

# Колоквијум из Микроталасних пасивних кола

21.11.2007.

1. На учестаности  $f_0 = 3 \text{ GHz}$  потребно је начинити индуктивност  $L = 2 \text{ nH}$  помоћу кратко спојеног огранка вода дужине  $\lambda_g / 20$ . Начинити модел овог огранка (у програмима MWO или WIPL-D Microwave) користећи (а) идеални кратко спојени вод, (б) микротракасти вод завршен идеалним кратким спојем (подлога FR-4:  $\epsilon_r = 4,6$ ,  $\text{tg } \delta = 0,02$ ,  $\sigma = 15 \text{ MS/m}$ ,  $h = 0,508 \text{ mm}$ ,  $T = 18 \mu\text{m}$ ). (в) Колика је (паразитна) резистанса микротракастог огранка на учестаности  $f_0$ ? (г) У Смитовом дијаграму приказати фреквенцијску зависност параметара 1. идеалног огранка из тачке (а), 2. микротракастог огранка из тачке (б) и 3. идеалног калема индуктивности  $L$ , у опсегу учестаности  $1 - 10 \text{ GHz}$ . (д) Да ли је технолошки могуће помоћу микротракастог вода на датој подлози и на учестаности  $f_0$  остварити индуктивност од  $10 \text{ nH}$ ? Образложити. (10 поена)

2. (а) Користећи се TXline-ом одредити карактеристичну импедансу парног ( $Z_e$ ) и непарног ( $Z_o$ ) мода и матричну карактеристичну импедансу [ $Z_c$ ], за два спрегнута симетрична тракаста вода (Coupled Stripline) параметара  $\epsilon_r = 4,6$ ,  $\text{tg } \delta = 0,02$ ,  $\sigma = 15 \text{ MS/m}$ ,  $B = 1 \text{ mm}$ ,  $w = 0,4 \text{ mm}$ ,  $S = 0,2 \text{ mm}$ ,  $T = 18 \mu\text{m}$ , на учестаности  $f_0 = 1 \text{ GHz}$ . (б) Израчунати дужину овог вишепроводничког вода и номиналну импедансу ( $Z'_0$ ) тако да овај вод представља идеалан усмерени спрежњак.

(в) У програму MWO направити модел овог спрежњака за номиналну импедансу  $Z_0 = 50 \Omega$  користећи супстрат SSUB и модел вода SCLIN. Подешавањем (tuning) и оптимизацијом дужине вода подесити  $\arg(s_{31}) = -90^\circ$ . (г) Нацртати дијаграме  $s_{11}$ ,  $s_{21}$ ,  $s_{31}$  и  $s_{41}$  у опсегу  $0 - 2f_0$ ,  $-80 - 0 \text{ dB}$  и одредити усмереност овог спрежњака на учестаности  $f_0$ . (д) Затим, оптимизацијом само ширине проводника, постићи најбоље могуће прилагођење на учестаности  $f_0$ . За тако оптимизовани спрежњак поново дати излазне резултате наведене под тачком (г). (ђ) Затим начинити уводнике дужине  $l = 10 \text{ mm}$  од водова истих ширина као код спрежњака, користећи се елементима SMITER и SLIN и одредити усмереност таквог спрежњака на учестаности  $f_0$ . (е) Начинити нацрт штампане плочице у MWO (View - New Layout View, Edit - Select All, Snap Together). (10 поена)

3. Потрошач у облику редне везе отпорника отпорности  $R = 30 \Omega$  и кондензатора капацитивности  $C = 8 \text{ pF}$  треба прилагодити на  $50$ -омски вод. Колико различитих L-мрежа за прилагођење са концентрисаним реактивним елементима (идеалним калемовима и кондензаторима) је могуће применити за ову сврху (а) на учестаности  $f_0 = 1 \text{ GHz}$ , (б) на учестаности  $f = 700 \text{ MHz}$ ? Скицирати све ове мреже.

(в) У програму MWO, путем подешавања (tuning) и оптимизације, синтетизовати све мреже из тачке (а), као и мрежу за прилагођење са једним огранком. Применити огранак карактеристичне импедансе  $Z_{co} = 30 \Omega$  и минималне дужине секције (одсечка) вода и огранка. (г) За сваку од мрежа под тачком (в) дати скицу операција у Смитовом дијаграму. (д) За све мреже из тачке (в) приказати на MWO графику зависност коефицијента стојећих таласа од учестаности у опсегу  $0,5f_0 - 1,5f_0$  (Meas. Type Linear, VSWR). (ђ) Која од ових мрежа има најшири фреквенцијски опсег за  $\sigma_{\text{max}} = 1,2$  и колико он износи? (10 поена)

## **Техничко упутство за колоквијум и испит из Микроталасних пасивних кола:**

На сопственом простору на диску направити радни фолдер „Imestudenta“ и све MWO и WIPL-D Microwave фајлове смештати у њега.

Називе MWO и WIPL-D пројекат фајлова формирати на следећи начин „Imestudenta\_BrojZadatka\_BrojFajla“ (BrojZadatka=1,2,3,..., BrojFajla=1,2,...).

Писати искључиво у вежбанци.

Све предвиђене прорачуне дати у вежбанци или у „Design Notes“ MWO или у једначинама MWO или у симболима WIPL-D.

По завршетку колоквијума предаје се комплетан радни фолдер „Imestudenta“ са свим припадајућим фајловима и евентуалним под-фолдерима (преношењем на флеш меморију) и вежбанка.

Дозвољена је неограничена употреба литературе коју кандидат донесе са собом на колоквијум (укључујући електронске документе и MWO/WIPL пројекат-фајлове).

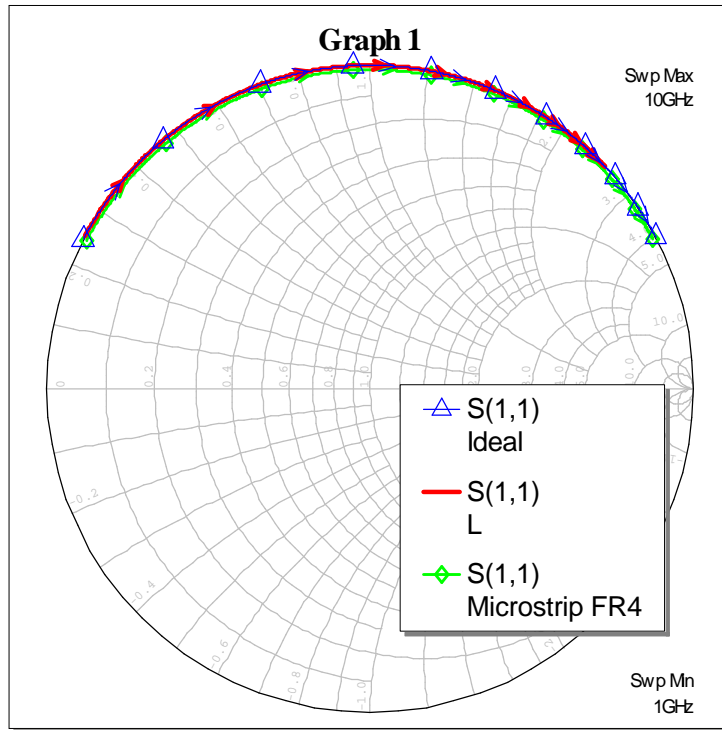
Није дозвољена размена литературе ни других помагала између кандидата.

Није дозвољена комуникација између кандидата, укључујући и електронску комуникацију. Није дозвољено покретање ни коришћење било каквих програма за комуникацију (e-mail-era, Internet Explorer-a,... ), као ни приступ другим фолдерима, осим радном фолдеру и фолдерима на донетим електронским медијумима (CD, flash,...).

**Трајање колоквијума и испита је 3h.**

# Решење задатака са колоквијума из Микроталасних пасивних кола

1. (в)  $R = 0,54 \Omega$ , (г)



(д) За индуктивност од 10 nH потребно је да ширина тракастог вода буде реда микрона (прорачун је ван опсега параметара TXline-a!), што стандардном технологијом није могуће постићи.

2. TXline даје  $Z_e = 59,76 \Omega$ ,  $Z_o = 38,81 \Omega$  и  $\beta = 2575 \text{ }^\circ/\text{m}$ . Даље се добија  $Z_{s,m} = (Z_e \pm Z_o) / 2 = 49,28; 10,47 \Omega$ , па је матрична карактеристична импеданса

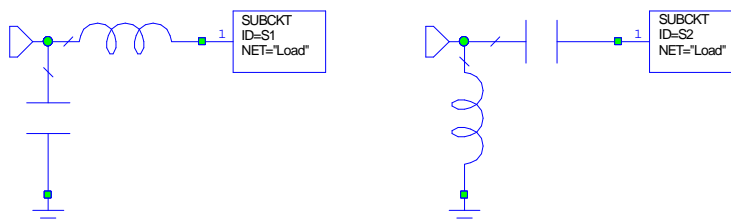
$$[Z_c] = \begin{bmatrix} 49,28 & 10,47 \\ 10,47 & 49,28 \end{bmatrix} \Omega.$$

Дужина вода је  $l = \frac{\lambda_g}{4} = \frac{\beta}{4} = 34,94 \text{ mm}$ , а „идеална“ номинална импеданса

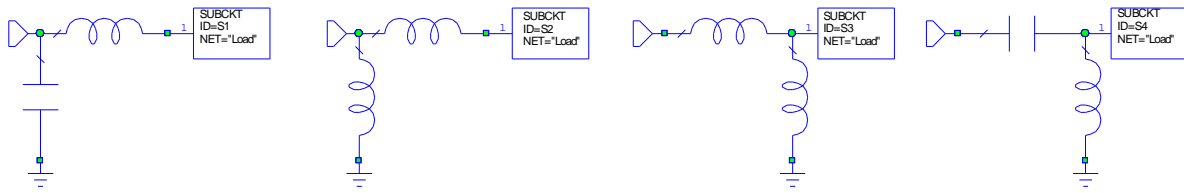
$Z'_0 = \sqrt{Z_e Z_o} = 48,16 \Omega$ . За овако израчунату дужину није потребна додатна оптимизација. За усмереност се добија (г)  $D_{\text{neoptimizovan}} = 27,0 \text{ dB}$ , (д)  $D_{\text{optimizovan}} = 40,8 \text{ dB}$  (за  $w = 0,3705 \text{ mm}$ ),

(ђ)  $D_{\text{sa uvodnicima}} = 27,2 \text{ dB}$ .

3. (а) На  $f_0 = 1 \text{ GHz}$  могуће су две мреже:



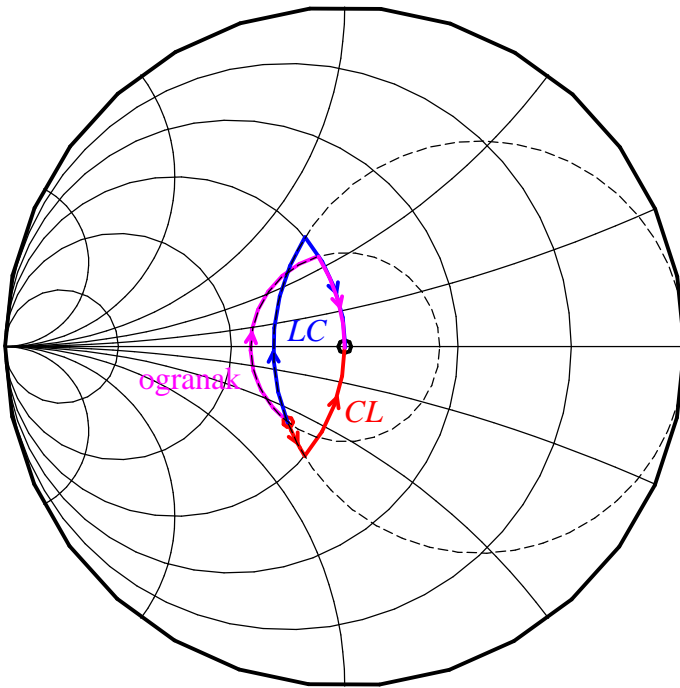
(б) На  $f = 700 \text{ MHz}$  могуће су четири мреже:



(в)  $C_{\text{redno}} = 34,69 \text{ pF}$ ,  $L_{\text{paral}} = 9,75 \text{ nH}$ ;  $L_{\text{redno}} = 7,06 \text{ nH}$ ,  $C_{\text{paral}} = 2,60 \text{ pF}$ ;

$\varphi_{\text{odsečka } 50 \Omega} = 64,4^\circ$ ,  $\theta_{\text{ogranka } 30 \Omega} = 23,6^\circ$ , огранак је отворен.

(г)



(ђ) Најшири фреквенцијски опсег има (десна) L-мрежа са редним кондензатором:  $0,86 - 1,24 \text{ GHz}$ , тј.  $\Delta f = 384 \text{ MHz}$ ,  $\Delta f / f_0 = 38,4 \%$ .