

# HFTD, Duggan i högfrekvensteknik, kurskod EEM021

## 2017-11-27, 08:30-11:30 i "SB Multisal". Längd: 3 timmar.

**Tillåtna hjälpmmedel:** Beta, Physics Handbook, valfri kalkylator, formelsamling i av Eva Plamberg,

**Frågor** Sascha Krause, tel ankn. 1851  
Hans Hjelmgren, tel ankn. 1737

**Resultatet** Anslås på kursens hemsida

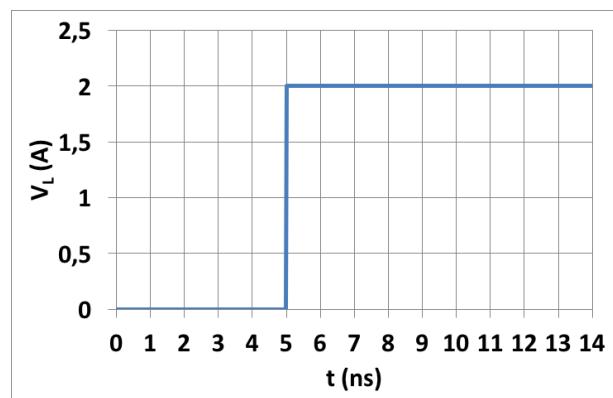
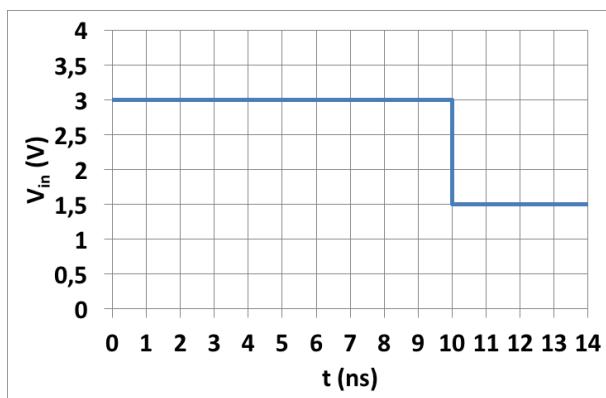
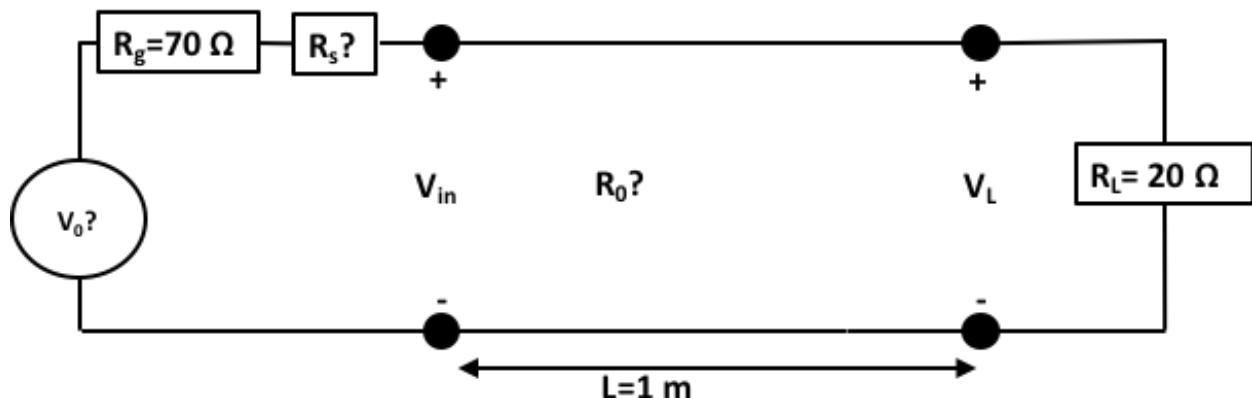
**Granskning** Sker på tid och plats som anges på kurshemsida

**Observera** Omotiverade lösningar kan ge poängavdrag!

### Transmissionsledningar 1 (7 p):

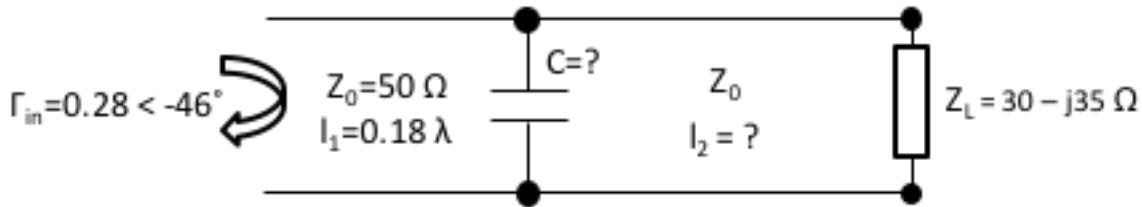
Sascha ansluter en 1m förlustfri transmissionsledning med karakteristiska impedans  $R_0$  ansluter en spänningsgenerator ( $V_0$ ,  $R_g=70 \Omega$ ) till en  $20 \Omega$  last ( $R_L$ ). Tyvärr har Sascha Slarvat när han ansluter linjen till generator och den dåliga anslutningen resulterar i en extra resistans i serie ( $R_s$ ) vid ingången av linjen, enligt diagrammet nedan

Vid  $t=0$ , slåss generatorn på och genererar spänningen  $V = V_0$ . Under de första 14 ns, mäter man följande spänningar vid ingången ( $V_{in}$ ) av linjen och vid lasten ( $V_L$ ).



- Beräkna  $R_0$ ,  $R_s$  och generatorns konstant spänning  $V_0$
- Beräkna ledningsparametrarna för linjen.

**Transmissionsledningar 2 (10 p):** En elektrisk krets består av två förlustfria karakteristiska impedans  $Z_0=50 \Omega$ , en kondensator  $C$  och en last  $Z_L$  anslutna enligt bilden nedanför. Vid ingången av kretsen mäts reflektionsfaktorn  $\Gamma_{in}=0.28 < -46^\circ$  vid 1 GHz.

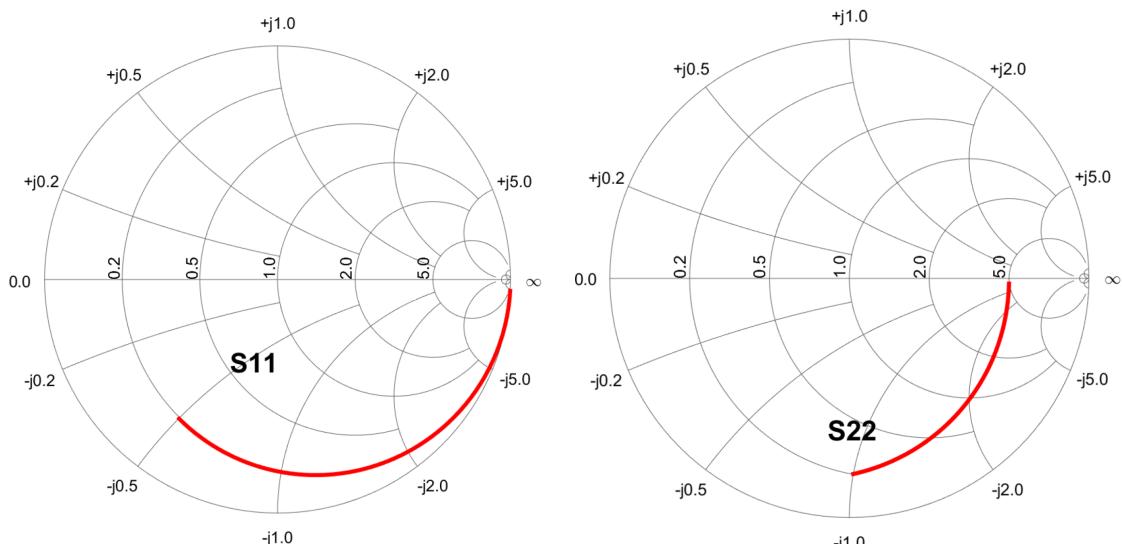
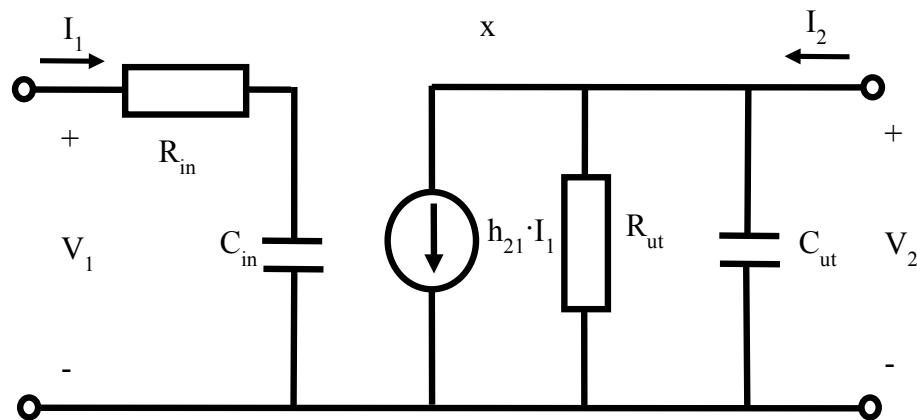


Beräkna längden  $l_2$  samt kondensatorns kapacitans ( $C$ ), endast med hjälp av Smithdiagrammet.

### Mikrovågselektronik (10 p):

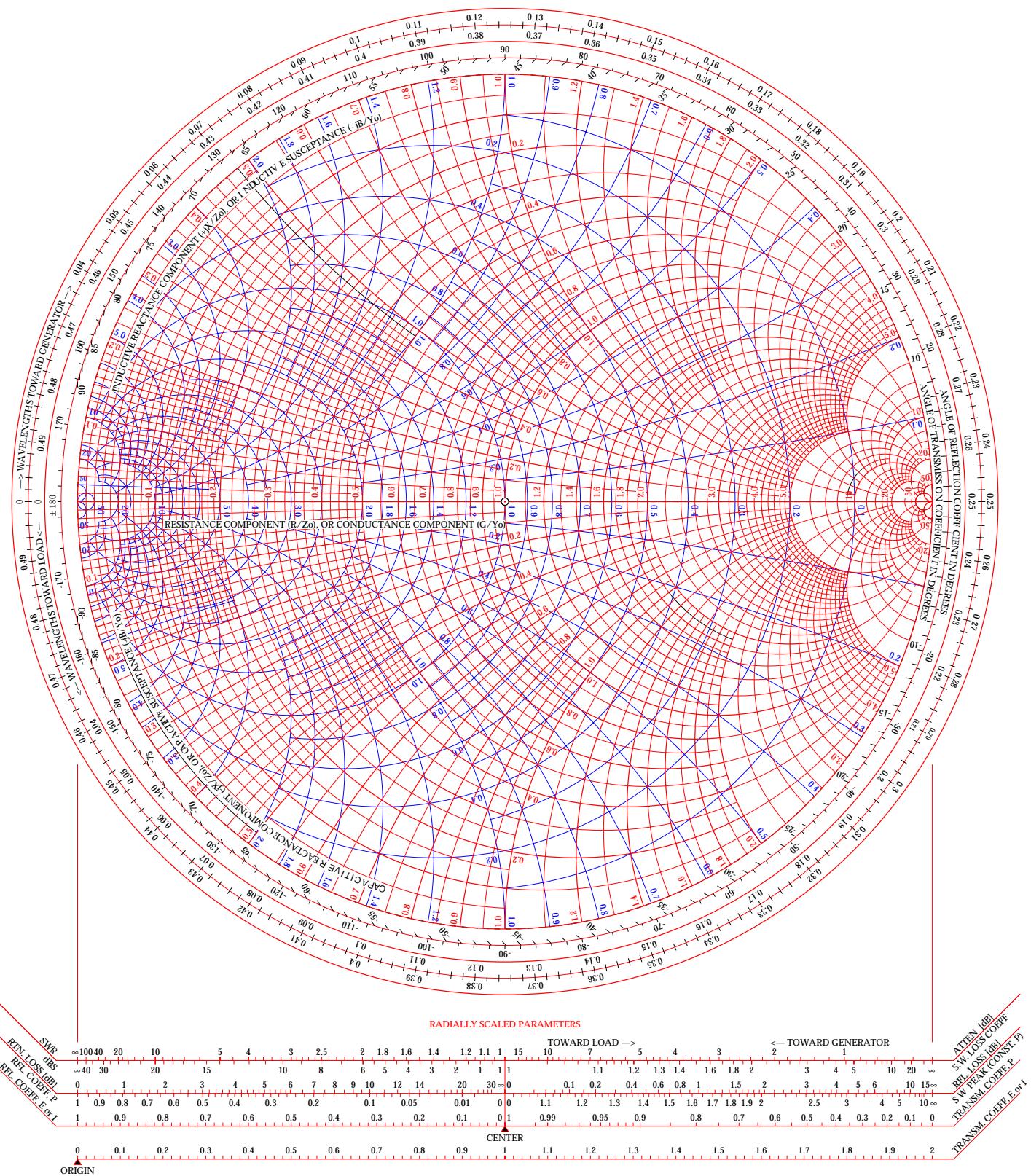
Ett ekvivalent småsignal-schema för en GaAs transistor visas nedan, tillsammans med uppmätta S-parametrar  $S_{11}$  och  $S_{22}$  för frekvensintervallet 100 MHz – 10 GHz och  $Z_0=50 \Omega$ .

- (4p) Bestäm resistansen  $R_{in}$  och kapacitansen  $C_{in}$  på ingången.
- (4p) Bestäm även resistansen  $R_{ut}$  och kapacitansen  $C_{ut}$  på utgången.
- (2p) Varför kalibrerar man innan man påbörjar en ny mätning med nätverksanalysatoren?

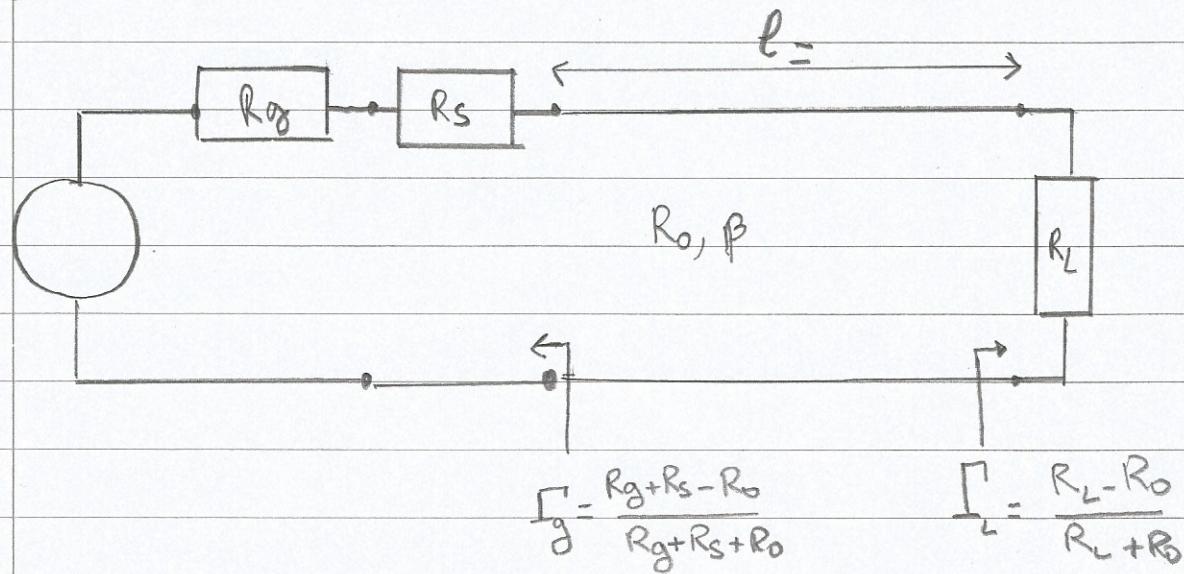


NAME	TITLE	DWG. NO.
SMITH CHART FORM ZY-01-N	COLOR BY J. COLVIN, UNIVERSITY OF FLORIDA, 1997	DATE

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



## Uppgäfvr 2



Reella lastar + förlustfria ledningarna

$\Rightarrow$  använd reflektionsdiagram

Vid ingången för  $t=0$  får vi en spänningssdelning då har vi:

$$V_G = V_1^+ = \frac{V_0 \cdot R_0}{R_G + R_0 + R_S} = 3 \text{ V} \quad (1)$$

Vid lasten blir vågfronten direkt reflekterad alltså mäter vi för  $1\pi \leq t < 3\pi$  s

$$V_L = V_1^+ (1 + \Gamma_L) = 2 \text{ V} \quad (2)$$

dvs  $\Gamma_L = -\frac{1}{3} \rightarrow R_0 = 2R_L = 40 \Omega$

Vid  $t = 2\pi$  har vi vid ingången  $V_1^+$ , den reflekterade vågfront från lasten och dess reflektion mot generatormotståndet:

$$\begin{aligned} \text{dvs: } V_G &= V_1^+ (1 + \Gamma_L + \Gamma_L \Gamma_g) \\ &= V_1^+ \left( \frac{12}{3} + \frac{\Gamma_g}{3} \right) = 1,5 \text{ V} \end{aligned} \quad (3)$$

alltså  $\Gamma_G = \frac{1}{2} \rightarrow R_G + R_S = 3R_0 = 120 \Omega$

$R_g = 70 \Omega$  alltså är  $R_S = 50 \Omega$

Från (1) får man  $\underline{V_0} = \frac{R_G + R_S + R_0}{R_0} V_1^+ = 12 \text{ V}$

• transmissionsledningen är för kurviga drs:

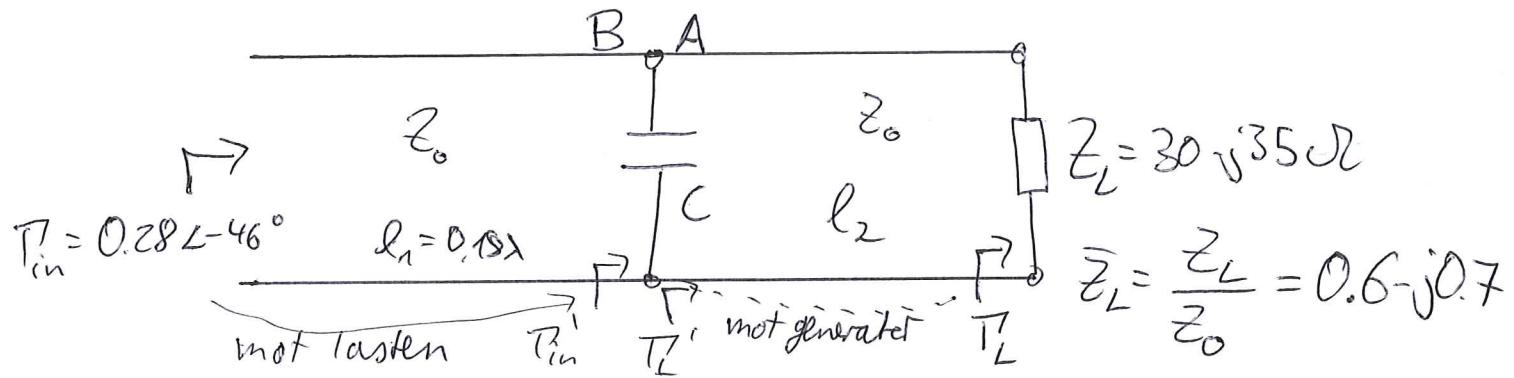
$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = 40 \Omega$$

från graphen får man  $\lambda = 5 \text{ ns}$  som därför till

$$v_{fas} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{\lambda}{T} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Därför:  $\frac{R_0}{v_{fas}} = L = 2 \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ .

$$\frac{1}{R_0 \cdot v_{fas}} = C = 1,25 \cdot 10^{-10} \text{ F/m}$$



Mark:  $\bar{\Gamma}_L = 0.6 - j0.7$

Rotate towards load med längd  $l = 0.18\lambda$

Man hamnar i punkt A med admittans  $Y_{in}' = 0.8 - j0.5j$   
Nu flyttar vi oss från lasten till punkt A.

$$\bar{Z}_L = 0.6 - j0.7$$

Röra på ledningen tills vi kommit fram till en konstant  
konduktans cirkel eftersom C kommer bara  
ändra imaginär delen  $\rightarrow$  Punkt B  $\underline{l_2 = 0.222\lambda}$

Beräkn C för att hamna i punkt A

$$B = -0.5j - (-0.9j) = 0.4j$$

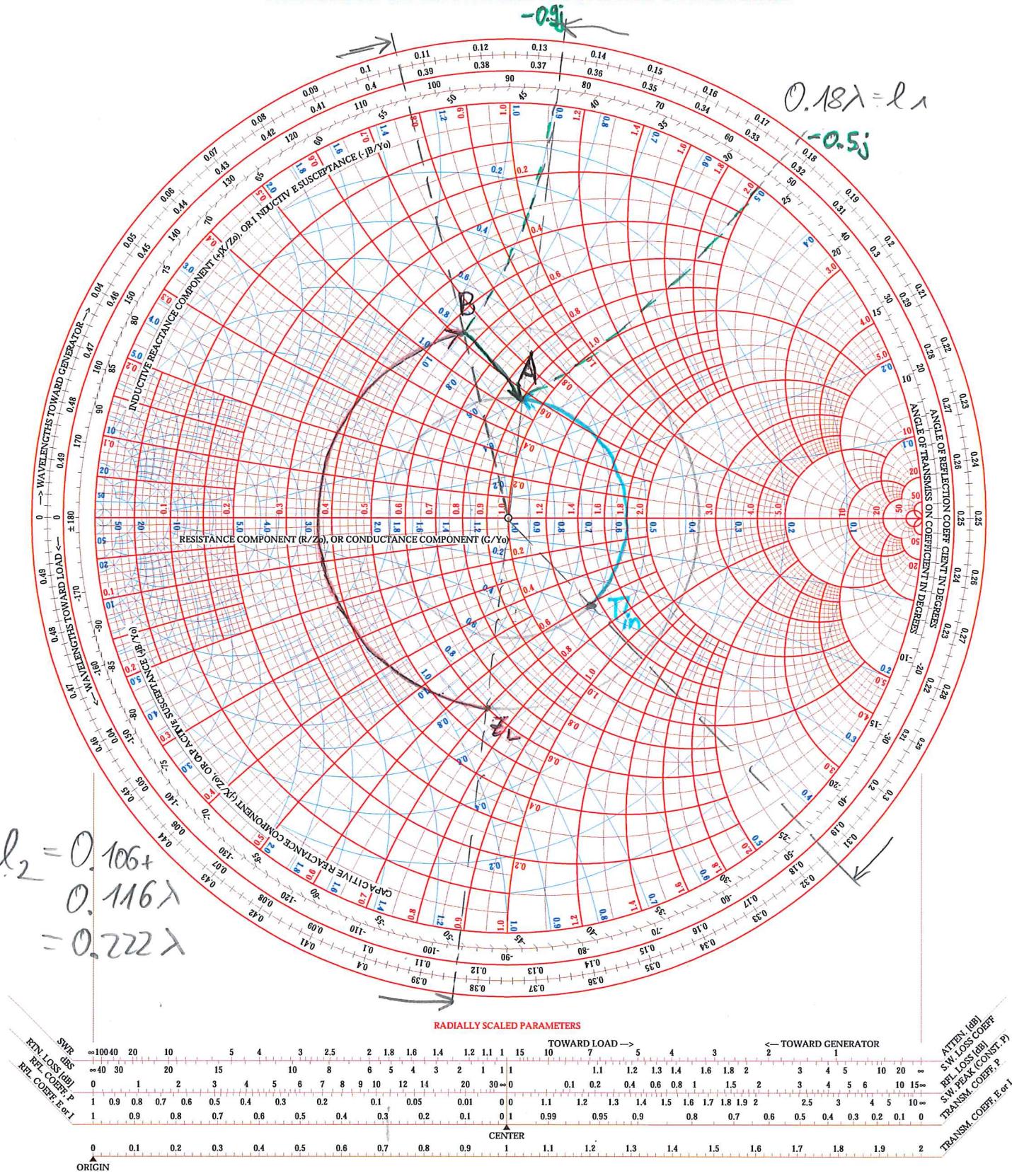
$$jwC = j0.4 \cdot Y_0 \leftarrow \text{renormalisering!}$$

$$C = \frac{0.4 \cdot Y_0}{2\pi f} = 1.27 \text{ pF}$$

Det finns en väg till som man kan gå i Smith  
diagrammet men den förutsätter en spole  
istället för en kondensator.

NAME	TITLE	DWG. NO.
SMITH CHART FORM ZY-01-N	COLOR BY J. COLVIN, UNIVERSITY OF FLORIDA, 1997	DATE

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



# Lösning Mikrovågsuppgift 17/127 1 (3)

a)

För låga frekvenser har vi en öppen ledare på port 1. Vi startar alltså i punkten  $T=1$ , och rör oss medurs utmed en konstant resistanscirke.

Normalisera de resistansen

$$n_1 = 0.2 \Rightarrow R_{in} = 10 \Omega$$

För  $f = 10 \text{ GHz}$  är den normaliseraade reaktansen

$$x_1 = -0.5$$

$$\Rightarrow jx_1 \cdot z_0 = \frac{j}{j2\pi f \cdot C_{in}}$$

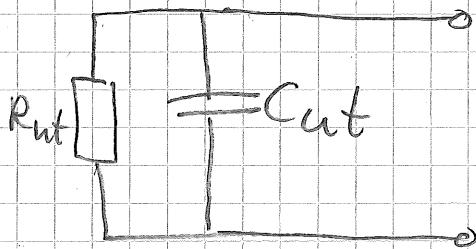
$$\Rightarrow \underline{\underline{C_{in}}} = \frac{-1}{2\pi \cdot 10 \cdot 10^9 \cdot (-0.5) \cdot 50} = 0.64 \text{ pF}$$

b)

$S_{22}$  är reflektionsfaktorn på port 2 när port 1 är anpassad. Vilket är det samma som att ansluta en resistans på  $50 \Omega$  till port 1.

2 (3)

När vi mäter  $S_{22}$ , anpassad port 1, är alltså  $I_1 = 0$ , och vi har ett motstånd parallellt med en kondensator på port 2.



För låga frekvenser närmare C vi oss en ren resistans. Från S.C.

$$r_2 \approx 5.0 \Rightarrow \underline{\underline{R_{ut} = 250 \Omega}}$$

Sedan rör vi oss utmed en konstant konduktans cirkel (ej utritad i SC),  $g_2 = 0.2$

För  $f = 10 \text{ GHz}$  avläser vi den normaliseringade reaktansen

$$x_2 = -1.0$$

Återstår att bestämma den normaliseringade susceptansen  $b_2$ .

3 (3)

$$g_2 + j b_2 = \frac{1}{r_2 + j x_2} =$$

$$= \frac{r_2 - j x_2}{r_2^2 + x_2^2} = \frac{r_2}{r_2^2 + x_2^2} - j \cdot \frac{x_2}{r_2^2 + x_2^2}$$

$$f = 10 \cdot 10^9 \text{ Hz} : \begin{cases} x_2 = -1.0 \\ r_2 = 0.2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow b_2 = \frac{-(-1.0)}{0.2^2 + (-1)^2} = 0.9615$$

$$\Rightarrow j b_2 \cdot Y_0 = j 2\pi f C_{ut}$$

$$\underline{C_{ut}} = \frac{0.9615}{50 \cdot 2\pi \cdot 10 \cdot 10^9} = \underline{0.31 \mu F}$$

c) För att räkna bort inverkan av kablarna och andra feltermer, så vi mäter s-parametrarna för själva måtobjektet.