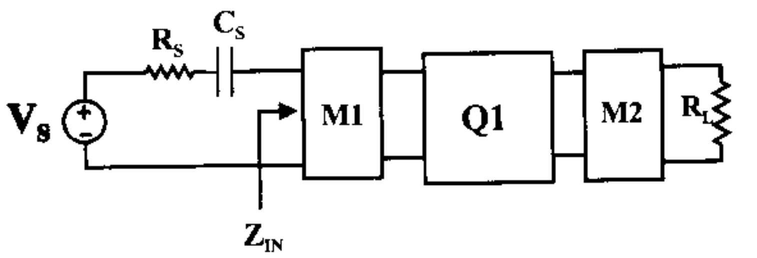
Prova scritta di elettronica delle telecomunicazioni - 1-2-2001

Es. A

Con riferimento all'amplificatore in figura, che utilizza un transistore bipolare 2N4957 in configurazione base comune(V_{CB} = -10 V, I_C = -2mA), alla frequenza f_0=200 MHz,



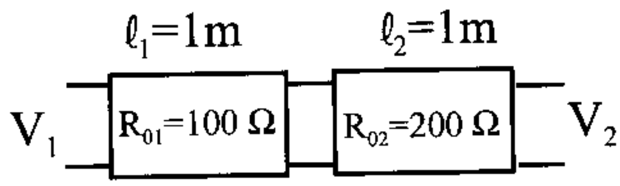
V_S: valore massimo V_{SM}=1mV
R_S=50 Ω, C_S=20 pF R_L=100 Ω

Si consideri:
g_{OB}=0.1
y_{RB}=0

1) Progettare le reti di adattamento M1 e M2 in modo tale che l'impedenza di ingresso sia pari a 50 Ω e G_T=G_A;
2) Calcolare l'ampiezza della componente alternativa della corrente di emettitore;
3) Calcolare, su una banda di 1 MHz centrata su f_0, il contributo della potenza totale di rumore in uscita dovuta esclusivamente alla terminazione di ingresso.

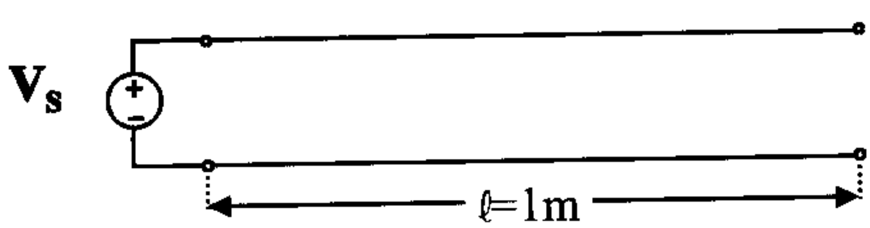
Es. B

Calcolare, alla frequenza di 1 GHz, il parametro S_{11} normalizzato a 50 Ω del quadripolo mostrato in figura. Si consideri che per entrambe le linee ε_R=1, μ_R=1.



Es. C

Con riferimento alla linea di trasmissione in figura valutare la risposta al gradino di tensione unitario in una sezione di linea a distanza di 0.5 m dal generatore per un intervallo di tempo da 0 a 10 ns. Si consideri la linea priva di perdite e con velocità di fase=velocità della luce.



Elettronica delle Telecomunicazioni

01/02/01

Es. A3

I parametri y a base comune sono

$Y_{IB} = 55 - 15j \ mS$ $\quad$ $Y_{OB} = 0.1 + 1.5j \ mS$

$Y_{FB} = -53 + 17j \ mS$ $\quad$ $Y_{RB} = 0$

Poiché il quadripolo è unilaterale $[Y_{RB} = 0]$ risulta

$$Y_{IN} = Y_{IB} = 55 - 15j \ mS$$

M1 deve trasformare Y_{IN} in $50 \ \Omega$

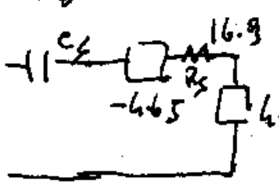
Affinché risulti $G_T = G_A$ deve essere $P_{AOUT} = P_L$

ovvero è necessario che vi sia adattamento complesso coniugato in uscita. Pertanto M2 deve trasformare $Y_{OUT} = Y_{OB}$ in $R_L^* = 100 \Omega$

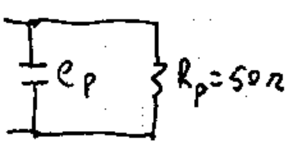
Progetto di M1

$R_1 = \frac{1}{55 mS} = 18.18 \ \Omega < 50 \Omega$ trasformazione in salita [serie parallelo]

$Z_{IB} = Z_{IN} = 16.9 + 4.6j$



$\Rightarrow$



$Q_S = \frac{1}{\omega_0 R_S C_S} = \sqrt{\frac{50 - 16.9}{16.9}} = 1.4$

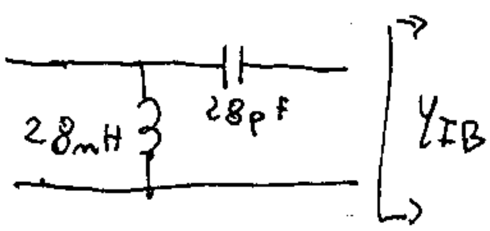
$C_S = 33.6 pF$ $\quad$ $X_S = -\frac{1}{\omega_0 C_S} = -23.7$ $\quad$ $X_{tot} = X_S - 4.6 = -28.3j$

X_{tot} equivale a un condensatore $C_{TOT} = \cancel{\frac{X_{tot}}{\omega}} - \frac{1}{\omega_0 X_{tot}} = 28 pF$

$C_P = C_S \frac{Q_S^2}{1 + Q_S^2} = 22.25$ $\quad$ $X_P = -\frac{1}{\omega_0 C_P} = -35.7 \ \Omega$ $\quad$ $B_P = 28 mS$

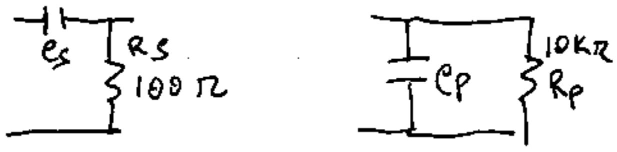
Si deve aggiungere in parallelo L_x : $-\frac{1}{\omega_0 L_x} = -28 \cdot 10^{-3} \Rightarrow L_x = 28 nH$

M1 :



La rete N2 trasforma 100 Ω in $Y_{OB}^* = 0.1 \mp 1.5 j$ mS

$\frac{1}{G_1} = 100\,\Omega < \frac{1}{G_2} = 10\,k\Omega \Rightarrow$ Trasf. in salita [serie parallelo]



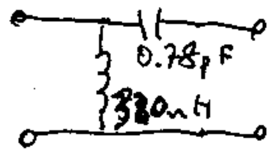
$Q_s = \sqrt{\frac{10^4 - 100}{100}} = 9.94$

$C_s = \frac{1}{\omega_0 R_s Q_s} = 0.78\,pF \simeq C_p = C_s \frac{Q_s^2}{1+Q_s^2}$ $B_p = \omega_0 C_p = 0.98$ mS

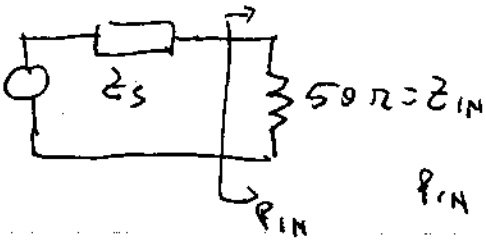
si deve aggiungere in parallelo B_x: $B_x + B_p = -1.5\cdot 10^{-3} \Rightarrow$

$B_x = -2.5$ mS si tratta di un'induttanza

$L_x = -\frac{1}{\omega_0 B_x}$ $L_x = 320$ nH



La potenza in ingresso a N1 può essere così calcolata



$P_{IN} = \frac{V_{sn}^2}{2} \frac{1}{|Z_s + 50|^2} \cdot 50$

$P_{IN} \simeq 2.17$ mW

dove:

$Z_s = 50 - j\frac{1}{\omega_0 C_s} = 50 - 39.85\,\Omega$

Poiché N1 è non dissipativo P_{IN} è anche la potenza entrante sul quadripolo attivo, ovvero, sull'emettitore che, nel montaggio CB, è il terminale di ingresso.

$P_{IN} = \frac{I_{En}^2}{2} Re\left\{\frac{1}{Y_{IB}}\right\}$ $I_{En} = \sqrt{2 P_{IN} / Re\left\{\frac{1}{Y_{IB}}\right\}} = 16\,\mu A$

Il contributo di Z_s al rumore di uscita si ottiene moltiplicando la potenza di rumore termico KT per il G_T e per $\Delta F = 1MHz$

$G_T = \frac{4 g_{Lv} g_{sv} |Y_F|^2}{|(Y_O + Y_{Lv})(Y_I + Y_{sv})|^2} = 118$

$g_{sv} = Re\left\{\frac{1}{Z_{sv}}\right\} = 36$ m

$g_{Lv} = g_O = 0.1$

$Y_{sv} = \frac{1}{Z_{sv}}$ $Z_{sv} = (Z_s \,//\, j\omega L_x) + X_{tot}\, j =$

$= 24.46 + 8.57 j$

$N_{U_{Z_s}} = KT \cdot G_T \cdot \Delta F = 0.49\,pW$

$Y_{sv} = 36 - 12 j$ mS

Esercizio B.

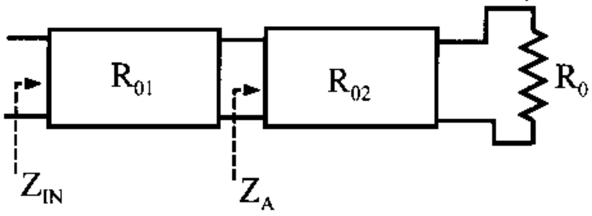
Il metodo più veloce per calcolare il parametro S_{11} fa riferimento alla formula del Γ_{IN}:

$$\Gamma_{IN} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L}$$

Per $\Gamma_L=0$ si ha: $\Gamma_{IN}= S_{11}$. Pertanto basterà porre la resistenza di normalizzazione $R_0=50\ \Omega$ in uscita (imponendo quindi $\Gamma_L=0$) e valutare il Γ_{IN}. Per valutare il Γ_{IN} si calcola la Z_{IN} e poi si applica la formula:

$$\Gamma_{IN} = \frac{Z_{IN} - R_0}{Z_{IN} + R_0}$$

Per calcolare la Z_{IN} si segue lo schema mostrato nella figura seguente.



Innanzitutto si calcolano le lunghezze in termini di frazioni di lunghezze d'onda. La lunghezza d'onda è pari a $\frac{v_f}{f}$ dove v_f è la velocità di fase e f la frequenza. Siccome ε_R e μ_R sono pari a 1, per qualsiasi geometria della linea la velocità di propagazione è pari alla velocità della luce nel vuoto, $c=3\times10^8$ m/s. Risulta $\lambda=0.3$ m, per cui le linee sono entrambe lunghe $\frac{10}{3}\lambda = 3\lambda + \frac{\lambda}{3}$. Ai fini dell'impedenza contano solo le frazioni di λ, dato che 3λ corrispondono a 6 giri completi nella carta di Smith e quindi ad un effetto nullo sull'impedenza. Per cui per entrambe le linee si considera una lunghezza pari a $\frac{\lambda}{3}$.

Si calcola prima Z_A usando la carta di Smith (si veda la CdS allegata). Per fare ciò si parte dal punto corrispondente a R_0 nella CdS e si ruota di 0.333λ in senso orario fino ad arrivare al punto A. In corrispondenza di tale punto si ricava l'impedenza normalizzata. Questa va denormalizzata ricordando che la linea ha impedenza caratteristica $R_{02}=200\ \Omega$. Per cui:

$$Z_A = R_{02}(0.85 - j1.43) = 170 - j286\ \Omega$$

Per ottenere Z_{IN} bisogna trsformare questo valore attraverso la linea 1. Si normalizza quindi la Z_A all'impedenza caratteristica $R_{01}=100\ \Omega$ e si ottiene:

$$\frac{Z_A}{R_{01}} = 1.7 - j2.86\ \Omega$$

corrispondente al punto B nella carta di Smith. Si ruota quindi di $0.333\ \lambda$ e si giunge finalmente al punto corrispondente alla Z_{IN}. Si denormalizza l'impedenza e si ottiene:

$$Z_{IN} = R_{01}(0.27 + j0.94) = 27 + j94\ \Omega$$

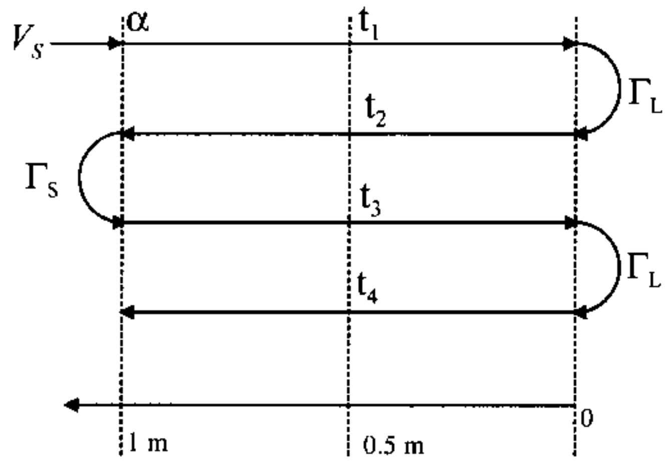
Applicando la definizione di Γ_{IN} indicata all'inizio oppure utilizzando ancora la CdS (normalizzando la Z_{IN} a $R_0=50\ \Omega$ e giungendo nella CdS direttamente a S_{11}) si ottiene: $S_{11} \cong 0.78\angle 53^\circ$. Ovviamente si può evitare l'uso delle CdS facendo ricorso alle formule che danno l'impedenza vista in una sezione di una linea.

Esercizio C.

Si calcolano inizialmente i seguenti parametri:

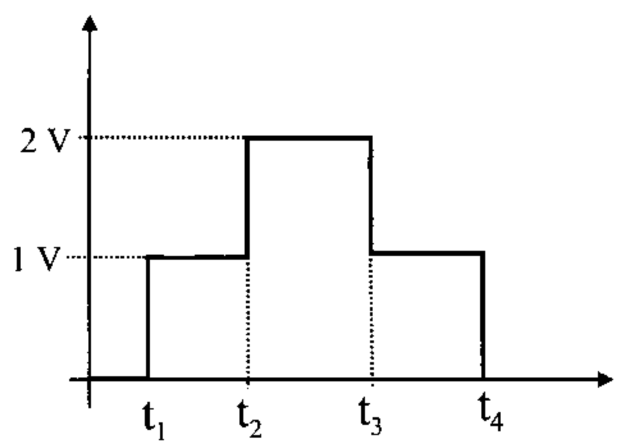
$$\alpha = \frac{Z_0}{Z_0 + Z_S} = 1 \qquad \Gamma_S = \frac{Z_0 - Z_S}{Z_0 + Z_S} = -1 \qquad \Gamma_S = \frac{Z_0 - Z_L}{Z_0 + Z_L} = 1$$

Per le espressioni precedenti si tenga presente che dalla figura del testo si evince che $Z_S=0$, $Z_L=\infty$, per cui non è necessario conoscere il valore di Z_0. Si passa quindi al seguente schema riassuntivo che permette di valutare la corretta sovrapposizione dei segnali dovuti ai vari passaggi sulla sezione d'interesse, a 0.5 m dall'ingresso della linea.



I tempi t_1, t_2 etc. etc. indicano i tempi dei vari passaggi dell'onda che, propagandosi avanti e indietro nella linea incontra la sezione di interesse. Valutando sul semplice schema gli spazi percorsi ed essendo nota la velocità di propagazione pari a c, la velocità della luce si ricava:
t_1=1.66 ns, t_2=5 ns, t_3=8.33 ns, t_4=11.66 ns.

Pertanto, essendo il periodo di osservazione richiesto pari a 10 ns, basterà valutare solo i contributi dovuti ai primi tre passaggi. Siccome i tre parametri α, Γ_L e Γ_S sono numeri puri non si avrà

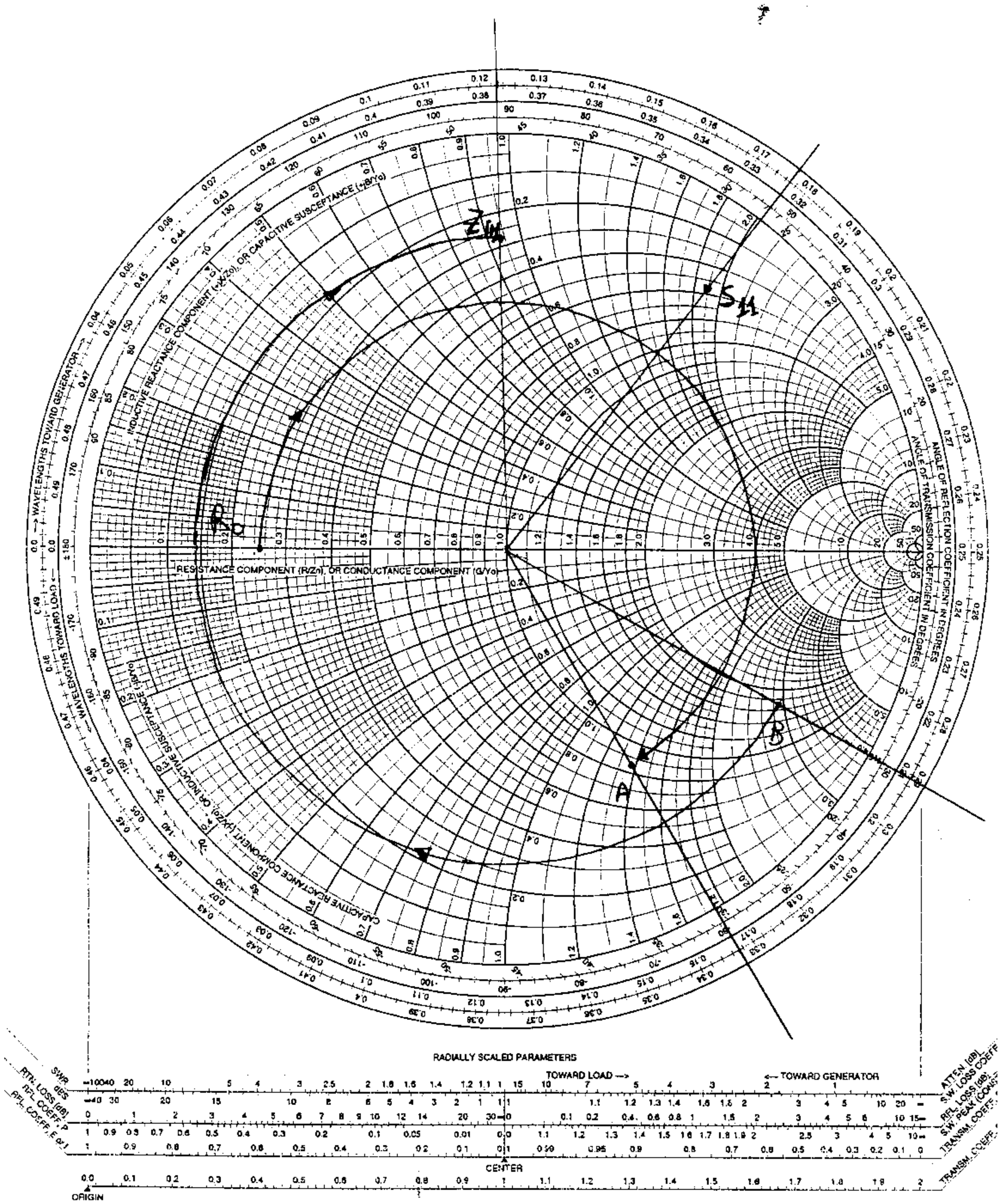


deformazione del segnale che in ciascun passaggio rimane un gradino con ritardi crescenti. Si ottiene il seguente andamento del segnale:

La transizione corrispondente all'istante t_4 è oltre l'intervallo di 10 ns quindi non era richiesta ed è stata riportata per maggior chiarezza.

5

1-2-2001



Zin
Sin
Ro
A
B
RESISTANCE COMPONENT (R/Zo), OR CONDUCTANCE COMPONENT (G/Yo)
INDUCTIVE REACTANCE COMPONENT (+jX/Zo), OR CAPACITIVE SUSCEPTANCE (+jB/Yo)
CAPACITIVE REACTANCE COMPONENT (-jX/Zo), OR INDUCTIVE SUSCEPTANCE (-jB/Yo)
WAVELENGTHS TOWARD GENERATOR
WAVELENGTHS TOWARD LOAD
ANGLE OF REFLECTION COEFFICIENT IN DEGREES
ANGLE OF TRANSMISSION COEFFICIENT IN DEGREES
RADIALLY SCALED PARAMETERS
TOWARD LOAD
TOWARD GENERATOR
SWR
dBS
RTN. LOSS [dB]
RFL. COEFF, P
RFL. COEFF, E or I
ATTEN. [dB]
S.W. LOSS COEFF
RFL. LOSS [dB]
S.W. PEAK (CONST. P)
TRANSM. COEFF, P
TRANSM. COEFF, E or I
CENTER
ORIGIN