

ELETTRONICA DELLE TELECOMUNICAZIONI

07/04/94

A) Con riferimento all'amplificatore di fig.1, nell'ipotesi che il transistore MOS possa essere schematizzato con il circuito equivalente di Fig.2, calcolare:

- 1) l'ampiezza V_{SM} in modo che l'angolo di circolazione θ risulti pari a $\pi/3$;
- 2) l'ampiezza della terza armonica della tensione di uscita;
- 3) l'efficienza di conversione η ed il fattore di utilizzazione θ_u (trascorrendo l'effetto delle armoniche).

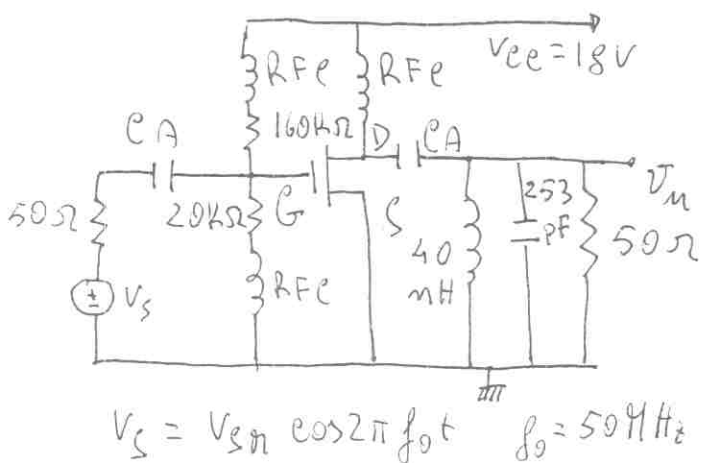


Fig.1

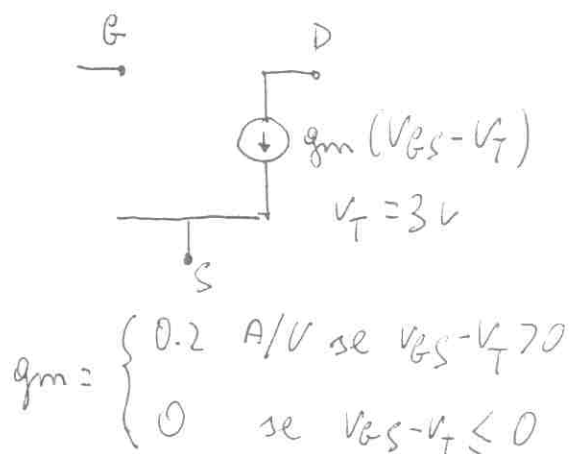


Fig.2

B) Con riferimento allo schema di fig.3, progettare i quadripoli M1 ed M2 in modo tale da avere in uscita una potenza pari a 10 mW ed una cifra di rumore minore o uguale a 2 dB.



$$V_s = V_{sm} \cos 2\pi f_0 t \quad f_0 = 16 \text{ MHz} \quad V_{sm} = 0.5 \text{ V}$$

Fig.3

1) Supponendo trascurabile la resistenza di R_H e nell'ipotesi che le induttanze di classe si comportino come dei circuiti aperti alla frequenza di lavoro si ha:

$$V_G = V_{GS} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + V_{SN} \cos \omega t =$$

$$= 2 + V_{SN} \cos \omega t$$

Se l'angolo di circolazione risulta

$$\theta = \frac{\pi}{3}$$

allora

$$V_G(t^*) - V_T = 0$$

dove t^* è l'istante a cui la corrente di Drain si annulla. Diverso

$$\omega t^* = \frac{\pi}{3} \Rightarrow \cos \omega t^* = 0.5$$

Pertanto

$$2 + V_{SN} \cos \omega t^* - 3 = 0$$

$$V_{SN} = 2 \text{ V}$$

La corrente di Drain risulta quindi

$$I_D(t) = \begin{cases} \frac{i_{en}}{1 - \cos \theta} [\cos \omega t - \cos \theta] & \text{per } -\frac{\pi}{3} < \omega t < \frac{\pi}{3} \\ 0 & \text{altrove} \end{cases}$$

$$\text{con } i_{en} = (V_{G_{MAX}} - V_T) g_m = 0.2 \text{ A.}$$

La frequenza di risonanza del gruppo filtrante è

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 50 \text{ MHz}$$

Nell'ipotesi che il gruppo filtrante funzioni in modo ideale la tensione di Drain risulta

composta da due parti: una costante ed
una a frequenza f_0 di ampiezza

$$V_{1n} = I_{1n} \cdot R_L$$

con

$$I_{1n} = \frac{icn}{2\pi(1-\cos\theta)} (2\theta - \sin 2\theta) = 0.078 \text{ A}$$

per tanto

$$V_{1n} = 3.88 \text{ V}$$

2) L'ampiezza della terza armonica della tensione
di uscita è

$$V_{3n} = I_{3n} |Z_L(3\omega)|$$

dove

$$Z_L(3\omega) = \frac{1}{3\omega C} \parallel \omega L \parallel R_L$$

e

$$I_{3n} = \frac{1}{\pi} \int_{-\theta}^{\theta} \frac{icn}{1-\cos\theta} [\cos 3\omega t - \cos\theta] \cos 3\omega t d(\omega t)$$
$$= 0.0276 \text{ A}$$

E' immediato osservare che nel parallelo tra C , L ed R_L
alla frequenza 3ω ha il sopravvento la resistenza
capacitiva

$$Z_L(3\omega) \approx \frac{1}{3\omega C} = 4.2 \Omega$$

e quindi

$$V_{3n} = 0.116 \text{ V}$$

3) Per il calcolo dell'efficienza di conversione si usa
la formula

$$\eta = \frac{1}{8} \frac{icn R_L [2\theta - \sin 2\theta]^2}{\pi (1-\cos\theta) \omega C [\sin\theta - \theta \cos\theta]} = 0.193$$

Il valore di η con ottenuto è minore del massimo teorico

$$\eta_{MAX} = \frac{2\theta - \sin 2\theta}{4(\sin\theta - \theta \cos\theta)} = 0.88$$

è causato dal fatto che la prima armonica della tensione di uscita

$$V_{1n} = R_c I_{1n} = 3.88$$

risulta minore del massimo valore permesso senza andare in saturazione ovvero $V_{1nMAX} = V_{ce} = 18V$.

Trascurando le armoniche superiori, infine, si può calcolare come segue il fattore di utilizzo θ_u :

$$\theta_u = \frac{P_{ac}}{I_{enMAX} V_{ceMAX}}$$

dove $I_{enMAX} = i_{en} = 0.2 A$

$$V_{ceMAX} = V_{ce} + V_{1n} = 21.88 V$$

$$\theta_u = 0.034.$$

Il valore massimo teorico θ , invece,

$$\theta_{uMAX} = \frac{2\theta - \sin 2\theta}{8\pi(1 - \cos\theta)} = 0.087$$

si otterrebbe per $V_{1n} = 18V$.

Supponendo di avere l'uscita, avere $G_T = G_A$
 si possono soddisfare le due specific. scegliendo
 un valore di P_{21} , sul cerchio equi G_A a 12 dB che
 risulta, allo stesso tempo, interno al cerchio equi rumore
 caratterizzato da una cifra di rumore $NF = 2$ dB.

In fatti:

$$P_{Aim} = \frac{V_{ed}^2}{R \cdot 50} = 625 \mu W$$

$$G_T = \frac{10 \text{ mW}}{625 \mu W} = 16 \Rightarrow G_T / \text{dB} = 12 \text{ dB}$$

Per semplificare la realizzazione di Γ_1 si sceglie

$$\Gamma_{sv} = -0.41 = 0.41 \angle 180^\circ$$

corrispondente a

$$Z_{sv} = R_{sv} = 21 \Omega$$

Si può trasformare $R_S = 50 \Omega$ in R_{sv} mediante
 un trasformatore in $\lambda/4$ di impedenza caratteristica

$$Z_0' = \sqrt{21 \cdot 50} = 32.4 \Omega$$

Per l'adattamento di uscita si eslece prima

$$P_{out} = S_{22} + \frac{S_{12} S_{21} P_{sv}}{1 - S_{11} P_{sv}}$$

con $V_{eE} = 6 \text{ V}$ e $I_0 = 5 \text{ mA}$

$$S_{11} = 0.61 \angle 178^\circ$$

$$S_{12} = 0.08 \angle 37^\circ$$

$$S_{21} = 3 \angle 78^\circ$$

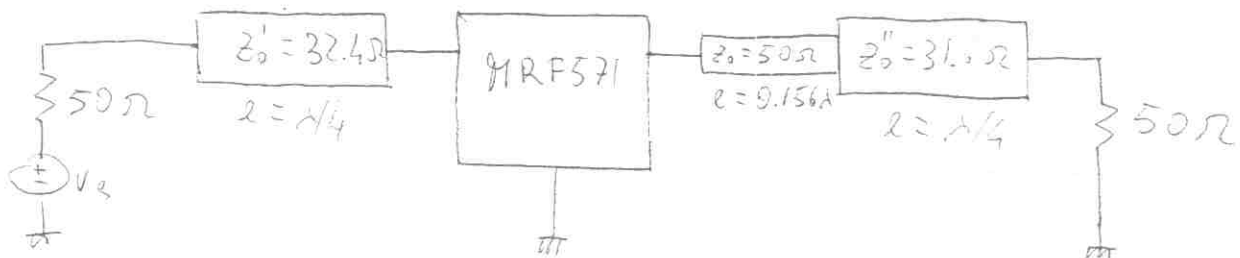
$$S_{22} = 0.28 \angle -69^\circ$$

$$P_{out} = 0.42 \angle -68^\circ$$

Per trasformare P_{out} in $P_{L}^* = 0$ si usa
 24

un tratto di linea di impedenza caratteristica
 $Z_0 = 50 \Omega$ e di lunghezza pari a 0.156λ e un
 Trasformatore in $\lambda/4$ di impedenza caratteristica
 $Z_0'' = \sqrt{0.4 \cdot 50 \cdot 50} = 31.6 \Omega$

Il circuito completo è pertanto



[Nel disegno del circuito sono stati ommessi
 eventuali condensatori di accoppiamento e le reti
 di polarizzazione del transistor]