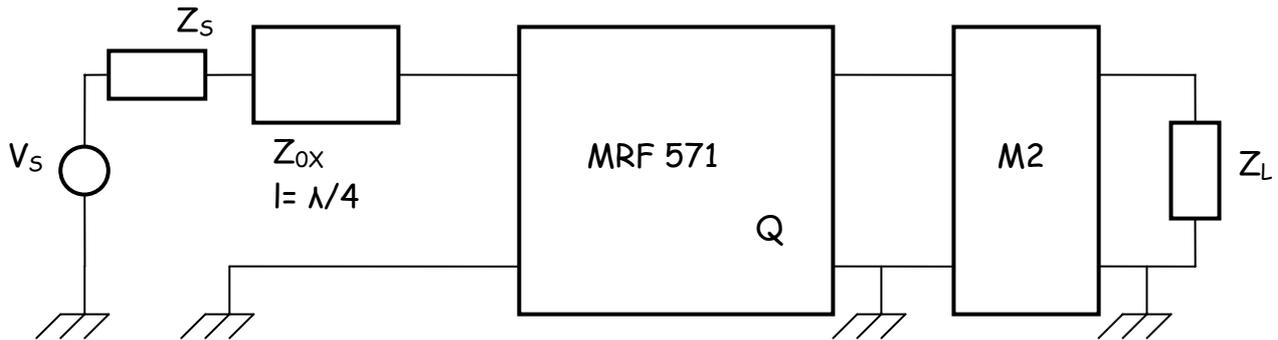


Prova scritta di Circuiti Integrati a Microonde

(Appello del 26 gennaio 2005)

Con riferimento all'amplificatore a microstriscia mostrato in figura seguente, calcolare l'impedenza caratteristica Z_{0X} del tratto di linea a $\lambda/4$ e progettare M_2 in modo tale che la cifra di rumore sia pari a 2.5 dB e la potenza di uscita sia massima.



$$Z_S = 50 \text{ Ohm}$$

$$Z_L = 50 \text{ Ohm}$$

$$\epsilon_r = 4$$

$$h = 0.8 \text{ mm}$$

$$f_0 = 500 \text{ MHz}$$

$$(V_{CE} = 6 \text{ [V]}, I_C = 5 \text{ [mA]}; \text{ no rete di polarizzazione})$$

Soluzione

Dai dati del problema e dai parametri S del transistor ($V_{CE}=6$ V, $I_C=5$ mA, $f_0 = 500$ MHz) emerge che il cerchio equi-noise ha centro e raggio rispettivamente:

$$c_i = 0.232 \angle 74$$

$$r_i = 0.683$$

Poiché tra il generatore e il quadripolo Q è presente un trasformatore a $\lambda/4$, sono due i punti di impedenza normalizzata candidati a soluzione:

$$z_A = 0.27$$

$$z_B = 6$$

i quali danno luogo a due diverse trasformazioni con relative impedenze viste:

$$Z_A = 50 * 0.27 = 13.5 \text{ Ohm}$$

$$Z_B = 50 * 6 = 300 \text{ Ohm}$$

Da cui si ottengono rispettivamente $\Gamma_{SVA} = -0.575$ e $\Gamma_{SVB} = 0.714$.

Dalle caratteristiche del substrato emerge che entrambe le trasformazioni sarebbero fisicamente realizzabili.

Considerando che:

$$P_U = G_T * P_{AIN}$$

e che P_{AIN} è fissata dal generatore (il trasformatore a $\lambda/4$ è privo di perdite), per soddisfare la seconda specifica occorre scegliere una coppia di terminazioni che, fatta salva la stabilità, dia luogo al più grande dei due G_T possibili.

Inoltre, supponendo di effettuare l'adattamento complesso coniugato in uscita, si ha che $\Gamma_{LV}^* = \Gamma_{OUT}$ (ovvero $G_T = G_A$).

Con $\Gamma_{SVA} = -0.575$ si ottiene che $\Gamma_{OUTA} = 0.73 \angle -47,39$;

Con $\Gamma_{SVB} = 0.714$ si ottiene che $\Gamma_{OUTB} = 0.183 \angle -56,34$.

$$G_{TA} = G_{AA}(\Gamma_{SVA}, \Gamma_{OUTA}) = 77.83 = 18.9 \text{ dB};$$

$$G_{TB} = G_{AB}(\Gamma_{SVB}, \Gamma_{OUTB}) = 8.062 = 9.06 \text{ dB}.$$

Ne consegue che il punto di impedenza normalizzata $z_A = 0.27$ permette di assolvere entrambe le specifiche di progetto (cifra di rumore di 2.5 dB e potenza di uscita massima).

Pertanto, si ottiene che $Z_{SV} = z_A * 50 = 13.5$ Ohm, da cui segue che $Z_{OX} = 50 * \sqrt{z_A} = 25$ Ohm.

Dalle caratteristiche delle microstrip line, si trova che $w/h = 6$ e che $\lambda / \lambda_{TEM} = 1.1$. Segue che $w = 4.8$ mm e, dal momento che $\lambda_{TEM} = 300$ mm, che $\lambda/4 = 82.5$ mm.

Considerato che $\Gamma_{LV} = \Gamma_{OUT}^* = 0.73 \angle -47.39$, si ottiene che una possibile soluzione per la rete M_2 è data da un tratto di linea a 50 Ohm in aggiunta ad un trasformatore a $\lambda/4$; due sono quindi i punti di impedenza normalizzata candidati a soluzione:

$$z_C = 6.5$$

$$z_D = 0.15$$

Questi danno luogo a due diverse realizzazioni per il trasformatore a $\lambda/4$ con relative impedenze caratteristiche:

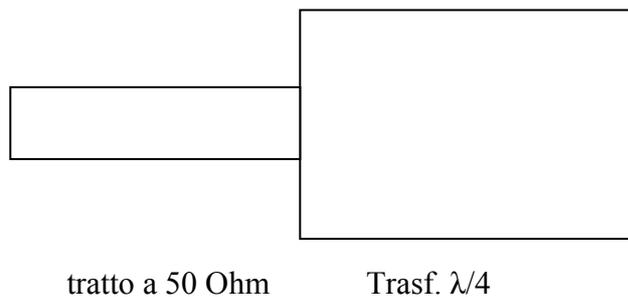
$$Z_{0C} = 50 \sqrt{6.5} = 127.5 \text{ Ohm}$$

$$Z_{0D} = 50 \sqrt{0.15} = 19 \text{ Ohm}$$

Entrambe sono realizzabili, ma per minimizzare la lunghezza del tratto di linea a 50 Ohm allora conviene scegliere il punto D ($Z_D = z_D * 50 = 7.5 \text{ Ohm}$).

Trasformatore a $\lambda/4$ - Dalle caratteristiche del substrato, si ottiene che per realizzare un tratto di linea con impedenza caratteristica Z_{0D} occorre che sia $w/h = 8.5$ e che $\lambda/\lambda_{\text{TEM}} = 1.08$. Pertanto, si ha che $w=6.8 \text{ mm}$ e, dal momento che $\lambda_{\text{TEM}} = 300 \text{ mm}$, che $\lambda/4 = 81 \text{ mm}$.

Tratto di linea a 50 Ohm - Dalle caratteristiche del substrato, si ottiene che per realizzare un tratto di linea con impedenza caratteristica Z_0 occorre che sia $w/h = 2$ e che $\lambda/\lambda_{\text{TEM}} = 1.15$. Pertanto, si ha che $w=1.6 \text{ mm}$ e, dal momento che $\lambda_{\text{TEM}} = 300 \text{ mm}$, che $0.184*\lambda = 63.5 \text{ mm}$. Segue il disegno non in scala.



(Il cerchio di stabilita` in uscita ha centro e raggio rispettivamente: $c_L = 4.745 \angle 73.56$, $r_L = 4.097$)