

ELETTRONICA DELLE TELECOMUNICAZIONI

16/12/93

A) Con riferimento all'amplificatore in fig.1, utilizzando componenti discreti privi di perdite:

1) progettare la rete di adattamento M1 in modo da ottimizzare il rapporto segnale/rumore in uscita;

2) progettare la rete di adattamento M2 in modo da ottenere una potenza sul carico pari a 0.375 mW.



$$V_s = v_{sn} \cos \omega_0 t; \quad \omega_0 = 2\pi f_0; \quad f_0 = 500 \text{ MHz}; \quad v_{sn} = 0.1 \text{ V.}$$

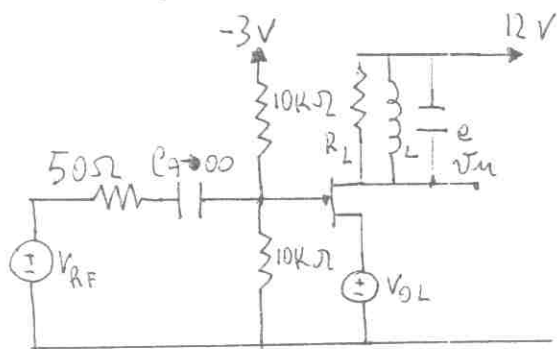
Fig.1

B) Con riferimento al mixer in fig.2 calcolare la transconduttanza di conversione e l'ampiezza delle diverse componenti in uscita, supponendo che il FET sia resistivo, abbia resistenza differenziale di uscita $\rightarrow \infty$ e caratteristica mutua parabolica con $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$ e $V_p = -4 \text{ V}$.

$$R_L = 50 \Omega$$

$$L = 1.76 \mu\text{H}$$

$$C = 71 \text{ nF}$$



$$V_{RF} = V_{Rn} \cos \omega_{RF} t; \quad f_{RF} = \frac{\omega_{RF}}{2\pi} = 1.55 \text{ MHz}; \quad V_{Rn} = 0.1 \text{ V}$$

$$V_{OL} = V_{On} \cos \omega_{OL} t; \quad f_{OL} = \frac{\omega_{OL}}{2\pi} = 2 \text{ MHz}; \quad V_{On} = 1 \text{ V}$$

Fig.2

52

Al fine di ottimizzare il rapporto segnale/rumore in uscita, si sceglie la terminazione di ingresso che permette di ottenere la cifra di rumore minima.

Dalle caratteristiche

$$S_{11} = 0.62 \angle -143 \quad S_{21} = 5.5 \angle 97$$

$$S_{12} = 0.08 \angle 33 \quad S_{22} = 0.41 \angle -59 \quad \Gamma_{OPT} = 0.48 \angle 74$$

Dalle carte di Smith

$$Z_{FOPT} = 50 [0.78 + 0.8j] = 39 + 48j$$

Rete di adattamento di ingresso:

Si parte da una configurazione R e parallelo



$$R_{sv} = Z_s \cdot \frac{1}{1 + Q_p^2} \quad Q_p = Z_s \omega_0 C_p$$

Poiché: $R_{sv} = 38 \Omega \Rightarrow Q_p = \sqrt{\frac{Z_s - R_{sv}}{R_{sv}}} = 0.53$

$$C_p = 3.3 \text{ pF} \quad C_s = C_p \frac{1 + Q_p^2}{Q_p^2} = 15 \text{ pF}$$

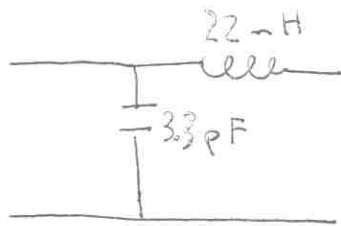
Bisogna aggiungere in serie una reattanza X_x tale che:

$$X_x - \frac{1}{\omega_0 C_s} = 19 \Omega$$

$$X_x = 70.2 \Omega \quad \text{ovvero} \quad L_x = \frac{70.2}{\omega_0} = 22 \text{ nH}$$

Pertanto la rete di adattamento di ingresso è la seguente

12



Rete di adattamento di uscita

Per la scelta della terminazione di uscita bisogna individuare, sul cerchio di Smith di uscita, il luogo dei punti per cui, con $\Gamma_G = \Gamma_{OPT}$, si ottiene il valore desiderato per G_T . In fatti, poiché

$$P_L = P_{Aim} \cdot G_T \quad \text{dove } P_L = 375 \mu W \text{ e}$$

$$P_{Aim} = \frac{V_{eff}^2}{8 \cdot 50} = 25 \mu W$$

dovrà essere

$$G_T = 15 \quad [11.76 \text{ dB}]$$

Pertanto bisogna trovare l'insieme dei Γ_L :

$$G_T [\Gamma_{OPT}, \Gamma_L] = 15$$

Osservo

$$G_T = \frac{[1 - |\Gamma_G|^2] |S_{21}|^2 [1 - |\Gamma_L|^2]}{|1 - \Gamma_{out} \Gamma_L|^2 |1 - S_{11} \Gamma_G|^2} = 15$$

$$\text{dove } \Gamma_G = \Gamma_{OPT} = 0.49 \angle 74^\circ$$

da cui

$$\Gamma_L = 0 + j \nu$$

$$S_{11} \Gamma_G = 0.11 - 0.283j$$

$$G_T = \frac{0.76 \cdot 30 [1 - 0^2 - \nu^2]}{|1 - \Gamma_{out} \Gamma_L|^2 \cdot 0.87} =$$

$$= \frac{26.2 [1 - \nu^2]}{|[1 - \Gamma_{out} \Gamma_L]|^2}$$

53

$$\Gamma_{out} = S_{22} + \frac{S_{12} S_{21} \Gamma_G}{1 - S_{11} \Gamma_G} =$$

$$= S_{22} + \frac{0.21 \angle 45^\circ}{0.93 \angle 17^\circ}$$

$$P_{out} = 0.38 \angle -90^\circ \approx -0.38j$$

3

$$\Gamma_L \Gamma_{out} = 0.38V - 0.38Vj$$

$$G_1 = \frac{26.2 [1 - U^2 - V^2]}{(1 - 0.38V)^2 + 0.144U^2} = 15$$

$$28.36 [U^2 + V^2] - 11.4V = 11.2 \quad U^2 + V^2 - 0.4V = 0.39$$

Si tratta di un cerchio di centro

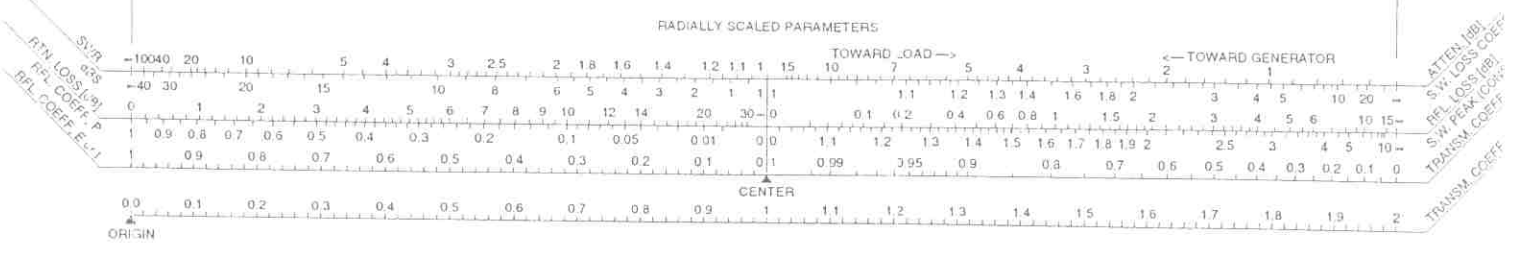
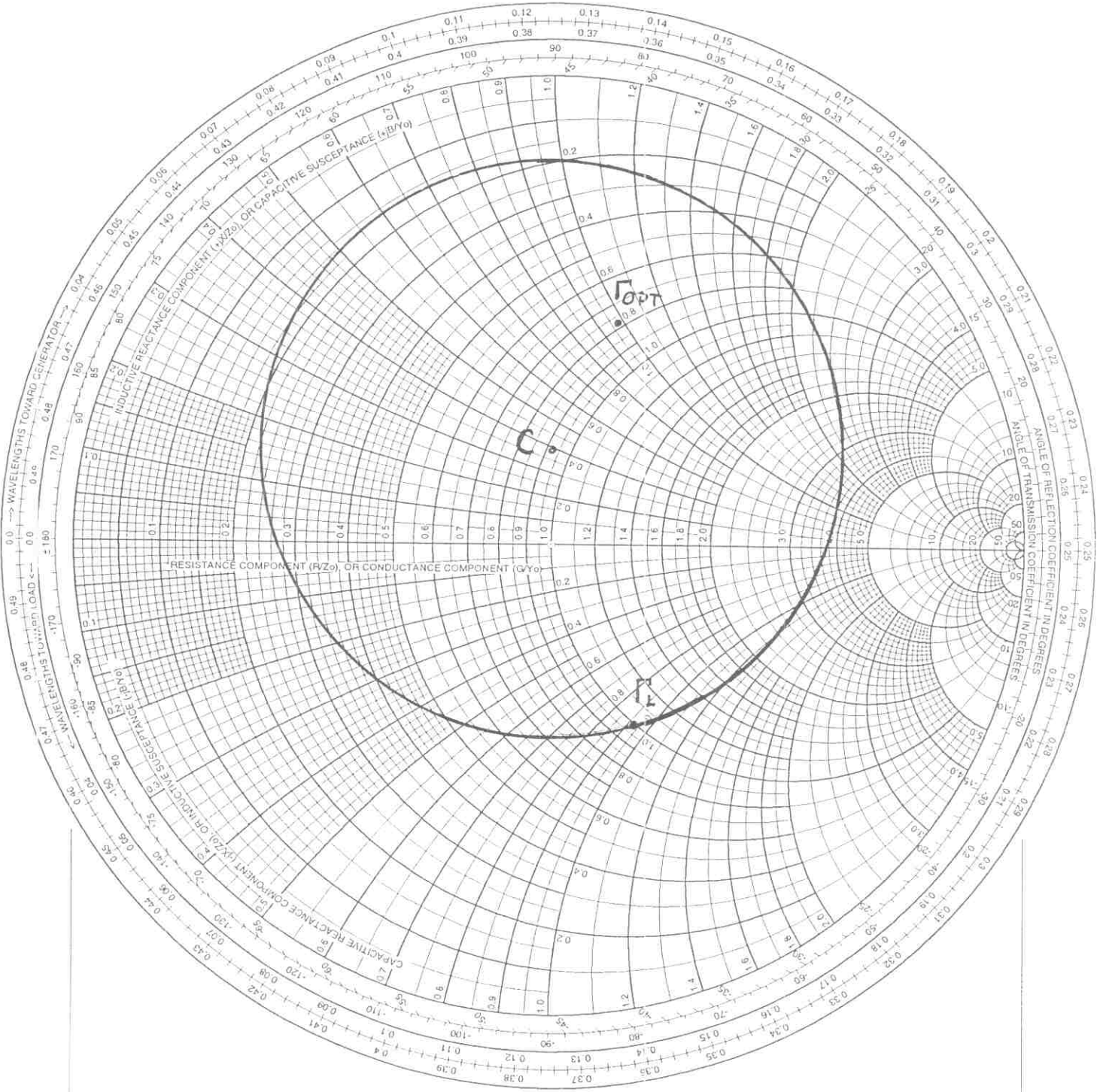
$$C \equiv (\alpha, \beta) \quad \alpha = 0 \quad \beta = 0.2$$

$$\text{e raggio } r = \sqrt{0.39 - \alpha^2 - \beta^2} = 0.59$$

Si sceglie Γ_L come in figura in modo da redigere l'adattamento con l'aggiunta in serie a R_L di una semplice capacità C_2 tale che

$$\frac{1}{\omega_0 C_2} = 0.92 \cdot 50 = 46 \Omega$$

$$C_2 = 6.9 \text{ pF}$$



55

B. Bisogna, immaginandoci, valutare la tensione V_{GS} .

4

$$V_G = V_{G0} + V_{RF} \cdot \frac{5 \cdot 10^3}{50 + 5 \cdot 10^3} \approx V_{G0} + V_{RF}$$

$$\text{dove } V_{G0} = -3 \frac{1}{2} = -1.5 \text{ V}$$

$$V_{GS} = V_{G0} + V_{RN} \cos \omega_{RF} t - V_{ON} \cos \omega_{OL} t$$

Pertanto:

$$\begin{aligned} I_D &= I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 = I_{DSS} \left[1 - 2 \frac{V_{GS}}{V_P} + \frac{V_{GS}^2}{V_P^2} \right] = \\ &= I_{DSS} \left[1 - \frac{2}{V_P} \left(V_{G0} + V_{RN} \cos \omega_{RF} t - V_{ON} \cos \omega_{OL} t \right) + \frac{1}{V_P^2} \left[V_{G0}^2 + V_{RN}^2 \cos^2 \omega_{RF} t + V_{ON}^2 \cos^2 \omega_{OL} t \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + 2 V_{G0} V_{RN} \cos \omega_{RF} t - 2 V_{G0} V_{ON} \cos \omega_{OL} t - 2 V_{RN} V_{ON} \cos \omega_{RF} t \cos \omega_{OL} t \right] \right] = \\ &= I_{DSS} \left[1 - \frac{2 V_{G0}}{V_P} + \frac{V_{G0}^2}{V_P^2} + \left(-\frac{2 V_{RN}}{V_P} + \frac{2 V_{G0} V_{RN}}{V_P^2} \right) \cos \omega_{RF} t + \left(\frac{2 V_{ON}}{V_P} - \frac{2 V_{G0} V_{ON}}{V_P^2} \right) \cos \omega_{OL} t \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2} \frac{V_{RN}^2}{V_P^2} + \frac{1}{2} \frac{V_{ON}^2}{V_P^2} + \frac{V_{RN}^2}{2 V_P^2} \cos 2 \omega_{RF} t + \frac{V_{ON}^2}{2 V_P^2} \cos 2 \omega_{OL} t - \frac{V_{RN} V_{ON}}{V_P^2} \left[\cos(\omega_{RF} - \omega_{OL}) t + \cos(\omega_{RF} + \omega_{OL}) t \right] \right] \end{aligned}$$

Suddividendo la I_D nelle sue componenti:

e moltiplicando ciascuna delle ampiezze di tali componenti per il modulo dell'impedenza presentata dal gruppo R_L e alle rispettive frequenze, si ottiene l'ampiezza di ciascuna componente della tensione di uscita.

In particolare, l'ampiezza della componente a rad. frequenza intermedia, poiché il gruppo LC risona proprio a quella frequenza, è

$$V_{uFI} = I_{DSS} \frac{V_{RN} V_{ON}}{V_P^2} R_L = 3.125 \text{ mV}$$

La transconduttanza di conversione è pari a

$$g_{MFI} = \frac{I_{uFI}}{V_{RN}} = \frac{I_{DSS} V_{ON}}{V_P^2} = 0.625 \text{ mA/V}$$

Per quanto riguarda le altre componenti i risultati: 56
sono riassunti nella seguente tabella in cui non

comporre la componente continua che genera esclude nulla sul gruppo RLE. La componente continua della tensione di uscita i , pertanto, $V_{DD} = 12V$

5

| Componente | Ampiezza I_D | $ Z_L $ | Ampiezza V_{ce} |
|-----------------------------|--|---------------|--------------------|
| ω_{RF} | $I_{DSS} \left(-2 \frac{V_{RN}}{V_P} + 2 \frac{V_{R0} V_{RN}}{V_P^2} \right) = 0.3125 \text{ mA}$ | 1.45Ω | 0.452 mV |
| ω_{OL} | $I_{DSS} \left(2 \frac{V_{ON}}{V_P} - 2 \frac{V_{R0} V_{ON}}{V_P^2} \right) = 3.125 \text{ mA}$ | 0.88Ω | 2.78 mV |
| $2\omega_{RF}$ | $I_{DSS} \frac{V_{RN}^2}{2V_P^2} = 3.125 \mu\text{A}$ | 0.47Ω | $1.46 \mu\text{V}$ |
| $2\omega_{OL}$ | $I_{DSS} \frac{V_{ON}^2}{2V_P^2} = 0.3125 \text{ mA}$ | 0.56Ω | 0.175 mV |
| $\omega_{OL} - \omega_{RF}$ | $I_{DSS} \frac{V_{RN} V_{ON}}{V_P^2} = 62.5 \mu\text{A}$ | 50Ω | 3.125 mV |
| $\omega_{OL} + \omega_{RF}$ | $I_{DSS} \frac{V_{RN} V_{ON}}{V_P^2} = 62.5 \mu\text{A}$ | 0.63Ω | $39.4 \mu\text{V}$ |