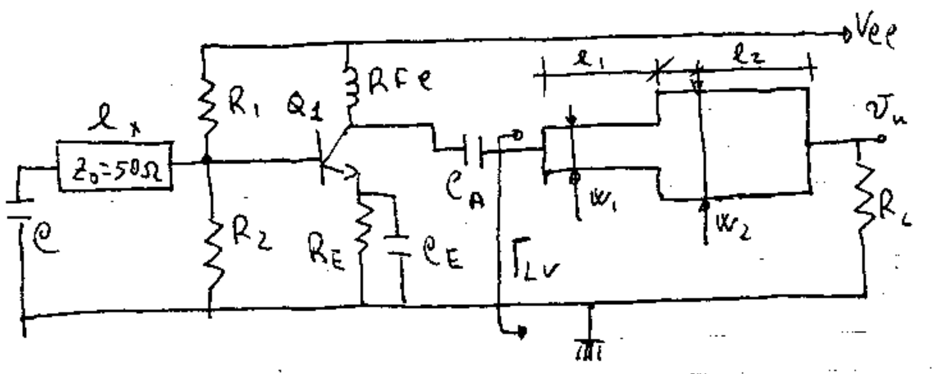
(12)

Elettronica delle Telecomunicazioni

01/06/00

A) Con riferimento al circuito in figura, alla frequenza di 500 MHz:

1) dimensionare L_1, L_2, W_1, W_2, in modo che risulti $\Gamma_{LV} = 0.9j$;
2) individuare la zona di instabilità di ingresso;
3) con i valori di L_1, L_2, W_1, W_2 calcolati in precedenza, ricavare, giustificando il procedimento, il valore di ℓ_X per cui il sistema si comporta come un oscillatore con frequenza di innesco pari a 500 MHz.



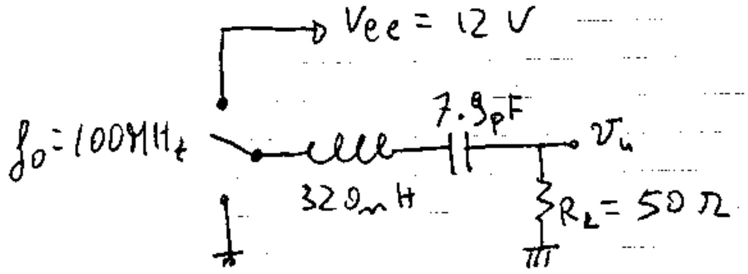
$R_1 = 2.65\,k\Omega$
$R_2 = 3.35\,k\Omega$
$R_E = 1.2\,k\Omega$
$C_A = 1\,mF$
$R_L = 50\,\Omega$
$V_{ee} = 12\,V$
$C_E = 1\,mF$
$C = 1\,pF$

$\varepsilon_r = 2$
$h = 1\,mm$

Q_1: MRF571

B) Con riferimento all'amplificatore in classe D in figura, calcolare la potenza utile, quella di 3ª e quella di 5ª armonica. Supponendo di poter trascurare l'effetto di tutte le armoniche ad eccezione della 3ª e della 5ª, calcolare l'efficienza di conversione.

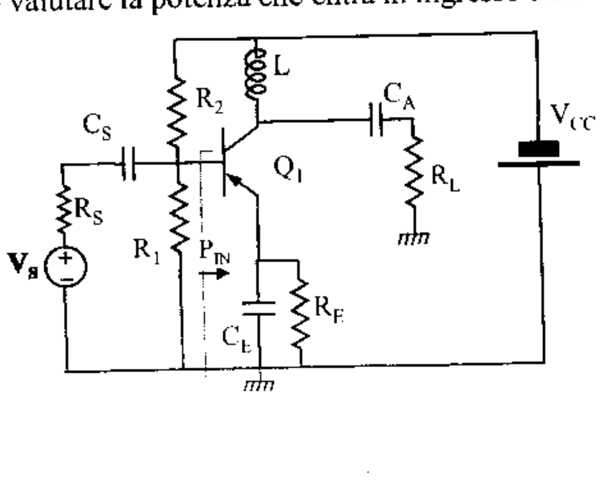
(7)



C) Con riferimento all'amplificatore in figura:

1) calcolare il k di Stern;
2) valutare la potenza che entra in ingresso all'amplificatore (P_{IN}).

(11)



$V_{CC} = -12$ V
$R_E = 1$ kΩ
$R_1 = 2.25$ kΩ
$R_2 = 7.75$ kΩ
$C_A = C_E = 10$ nf
$C_S = 26$ pf
$L = 177$ nH
$R_L = 2$ kΩ
V_S: 10 mV efficaci, frequenza 300 MHz

$R_S = 10\,\Omega$

$R_S = 10\,\Omega$
$g_r = 0$
$g_o = 0.1\,mS$
Q_1: 2N4957

Es. A]

Calcolo del punto di riposo.

Con l'ipotesi di partitore pesante si ottiene

$V_B = V_{cc} \cdot \frac{3.35}{3.35+2.65} = 6.7\,V \Rightarrow V_E = 6\,V \Rightarrow I_E = 5\,mA$

La corrente in R_1 R_2 è $\frac{V_{cc}}{R_1+R_2} = 2\,mA \gg \frac{I_e}{h_{FEMIN}}$

Pertanto l'ipotesi è verificata.

L'impedenza di C_A e C_E è pari a

$|Z_E| = |Z_A| = \frac{1}{\omega_0 C_E} = 0.3\,\Omega$

bisognerà verificare che risulti trascurabile rispetto a Z_{LV}.

$Z_{LV} = \frac{1+\Gamma_L}{1-\Gamma_L} = \frac{1+0.95}{1-0.95} = 5.24 + 49.75\,\Omega$

Verifica effettuata

Per trasformare $\Gamma_L = 0$ in $\Gamma_{LV} = 0.95$, allora uno spezzone di linea di lunghezza $l_2 = \lambda/4$ e impedenza caratteristica opportuna ed uno spezzone di lunghezza $0.125\lambda = l_1$ e impedenza caratteristica pari a $50\,\Omega$.

Utilizzando gli appositi grafici si ottiene

$W_2 \simeq 18\,mm$ (estrapolando la curva a $\varepsilon_r = 2$ fino a $\frac{W}{h} = 20$)

In corrispondenza si ottiene $\frac{\lambda}{\lambda_{TEM}} \simeq 1.04$

$\lambda = \frac{c}{f_0}\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}} \cdot 1.04 = 0.445\,m$ pertanto $l_2 = 0.1112\,m$

Per quanto riguarda il primo spezzone di linea, per $Z_0 = 50\,\Omega$ si ottiene $\frac{W}{h} = 3 \Rightarrow W = 3\,mm$

e $\frac{\lambda}{\lambda_{TEM}} = 1.08$ e quindi $l_1 = 0.0577\,m$

2) Per il calcolo del centro e del raggio del cerchio di stabilità di ingresso si usano le seguenti formule

$$C_S = \frac{(S_{11} - S_{22}^* D)^*}{|S_{11}|^2 - |D|^2}$$

$$r_S = \frac{|S_{12} S_{21}|}{\left| |D|^2 - |S_{11}|^2 \right|}$$

$S_{11} = 0.62 \angle -143$

$S_{12} = 0.08 \angle 33$

$S_{21} = 5.5 \angle 97$

$S_{22} = 0.47 \angle -59$

si ottiene pertanto

$$C_S = 2.1 \angle 150^\circ$$

$$r_S = 1.38$$

Poiché $|\Gamma_{out}(0)| = |S_{22}| < 1$ il centro del cerchio di Smith appartiene alla zona di stabilità che, pertanto, è quella esterna al cerchio di stab.

3) Il valore di l_x per cui si innesca l'oscillazione è quello in corrispondenza del quale $\angle \Gamma_{SV} = -\angle \Gamma_{IN}$. Infatti, essendo $\Gamma_{LV} \in$ Zona instabilità di uscita, $|\Gamma_{IN}(\Gamma_{LV})| > 1$ e, se risulta $\angle \Gamma_L = -\angle \Gamma_{IN}$ vengono verificate le condizioni di Barkhausen all'innesco poiché $|\Gamma_{SV}| = 1$.

$$\Gamma_{IN} = S_{11} + \frac{S_{12} S_{21} \Gamma_{LV}}{1 - S_{22} \Gamma_{LV}} = S_{11} + 0.557 \angle -124.5 =$$

$$= -0.806 - 0.894 j =$$

$$= 1.14 \angle -130^\circ$$

Pertanto deve risultare $\angle \Gamma_{SV} = +130^\circ$

Il condensatore C presenta un coefficiente di riflessione $\Gamma_C = \frac{Z_C - Z_0}{Z_C + Z_0}$ riportato sulla carta di Smith. Pertanto l_x deve rappresentare un tratto di lunghezza elettrica pari a

$$(0.5-0.275+0.068)\lambda = 0.293\ \lambda$$

di impedenza caratteristica pari a 50 Ω.
Poiché per $Z_0 = 50\Omega$ $\frac{d}{d_{TEM}} = 1.08$ si ottiene

$$\ell_x = 0.293 \cdot \frac{c}{f_0} \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}} \cdot 1.08 = 0.135\ m$$

Es. B

Sviluppando in serie l'onda quadra di ampiezza V_{ee}, si ottiene

$$V_{1M} = V_{ee}\ \frac{2}{\pi}$$

$$V_{3M} = V_{ee}\ \frac{2}{3\pi}$$

$$V_{5M} = V_{ee}\ \frac{2}{5\pi}$$

Inoltre, $\omega_0 L = 200.9\ \Omega$; $\frac{1}{\omega_0 C} = 201\ \Omega$

Pertanto $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ e la prima armonica della tensione di uscita V_{U1M} coincide con V_{1M}.
La potenza utile è, allora: $\frac{V_{1M}^2}{2 R_L} = 0.584\ W$
La componente di 3ª armonica della tensione di uscita è pari a $V_{3M} \cdot \frac{R_L}{\left|R_L + 3j\omega L + \frac{1}{3j\omega C}\right|} = 0.236\ V$
la potenza associata è $P_3 = 0.55\ mW$
Analogamente $P_5 = 62.4\ \mu W$
Trascurando le altre armoniche $P_E = P_U + P_3 + P_5$ e $\eta = \frac{P_U}{P_E} = 0.998$

ES. c)

Punto di riposo.

metodo del partitore pesante:

$$V_B = \frac{V_{CC} \cdot R_1}{R_1 + R_2} = -2.7V$$

$$V_E = V_B + V_\gamma = -2V$$

$$I_C \cong I_E = \frac{V_E}{R_E} = -2\,mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - V_E = -10V$$

Verifica del partitore pesante.

$$I_P = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} = 1.2\,mA$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{50} = \underline{\underline{40\,\mu A}} \ll I_P$$

Il punto di lavoro è quello riportato nelle caratteristiche e quindi si possono calcolare i parametri **y** a 300 MHz:

$$y_{ie} = 4.5 + j\,9.5 \text{ mS}$$

$$y_{fe} = 46 - j\,33 \text{ mS}$$

$$y_{oe} = 0.1 + j\,2.2 \text{ mS}$$

$$y_{re} = 0 - j\,0.75 \text{ mS}$$

5 Calcoliamo quindi le impedenze viste in ingresso e uscita

$$Y_S = \frac{1}{Z_S} \quad \text{con} \quad Z_S = 10 + \frac{1}{j\omega C_S} = 10 - j20.4 \ \Omega$$

per cui $Y_S = 19.4 + j39.5 \ mS$

$$Y_L = \frac{1}{R_L} + \frac{1}{j\omega L} = 0.5 - j3 \ mS$$

Con questi dati si calcola il coefficiente K di Stern pari a:

$$K = \frac{2(g_i + G_S)(g_o + G_L)}{|Y_r Y_f| + Re\{Y_r Y_f\}} = 1.62$$

Il circuito risultante risulta stabile ed è possibile proseguire nell'esercizio e affrontare il punto 2).

Per valutare la P_{in} si può calcolare la potenza sul carico P_{OUT} e risalire alla P_{in} dividendo la P_{out} per il G_P.

Calcoliamo la P_{OUT}:

$$P_{OUT} = P_{AIN} \cdot G_T.$$

$$P_{AIN} = \frac{V_S^2}{4R_S} = 2.5 \, nW$$

$$G_T = \frac{4 G_S G_L |Y_f|^2}{|(y_i + Y_S)(Y_0 + Y_L) - Y_f Y_r|^2} = 15.3$$

$\Rightarrow P_{OUT} = 38.25\ \mu W$

$P_{IN} = P_{OUT} / G_P$ con $G_{IN} = Re\{Y_{IN}\}$

e

$$G_P = \frac{|Y_f|^2 \cdot G_L}{|Y_L + Y_0|^2 G_{IN}} = -194 . \quad Y_{IN} = y_i - \frac{Y_r Y_f}{Y_0 + Y_L} = -8 + j50\ mS$$

Si osserva che il G_P è negativo ma ciò è dovuto all' ~~impedenza~~ ammettenza Y_{in} che è a parte reale negativa ($G_{IN} = -8\ mS$)
La stabilità del circuito è comunque assicurata dal $K > 1$.
La P_{in} risulta: $-197\ nW$.