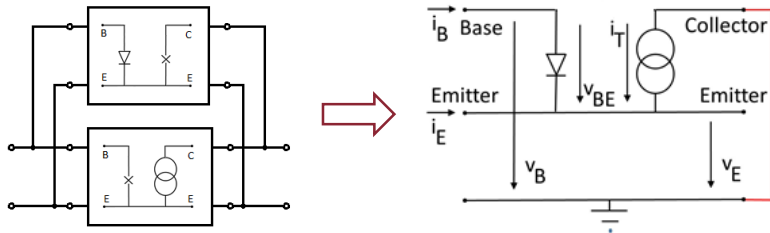
I_1 , V_1 , I_2 és V_2 az első harmonikusok komplex amplitúdói,
 φ_V a fáziskülönbség V_1 és V_2 között



Kétkapu admittancia leírófüggvények egyszerű tranzisztor modellhez

Egyszerűsített tranzisztor modell közös kollektoros alkapcsolással:

- Bázis – emitter dióda
- Nemlineáris feszültségvezérelt áramforrás



Tranzisztor modell admittancia leírófüggvénye:

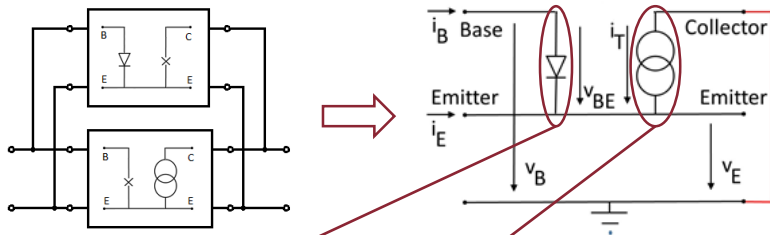
$$Y_I(|V_b|, |V_e|, \varphi) = Y_{I1}(|V_b|, |V_e|, \varphi) + Y_{I2}(|V_b|, |V_e|, \varphi)$$

$$Y_T(|V_b|, |V_e|, \varphi) = Y_{T1}(|V_b|, |V_e|, \varphi) + Y_{T2}(|V_b|, |V_e|, \varphi)$$

Kétkapú admittancia leírófüggvények egyszerű tranzisztor modellhez

Egyszerűsített tranzisztor modell közös kollektoros alkapcsolással:

- Bázis – emitter dióda
- Nemlineáris feszültségvezérelt áramforrás



Tranzisztor modell admittancia leírófüggvénye:

$$Y_I(|V_b|, |V_e|, \varphi) = Y_{I1}(|V_b|, |V_e|, \varphi) + Y_{I2}(|V_b|, |V_e|, \varphi)$$
$$Y_T(|V_b|, |V_e|, \varphi) = Y_{T1}(|V_b|, |V_e|, \varphi) + Y_{T2}(|V_b|, |V_e|, \varphi)$$

Kétkapu admittancia leírófüggvények egyszerű tranzisztor modellhez

Bázis – emitter dióda admittancia leírófüggvényei:

$$Y_{I1}(|V_b|, |V_e|, \varphi) = \frac{I_{b1}}{V_b}$$

$$Y_{T1}(|V_b|, |V_e|, \varphi) = \frac{I_{e1}}{V_b}$$

$$I_{b1} = \frac{I_E}{B} \mathcal{J}_1\left(\frac{V_{be}}{nV_{TBE}}\right)$$

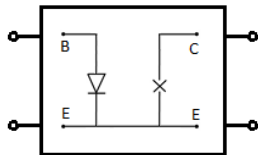
$$I_{e1} = -\frac{I_E}{B} \mathcal{J}_1\left(\frac{V_{be}}{nV_{TBE}}\right)$$

I_E munkaponti emitter áram

B egyenáramú áramerősítési tényező

V_{TBE} bázis emitter dióda termikus feszültsége

\mathcal{J}_1 elsőrendű, elsőfajú módosított Bessel – függvény



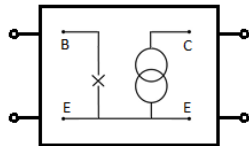
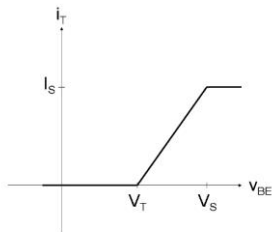
Kétkapu admittancia leírófüggvények egyszerű tranzisztor modellhez

Nemlineáris feszültségvezérelt áramforrás:

$$i_T = \begin{cases} 0 & \text{ha } v_{BE} < V_T \\ I_S \frac{v_{BE} - V_T}{V_S - V_T} & \text{ha } V_T \leq v_{BE} < V_S \\ I_S & \text{ha } V_S \leq v_{BE} \end{cases}$$

$$v_{BE} = V_{be} \cos(\omega_0 t)$$

$$Y_{12}(|V_b|, |V_e|, \varphi) = 0$$



$$Y_{T2}(|V_b|, |V_e|, \varphi) = \begin{cases} 0 & \text{ha } V_{be} < V_T \\ -\frac{1}{2\pi V_b} \frac{I_S}{V_S - V_T} \left[V_{be} \cos^{-1} \left(\frac{V_T}{V_{be}} \right) - V_T \sqrt{1 - \left(\frac{V_T}{V_{be}} \right)^2} \right] & \text{ha } V_T \leq V_{be} < V_S \\ -\frac{1}{2\pi V_b} \left(\frac{I_S}{V_S - V_T} \left(V_{be} \left(\cos^{-1} \left(\frac{V_T}{V_{be}} \right) - \cos^{-1} \left(\frac{V_S}{V_{be}} \right) \right) - \right. \right. & \\ \left. \left. - V_T \sqrt{1 - \left(\frac{V_T}{V_{be}} \right)^2} - (V_S - 2V_T) \sqrt{1 - \left(\frac{V_S}{V_{be}} \right)^2} \right) + 2I_S \cos^{-1} \left(\frac{V_S}{V_{be}} \right) \right) & \text{ha } V_S < V_{be} \end{cases}$$

A modellezéshez szükséges tranzisztor karakterisztikák mérése:

■ $V_{be} - I_c$

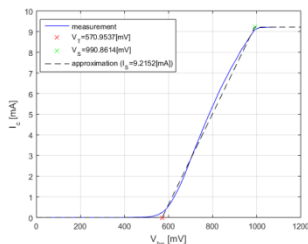
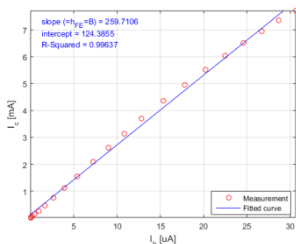
- $V_T = 570 \text{ mV}$
- $V_S = 990 \text{ mV}$
- $I_S = 9.2 \text{ mA}$

■ $I_b - I_c$

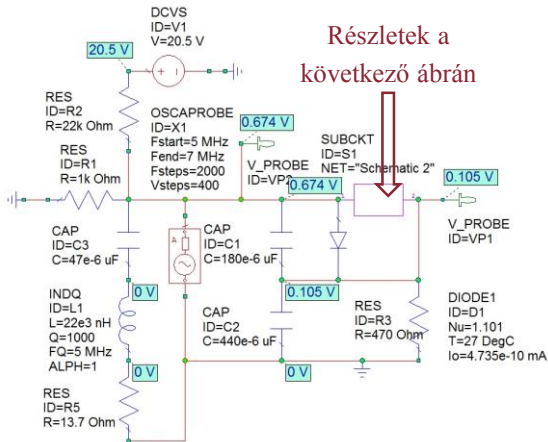
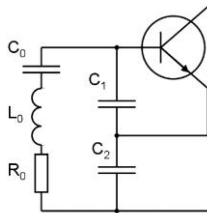
- $B = 260$

■ Bázis – emitter dióda

- $I_{S0} = 0.474 \text{ pA}$
- $n = 1.1$

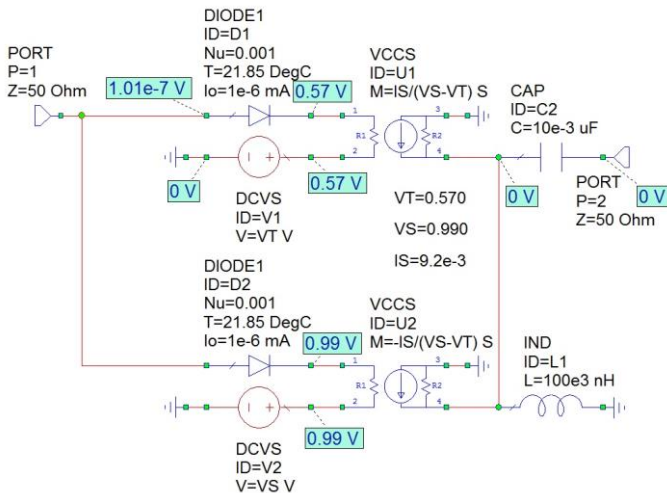


Oszcillátor szimuláció leírófüggvényekkel, AWR Microwave Office programmal:

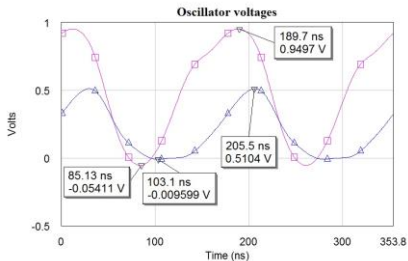


Részletek a
követező ábrán

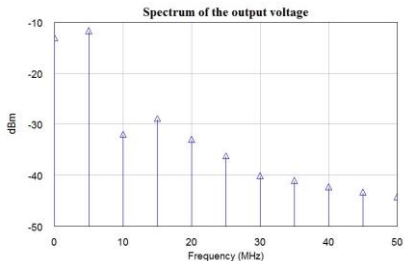
A nemlineáris feszültégvezérelt áramgenerátor kapcsolási rajza:



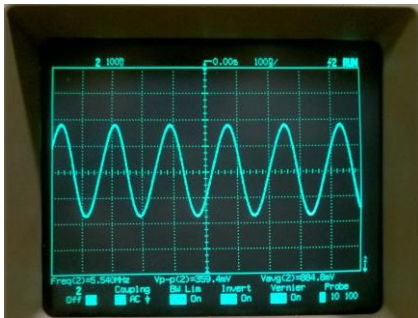
Oscillátor szimuláció leírófüggvényekkel, AWR Microwave Office programmal:



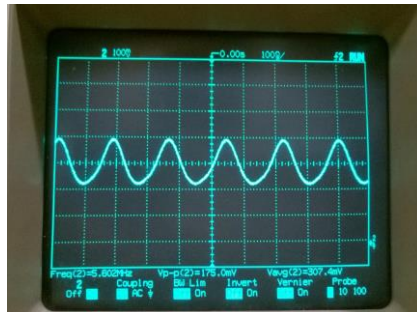
Az oszcillátor bázis (lila) és emitter (kék) feszültségei a leírófüggvényekkel



Az oszcillátor kimeneti feszültségének spektruma a leírófüggvényekkel

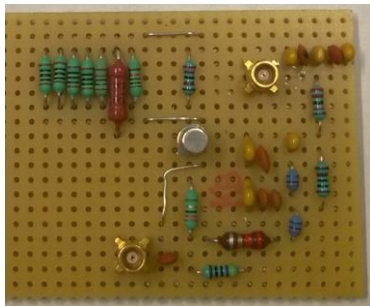


Bázis feszültség



Emitter feszültség

	Szimuláció leírófüggvényekkel	Szimuláció Gummel – Poon modellel	Mérés
$V_b (V_{p-p})$	0.896	0.401	0.3594
$V_e (V_{p-p})$	0.500	0.175	0.175



- A leírófüggvényekkel történő áramkör tervezés mélyebb rálátást biztosít az áramkör működésébe. Ezt egy kisfrekvenciás Colpitts oszcillátorral mutattuk be.
- A mérési és szimulációs eredményekből látható, hogy a leírófüggvényekkel történő szimuláció eltér a méréstől és a Gummel – Poon modellen alapuló szimulációtól. Ennek az eltérésnek az oka az egyenáramú összetevők figyelmen kívül hagyása a leírófüggvényekből. A következő cikkünkben az így kiegészített, úgynevezett kétkapu leírófüggvény mátrixot szeretnénk bemutatni.
- További célunk a reflexiós kétkapu leírófüggvény mátrix segítségével mikrohullámú oszcillátor tervezése

Köszönöm a figyelmet!

Infokom 2016

Mészáros Gergely, Ladvánszky János, Berceli Tibor | October 13, 2016

Szélessávú Hírközlés És Villamosságtan Tanszék



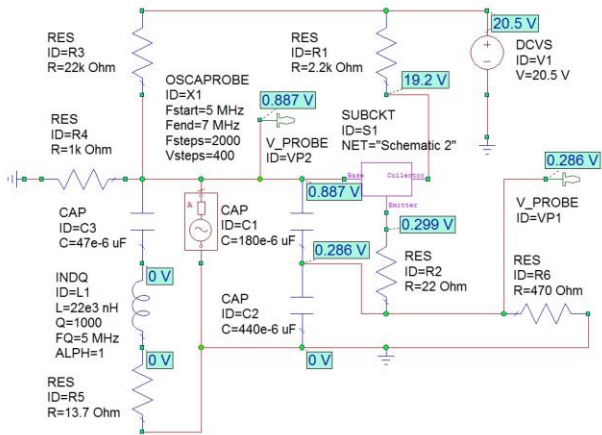
OMT-LAB

Optical and Microwave Telecommunication
Laboratory

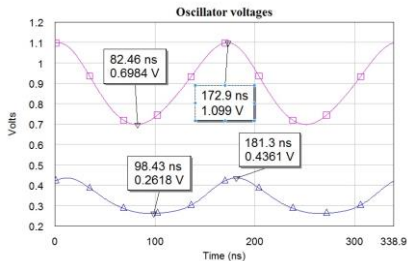


ERICSSON

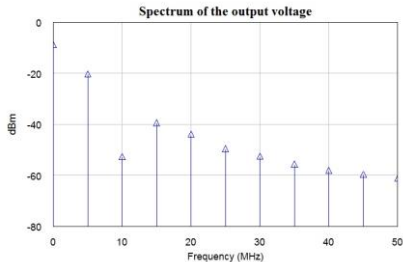
Oscillátor szimuláció Gummel-Poon modellel:



Oscillátor szimuláció Gummel-Poon modellel:



Az oszcillátor bázis (lila) és emitter (kék) feszültségei



Az oszcillátor kimeneti feszültségének spektruma