

**S-26.3100 RF- ja mikroaaltotekniikka TENTTI 27.5.2011**

P. Vainikainen/ J. Holopainen

OSA A. 1 tunti. Ilman lisämateriaaleja.

1. Selitä lyhyesti seuraavat kohdat (2 p. per kohta)

- a) vakiovahvistusympyrät
- b) rengashybridi
- c) mikroliuskajohdon efektiivinen permittiivisyys
- d) bipolaariset mikroaaltotransistorit
- e) peilitaajuuden eliminoiva sekoitin

2. Suurtaajuusoskillaattorin suunnittelu (10 p.)

**S-26.3100 RF and microwave engineering**

**EXAM**

**May 27, 2011**

P. Vainikainen/ J. Holopainen

**PART A. 1 hour. Additional material not allowed.**

**1. Give a brief description of the following items (2 p. per question)**

- a) constant gain circles
- b) ring (or rat-race) hybrid
- c) effective permittivity of a microstrip line
- d) microwave bipolar transistors
- e) image-rejection mixer

**2. Design procedure of a high-frequency oscillator (10 p.)**

**S-26.3100 RF- ja mikroaaltotekniikka TENTTI 27.5.2011**

P. Vainikainen / J. Holopainen

OSA B. 2 tuntia. Lisämateriaalit sallittu.

Tee jokainen tehtävä omalle paperilleen. Palauta myös kaikki Smithin kartat.

3. a) Suunnittele Wilkinsonin tehonjakaja (tehonjakosuhde 1:1) taajuudelle 2,4 GHz. Käytä toteutukseesi FR-4 piirilevymateriaalia ( $\epsilon_r = 4,7$  ja substraatin paksuus on  $h = 1,55$  mm). Hahmottele kuva tehonjakajastasi ja merkitse kuvaan dimensiot millimetreissä. Voit jättää huomioimatta liuskan paksuuden vaikutuksen, mikroliuskajohtojen epäjatkuvuudet ja dispersion.  $Z_0 = 50 \Omega$ . (5 p)

b) Edellisen kohdan tehonjakajaa käytetään kahden erillisen, mutta samanlaisen antennin syöttämiseen. Antennien sisäänmenoimpedanssi 2,4 GHz:n taajuudella on  $Z_{ant} = 30 + j \cdot 10 \Omega$ . Molemmat antennit on kytketty tehonjakajaan (portteihin 2 ja 3)  $0,096 \cdot \lambda$ -mittaisella siirtojohtolla. Laske heijastuskerroin (desibeleissä) tehonjakajan sisäänmenossa (portissa 1). Esitä ratkaisusi kaikki välivaiheet selvästi. Voit olettaa tehonjakajan ideaaliseksi sekä antennien välisen sähkömagneettisen keskinäiskytkennän hyvin pieneksi. (5 p)

4. Antenni, jonka sisäänmenoimpedanssi taajuudella 2 GHz on  $Z_{ant} = 25 - j \cdot 25 \Omega$ , on kytketty vähäkohinaiseen esivahvistimeen (LNA). LNA on toteutettu transistorilla, jonka minimikohinaluku ( $F_{min} = 1,9$  dB) 2 GHz:n taajuudella saavutetaan kun sisäänmenon sovituspäiriin heijastuskertoimeksi valitaan  $\rho_{opt} = 0,62 \angle -83^\circ$ .  $Z_0 = 50 \Omega$ .

a) Toteuta sisäänmenon sovituspäiri 2 GHz:n taajuudella siten, että minimikohinaluku saavutetaan (5 p.)

b) Antenni vastaanottaa -97 dBm:n signaalitehon 2 GHz:llä. Laske signaaliteho (dBm:ssä) LNA:n jälkeen. Transistorin ulostulo on sovitettu konjugaattisesti. Voit olettaa, että sovituspäirit ovat häviöttömiä. (5 p)

Transistorin S-parametrit 2 GHz:llä ovat  $S_{11} = 0,60 \angle 115^\circ$ ,  $S_{21} = 3,60 \angle 77^\circ$ ,  $S_{12} = 0,060 \angle 56^\circ$ , ja  $S_{22} = 0,33 \angle -53^\circ$ .

5. Suunnittele (ts. laske linjojen pituudet ja leveydet) heijastustyyppinen vaiheensiirrin perustuen mikroliuskatekniikkaan käyttäen 90 asteen sivulinjahybridiä ja PIN-diodeja. Suunnittelutaajuus on 2,6 GHz, vaiheensiirto 30 astetta, substraatin permittiivisyys 2,7 ja paksuus 0,78 mm. PIN-diodit voit olettaa ideaalisiksi (oikosulku/avoin piiri) ja lisäksi voit jättää myös huomioimatta T-liitosten epäjatkuvuudet, avoimet/oikosuljetut päät jne. sekä dispersion. Selitä lyhyesti myös vaiheensiirtimen toimintaperiaate. (10 p.)

P. Vainikainen / J. Holopainen

PART B. 2 hours. Additional material allowed.

Please, use a different paper for each problem. Return all the Smith charts of your solutions.

3. a) Design a Wilkinson power splitter (output power ratio is 1:1) at 2.4 GHz. Use the FR-4 substrate ( $\epsilon_r = 4.7$  and thickness of the substrate  $h = 1.55$  mm). Sketch a picture of your power splitter with the dimensions (in mm). You can neglect the thickness of the metal, the discontinuities of the microstrip lines and the dispersion.  $Z_0 = 50 \Omega$ . (5 p.)

b) The previous power splitter feeds two separate but identical antennas whose input impedance at 2.4 GHz is  $Z_{\text{ant}} = 30 + j10 \Omega$ . Both the antennas are attached to the power splitter (ports 2 and 3) with a  $0.096\lambda$ -long transmission line. Calculate the reflection coefficient (in dB) in the input (port 1) of the power splitter (show all the intermediate phases of your solution). You can now assume that the power splitter is ideal and the electromagnetic coupling between the antennas is very small. (5 p.)

4. An antenna whose input impedance at 2 GHz is  $Z_{\text{ant}} = 25 - j25 \Omega$  is attached to a low-noise amplifier (LNA). The LNA is implemented with a transistor whose minimum noise figure at 2 GHz ( $F_{\text{min}} = 1.9$  dB) is achieved when the input matching circuit reflection coefficient is  $\rho_{\text{opt}} = 0.62 \angle -83^\circ$ .  $Z_0 = 50 \Omega$ .

a) Implement the input matching circuit at 2 GHz so that the minimum noise figure is achieved. (5 p.)

b) The antenna receives signal power of -97 dBm at 2 GHz, calculate the signal power (in dBm) after the LNA. The output of the transistor is conjugate-matched. You can assume that the matching circuits are lossless. (5 p.)

The S parameters of the transistor at 2 GHz are  $S_{11} = 0.60 \angle 115^\circ$ ,  $S_{21} = 3.60 \angle 77^\circ$ ,  $S_{12} = 0.060 \angle 56^\circ$ , and  $S_{22} = 0.33 \angle -53^\circ$ .

5. Design (give line lengths and widths) a reflection phase shifter with microstrip technology using a branch line 90 degree hybrid and PIN diodes. The frequency is 2.6 GHz, required phase shift 30 degrees, substrate permittivity 2.7 and thickness 0.78 mm. The PIN diodes can be assumed ideal (short circuit/open circuit) and the discontinuities of the T junctions, open/shorted ends, etc. need not to be taken into account, nor dispersion. Explain also briefly the working principle of the phase shifter. (10 p.)